

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



**APLICACIÓN DE ATAQUE QUÍMICO A GOLPE DE  
ARCO GENERADO EN LA SOLDADURA DE LÍNEA EN  
SERVICIO (HOT TAP)**

**Proyecto de grado presentada para la obtención del Grado de Licenciatura en Ingeniería  
Petrolera**

**POR: WILMER EDSON CAMPOVERDE QUISPE**

**TUTOR: M.Sc. ING. PEDRO REYNALDO MARIN DOMINGUEZ**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**AGOSTO, 2023**



**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**

*El Presente Proyecto de Grado lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.*

*A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, Gracias a ellos pude lograr llegar hasta aquí y convertirme en los que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.*

*A mis Hermanos por estar siempre presentes, acompañarme y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.*

*A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, por guíame a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.*

*Gracias a mis padres: Félix y Sofía, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.*

*Agradezco a los mis docentes de la Facultad de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, de manera especial, al M.Sc. Ing. Pedro Reynaldo Marín Domínguez tutor de mi proyecto de grado quien ha guiado con su paciencia, y rectitud como docente.*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xi
PALABRAS CLAVES .....	xiii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes .....	2
1.3. Planteamiento del Problema .....	3
1.3.1. Identificación del Problema .....	3
1.3.2. Formulación del Problema .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Justificación.....	5
1.5.1. Justificación Técnica.....	5
1.5.2. Justificación Económica .....	5
1.5.3. Justificación Social .....	6
1.5.4. Justificación Ambiental.....	6
1.6. Alcance.....	6
1.6.1. Alcance Temático .....	6
1.6.2. Alcance Geográfico .....	7
1.6.3. Alcance Temporal .....	7
1.6.4. Alcance Legal .....	7
CAPÍTULO II: GENERALIDADES DEL GAS NATURAL .....	8
2.1. Gas Natural.....	8
2.2. Propiedades Generales del Gas Natural .....	9
2.2.1. Peso Molecular Aparente del Gas Natural .....	9

2.2.2. Densidad del Gas Natural.....	9
2.2.3. Gravedad Específica del Gas Natural.....	10
2.2.4. Factor de Compresibilidad .....	10
2.2.5. Viscosidad del Gas Natural .....	11
2.2.6. Poder Calorífico .....	11
2.3. Tipos de Ductos.....	13
2.3.1. Gasoductos.....	13
2.3.2. Oleoductos .....	13
2.3.3. Poliductos .....	13
2.4. Distribución del Gas Natural .....	14
2.4.1. Red Primaria .....	14
2.4.2. Red Secundaria .....	14
2.5. Instalaciones de Gas Natural .....	14
2.5.1. Instalaciones Domésticas .....	14
2.5.2. Instalaciones Comerciales .....	14
2.5.3. Instalaciones Industriales .....	14
<b>CAPÍTULO III: BASES FUNDAMENTALES EN EL DISEÑO E INTERVENCIÓN DE RED PRIMARIA (HOT TAP), METALOGRAFÍA Y REPARACIÓN .....</b>	<b>15</b>
3.1. Pruebas de Resistencia y Hermeticidad .....	15
3.1.1. Prueba de Resistencia.....	17
3.1.2. Prueba de Hermeticidad .....	17
3.1.3. Criterios de Evaluación y Aceptación de la Prueba Hidrostática.....	18
3.2. Ensayos no Destructivos en la Soldadura .....	22
3.2.1. Ultrasonido (Medición de Espesores) .....	22
3.2.2. Inspección Visual de Soldadura .....	27
3.2.3. Examen de Líquidos Penetrantes .....	27
3.2.4. Examinación Mediante Partículas Magnéticas .....	31
3.2.5. Radiografía .....	33
3.3. Procedimiento General de Soldadura.....	34
3.3.1. Generalidades.....	34

3.3.2. Preparación para la Soldadura.....	35
3.3.3. Inspección Después de Soldadura .....	37
3.3.4. Condiciones Climáticas.....	37
3.3.5. Elección de Electrodo .....	38
3.4. Parámetros de Diseño de Tuberías.....	39
3.4.1. Disposiciones Generales .....	41
3.4.2. Clases de Localidad para Diseño y Construcción según el ASME B31.8 .....	42
3.4.3. Requerimientos de Diseño de un Sistema de Tuberías de Acero.....	44
3.5. Metalografía del Acero .....	53
3.5.1. Metalografía.....	53
3.5.2. Aceros Para Herramientas.....	53
3.5.3. Tratamiento Terminado .....	54
3.6. Diagrama Hierro – Carbono .....	56
3.7. Diagrama TTT (Tiempo – Temperatura – Transformación).....	58
3.8. Ataque Químico .....	62
3.8.1. Reactivos de Ataques Químicos.....	63
3.8.2. Micro-estructura y Metalografía. ....	64
3.9. Metalurgia de la Soldadura.....	66
3.9.1. Ciclo Térmico de las Juntas Soldadas .....	67
3.10. Consideraciones de Soldadura y Metalografía en Caliente .....	74
3.10.1. Golpe de Arco.....	74
3.11. Procedimiento de Reparación .....	79
3.11.1. Descripción .....	79
3.11.2. Reparación de la Red Primaria.....	79
CAPÍTULO IV: SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE .....	81
4.1. Seguridad en el Diseño, Construcción y Reparación del Proyecto.....	81
4.1.1. Análisis Preliminar de Riesgo (APR).....	81
4.1.2. Medidas Preventivas .....	81
4.1.3. Plan de Emergencia para la Actividad Obra o Proyecto.....	86
4.1.4. Equipos de Primero Auxilios .....	88

4.1.5. Equipos de Combate Contra Incendios .....	89
4.1.6. Plan de Evacuación .....	91
4.1.7. Procedimientos de Emergencia .....	91
4.1.8. Permisos de Trabajo.....	93
4.1.9. Números Telefónicos de Emergencia.....	93
4.2. Impacto Ambiental .....	95
4.2.1. Impacto Ambiental del Método de Hot Tap .....	95
<b>CAPÍTULO V: APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PROYECTO .....</b>	<b>100</b>
5.1. Ingeniería del HOT TAP .....	100
5.1.1. Parámetros de Diseño de Tuberías .....	100
5.1.2. Ingeniería Para la Soldadura de Interconexión de Ramal Según ASME B31.8	101
5.1.3. Requerimientos Especiales para la Soldadura en Servicio según ASME B31.8 .....	106
5.2. Procedimiento de Interconexión a la Red Primaria.....	111
5.2.1. Descripción .....	111
5.2.2. Soldadura y Consideraciones Metalúrgicas del Hot Tap .....	112
5.2.3. Diseño, Conexiones y Soldadura de Hot Tap .....	113
5.2.4. Tuberías y Equipos .....	114
5.2.5. Equipo de Hot Tap .....	114
5.2.6. Operaciones de Hot Tap.....	116
5.2.7. Inspección de la Soldadura.....	116
5.2.8. Instalación del Equipo de Hot Tap .....	116
5.2.9 Pruebas al Hot Tap y Soldadura .....	117
5.3. Metodología a Seguir para la Soldadura del Ensamblaje Prefabricado .....	118
5.4. Evaluación, Reparación y Sustitución de Tubería Dañada .....	120
5.4.1. Actividades de Soldadura.....	120
5.4.2. Aplicación de Nital como Ataque Químico .....	128
5.4.3. Prueba Hidrostática a la Válvula de Derivación .....	129
5.5. Prueba Hidráulica a la Tubería de 6 metros .....	132
<b>CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>134</b>



6.1. Estimación de Costos de Inversión del proyecto .....	134
6.1.1. Costo de las Obras Civiles .....	134
6.1.2. Costo de Obras Mecánicas .....	135
6.1.3. Costo del Trabajo en Hot Tap .....	135
6.1.4. Costo del Gas Venteado al Momento de la Reparación .....	136
6.1.5. Costo Administrativo .....	137
6.2. Análisis de Costos .....	137
6.3. Flujo de Caja .....	138
6.4. Valor Actual Neto (VAN) .....	138
6.5. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	139
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>140</b>
7.1. Conclusiones .....	140
7.2. Recomendaciones .....	141
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de resistencia y hermeticidad. ....	17
Figura 2. Transductor ultrasónico .....	23
Figura 3. Bloque de calibración .....	23
Figura 4. Puntos de medición.....	26
Figura 5. Examen por líquidos penetrantes .....	28
Figura 6. Indicación producida durante un examen por partículas magnéticas.....	32
Figura 7. Magnetización local por medio de yugo (Yoke) .....	33
Figura 8. Magnetización local producida con puntas .....	33
Figura 9. Arreglos de exposición radiográfica típicos .....	34
Figura 10. Ángulos apropiados para la soldadura.....	36
Figura 11. Tratamiento térmico.....	55
Figura 12. Diagrama de fases hierro - carbono.....	57
Figura 13. Diagrama TTT para un acero. ....	59
Figura 14. Estructura Ferrítica. Ataque: Nital al 2%. 100X.....	64
Figura 15. Perlita laminar. Ataque: Picral al 4% 1500X .....	65
Figura 16. Martensita sin revenir. Ataque: Picral 2%, 400X .....	65
Figura 17. Estructura austenítica. Ataque: Ácido oxálico, 500X.....	66
Figura 18. Partes de las juntas soldadas .....	67
Figura 19. Zonas afectadas térmicamente con granos recristalizados.....	69
Figura 20. Formas básicas de cambios dimensionales durante la soldadura. ....	70
Figura 21. Relación aproximada de las temperaturas picos en las juntas soldadas y el diagrama Fe-C .....	72
Figura 22. Golpe de arco evidenciando las figuras en forma de estrella, con tendencia a propagación.....	77
Figura 23. Puntos negros concentraciones de martensita .....	77
Figura 24. Detalle de equipamiento para primeros auxilios (EPA – 003).....	88
Figura 25. Tipos de agente extintor .....	90
Figura 26. Reglas para el refuerzo de las conexiones de ramales soldados .....	105
Figura 27. Diseño de soldadura de filete en el extremo del mango de refuerzo en Hot Tap Tee presurizado.....	109
Figura 28. Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo que no sean las de los muros de cabecera y ramales .....	110

Figura 29. Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo que no sean las de los muros de cabecera y ramales .....	110
Figura 30. Máquina de “Hot Tapping” rotura en caliente.....	115
Figura 31. Arreglo del ensamble para el Hot Tap.....	119
Figura 32. Ensayo de tintas penetrantes a la soldadura .....	120
Figura 33. Ensayo de tintas penetrantes a la soldadura .....	121
Figura 34. Medición de profundidad de discontinuidad .....	121
Figura 35. Dimensión máxima de mordedura. ....	122
Figura 36. Quemadura de arco (Arc Burn).....	122
Figura 37. Otras imperfecciones superficiales.....	123
Figura 38. Medición de la profundidad con galga .....	124
Figura 39. Tratamiento de Imperfecciones y defectos superficiales .....	126
Figura 40. Medición de espesor de tubería sobre la discontinuidad eliminada. ....	127
Figura 41. Discontinuidad eliminada .....	127
Figura 42. Aplicación del nital .....	128
Figura 43. Desigualdad en la uniformidad .....	129
Figura 44. Diagrama de presiones y tiempo .....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Composición del gas natural .....	8
TABLA 2. Puntos de medición .....	26
TABLA 3. Límites máximos y mínimos -tintas penetrantes .....	30
TABLA 4. Grupo de metales de aporte .....	39
TABLA 5. Factores de diseño para construcción con tubería de acero .....	43
TABLA 6. Especificación de tubos .....	45
TABLA 7. Factor básico de diseño, (F) .....	46
TABLA 8. Factor de junta longitudinal (E) para tubo de acero .....	46
TABLA 9. Factor de variación por temperatura (T) para tubos de acero. ....	47
TABLA 10. Refuerzo de conexiones de ramal soldadas, requerimientos especiales .....	51
TABLA 11. Reactivos químicos y su composición. ....	63
TABLA 12. Detalle de equipos básicos contraincendios .....	89
TABLA 13. Números telefónicos de entidades de emergencia externas .....	93
TABLA 14. Impactos ambientales .....	96
TABLA 15. Datos de la red Primaria .....	100
TABLA 16. Datos del ramal para su diseño .....	101
TABLA 17. Modelo de datos de la válvula .....	101
TABLA 18. Datos de la línea principal cabezal y ramal .....	101
TABLA 19. Refuerzo de conexiones de Ramal soldadas, Requerimientos especiales (Table 831.4.2-1).....	106
TABLA 20. Tolerancia para espesor de pared .....	125
TABLA 21. Presiones de prueba y Tiempo de prueba .....	132
TABLA 22. Costo obras civiles .....	134
TABLA 23. Costo procedimiento Hot Tap .....	135
TABLA 24. Costo ítems para realizar una intervención y reparación de la línea primaria .....	136
TABLA 25. Costo administrativo en el proyecto .....	137
TABLA 26. Flujo de caja .....	138
TABLA 27. Flujo de caja .....	139

## RESUMEN

Las compañías de transmisión y distribución de gas natural necesitan hacer conexiones a las tuberías muchas veces al año para expandir o modificar sus sistemas existentes. Históricamente, esto ha requerido sacar de servicio una porción del sistema y purgar el gas a la atmósfera para garantizar la seguridad al momento de hacer la conexión. Este procedimiento, llamado interrupción e interconexión, causa emisiones de metano, pérdida de producto y ventas, molestias ocasionales a los consumidores y el costo de la evacuación del sistema de la tubería existente para este caso existe un procedimiento alternativo llamado “hot tap” el cual realiza la conexión nueva de tubería mientras la tubería permanece en servicio, con flujo de gas natural bajo presión.

Al ser un procedimiento que requiere de mucho control este podría presentar dos problemas fundamentales cuando se realiza la soldadura en la interconexión, tales son: la perforación y las grietas o fisuras. La perforación ocurrirá en el proceso de soldadura y cuando no pueda soportar la presión interior de la cañería o equipo; por otro lado, las fisuras formadas, en general por un golpe de arco ocurrirán cuando el enfriamiento de la soldadura sea tan rápido que se generen microestructuras duras como la formación de martensita.

En este caso se ha presentado un golpe de arco (Arc Strike) en la tubería en servicio al momento de realizar el procedimiento de hot tap, donde el código AWS D1.1 menciona que los golpes de arco resultan en un calentamiento y rápido enfriamiento localizado. Cuando se ubican fuera del área de soldadura proyectada, ellos pueden producir el endurecimiento de esa área o generar fisuras y podrán facilitar potencialmente el inicio de una fractura, este tipo de fracturas se podría eliminar con un esmerilado, pero en ocasiones dicho golpe de arco puede ser demasiado fuerte, por ende, se ha recurrido a ensayos no destructivos y a ataques químicos (uso del Nital), para verificar la gravedad del daño, así poder solucionar el problema.

Para esta situación al comprobarse por medio de ensayos y en especial el ataque químico la presencia de un daño en la superficie de tubería, se toma la decisión de remplazar dicha sección afectada por una nueva, y así evitar en futuro accidente de gravedad que podría ocasionar la pérdida de vidas.

## SUMMARY

Natural gas transmission and distribution companies need to make pipeline connections many times a year to expand or modify their existing systems. Historically, this has required taking a portion of the system out of service and venting the gas to atmosphere to ensure safety at the time of connection. This procedure, called interruption and interconnection, causes methane emissions, loss of product and sales, occasional inconvenience to consumers and the cost of evacuating the existing piping system. For this case, there is an alternative procedure called "hot tapping" which makes the new pipeline connection while the pipeline remains in service, with natural gas flowing under pressure.

Being a procedure that requires a lot of control, this could present two fundamental problems when welding in the interconnection, such as: perforation and cracks or fissures. Perforation will occur in the welding process and when it cannot withstand the internal pressure of the pipe or equipment; On the other hand, the cracks formed, in general by an arc strike, will occur when the cooling of the weld is so fast that hard microstructures are generated, such as the formation of martensite.

In this case, an arc strike (Golpe de Arco) has occurred in the pipeline in service at the time of performing the hot tapping procedure, where the AWS D1.1 code mentions that arc strikes result in localized heating and rapid cooling. When located outside the projected weld area, they can cause hardening of that area or generate cracks and could potentially facilitate the initiation of a fracture, this type of fracture could be eliminated with a grind, but on occasions said arc strike can be too strong, therefore, non-destructive tests and chemical attacks (use of Nital) have been resorted to, to verify the severity of the damage, thus being able to solve the problem.

For this situation, when the presence of damage on the pipe surface is verified through tests and especially chemical attack, the decision is made to replace said affected section with a new one, and thus avoid a future serious accident that could cause the loss of life.



## PALABLAS CLAVES

**Sistema de Distribución:** Comprende el conjunto de Redes Primarias, Redes Secundarias, Estaciones Distritales de Regulación, Acometidas, Gabinetes de propiedad del Distribuidor y elementos necesarios para la Distribución a partir del Punto de Entrega.

**Tensión:** Es la fuerza interna por unidad de área resultante que resiste el cambio de tamaño o forma de un cuerpo sobre el que actúan fuerzas externas.

**Ataque Químico:** El ataque mejora el contraste en las superficies a fin de visualizar la micro o macro estructura.

**Metalografía:** disciplina que estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación

**Hidrocarburo:** Compuesto químico formado por carbono e hidrógeno.

**Temperatura crítica:** Temperatura límite por encima de la cual un gas miscible no puede ser licuado por compresión.

**Ductilidad:** Propiedad que presentan algunos metales y aleaciones cuando, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos.

**Fisura:** Grieta que se produce en un objeto.

**Soldadura:** Unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o compresión para que las piezas formen un continuo.

**Homogeneidad:** Propiedad de homogéneo, que no muestra partes distinguibles en su composición

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

En Bolivia actualmente el gas natural se ha posicionado como una de las principales fuentes de energía, se ha tenido muy en cuenta gracias a que ofrece un impacto ambiental menor con respecto a otros tipos de hidrocarburos y brindando a su vez un buen funcionamiento, contribuyendo en gran parte al desarrollo energético del país. En los últimos años se ha generado un incremento de la demanda de gas natural no solo en sector doméstico sino también en gran medida en el sector industrial.

La red de distribución de Gas Natural es un sistema de tuberías que se diseña e instala para transportar desde un centro de producción (planta o pozo) hasta los diferentes nodos, clientes o centros de consumo. Las redes primarias y secundarias son redes de distribución a lo cual su planificación es de distribuir el gas natural y así satisfacer la necesidad de la población.

Las empresas Industriales necesitan de un gran suministro de gas natural para la producción de productos manufacturados por ende estas contratan empresas que se encargan de la Provisión de Equipos y materiales, Instalación y Puesta en Marcha del Sistema de gas natural, estas empresas necesitan hacer conexiones a las tuberías de red primaria y/o secundaria muchas veces al año para expandir o modificar el sistema de suministro. Históricamente, esto ha requerido sacar de servicio una porción del sistema de distribución y purgar el gas a la atmósfera para garantizar la seguridad al momento de hacer la interconexión a la red principal de gas. Este procedimiento, llamado interrupción e interconexión, causa emisiones de metano, pérdida de producto y ventas, molestias ocasionales a los consumidores y el costo de la evacuación del sistema de la tubería existente, para no generar todas esas molestias, existe un procedimiento llamado intervención de línea llamado también Hot Tap.

La técnica de Hot Tap es una alternativa que permite que se haga la conexión nueva de tubería mientras la tubería de red principal permanece en servicio es decir sin dejar en funcionamiento el sistema ni ventilar gas a la atmosfera. El Hot Tap también se conoce como intervención de la línea, sin corte de presión o caudal al ramal principal. La técnica Hot Tap es una de las técnicas que requiere mayor atención y precaución al momento de realizar la intervención, debido a que se podría generar quemadura, agrietamiento y perforación, en este caso una quemadura o golpe de arco sobre la tubería de red primaria generaría un debilitamiento en la estructura, por ende, que requiere hacer una examinación exhaustiva para determinar el nivel de daño. Este tipo de incidentes pueden ser tanto por un error humano o mecánico.

El presente proyecto desea dar a conocer a detalle el procedimiento de la intervención de línea (Hot Tap) en la empresa Granja Avícola Integral Sofía LTDA como también las acciones necesarias frente a un golpe de arco originado en la red a primaria, para tal caso se realizará un ataque químico en EL GOLPE DE ARCO GENERADO POR SOLDADURA, determinando de esta manera la gravedad del daño ocasionada y las medidas a tomar con respecto a la reparación de la cañería o red primaria.

## **1.2. Antecedentes**

Bolivia es un estado con gran reserva Hidrocarburífera, especialmente el Gas Natural. En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo y la Estrategia Boliviana de Hidrocarburos, tiene entre sus objetivos el cambio de la matriz energética nacional a partir del desarrollo de infraestructura para el consumo de Gas Natural en el mercado interno por parte de las industrias, comercio, transporte, sector doméstico, el abastecimiento del mercado interno de combustibles líquidos, la industrialización del gas Natural y la agregación de valor al mismo mediante procesos de separación del líquidos con el cumplimiento de los contratos de exportación y consolidación de un mercado de exportación que garantice el desarrollo del sector en términos de inversión y producción.

Desde 1984 el consumo doméstico de gas natural del país se ha incrementado sustancialmente, aunque su distribución doméstica sólo se la efectúa a los centros industriales y a las ciudades grandes, por no existir una red de gasoductos amplia. A lo cual se empezó a realizar la distribución de Gas Natural por redes permitiendo el abastecimiento de este carburante a los distintos usuarios, sean estos industriales, comerciales o domésticos.

Las interconexiones a la red primaria de gas natural para empresas industriales anteriormente se han estado realizando con el corte de suministro o servicio en una sección del sistema, purgando el gas a la atmósfera. Este procedimiento ha ido causando emisiones de metano, pérdida de producto y ventas, molestias ocasionales a los consumidores y el costo de la evacuación del sistema de la tubería existente, para no generar todas esas molestias se ha realizado el procedimiento llamado intervención de línea (Hot Tap) en la empresa Granja Avícola Integral Sofía LTDA., en este tipo de intervenciones sea requerido de mucha atención y precaución, esto debido a que por un error humano pueda existir un Golpe de Arco “ARC STRIKE” sobre la cañería de la red primaria de gas natural provocando así una microestructura diferente a la original, la cual es débil y frágil, ante esta preocupante se ha utilizado el método de ataque químico para dimensionar la gravedad de daño ocasionado en la estructura y dando así la mejor solución ante esa problemática.

### **1.3. Planteamiento del Problema**

#### **1.3.1. Identificación del Problema**

¿Qué problemas podrían presentarse al no aplicar el ataque químico en la estructura de la cañería que ha sufrido un golpe de arco – ARC STRIKE durante la intervención de línea (Hot Tap)?

### **1.3.2. Formulación del Problema**

En Bolivia actualmente el gas natural se ha posicionado como una de las principales fuentes de energía, contribuyendo en gran parte al desarrollo energético del país. En los últimos años se ha generado un incremento de la demanda de gas natural y se proyecta que en los próximos años se produzca una masificación de su consumo no solo en el sector industrial sino en su mayoría en el sector doméstico.

El crecimiento poblacional a través de los años sea incrementado considerablemente esto ha ocasionado que las empresas industriales aumenten su producción requiriendo así mayor consumo de gas natural, para poder tener el acceso al hidrocarburo estas empresas han optado por la interconexión mediante tubería a la red primaria de gas.

Las empresas encargadas a realizar interconexiones a la línea principal de gas natural, en la mayoría de los casos utilizan el método Hot Tap también llamado intervención de línea, procedimiento realizado mediante la operación de soldar una sección metálica, al utilizar un arco eléctrico se trabaja a altas temperaturas para realizar una correcta soldadura, en este caso por un incidente humano se genera un quemadura eléctrica sobre la cañería principal de gas generando una preocupación es ahí donde se usara el ataque químico para

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Aplicación de la técnica de ataque químico en la estructura de la cañería que ha sufrido un golpe de arco – ARC STRIKE durante la intervención de línea (Hot Tap)

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Realizar los cálculos generales, específicos del diseño e interconexión de método Hot Tap.
- b) Evaluar ensayos no destructivos en la soldadura.

- c) Desarrollar los procedimientos requeridos para la reparación de la sección de la cañería afectada por el golpe de arco.

## **1.5. Justificación**

### **1.5.1. Justificación Técnica**

Se determinarán la ingeniería para la interconexión, estableciendo los cálculos de dimensionamiento, uso de ataques químicos y cálculos de dimensionamiento para la reparación de la sección afectada. Para la realización del proyecto se contará con información proporcionada por la “Agencia Nacional de Hidrocarburos” específicamente por la Dirección de Transporte de Hidrocarburos por Ductos y el sistema de tubería para transporte y distribución de gas (ASME B31.8). Los resultados que se obtengan coadyuvarán a la realización del estudio técnico.

El diseño se efectuará en el marco del Reglamento para el Diseño, Construcción, Operación y Abandono de Ductos en Bolivia en el cual indica que para “Sistemas de Transmisión y Distribución de Gas” se debe seguir lo que indica la norma “ASME B31.8” y el Decreto Supremo 29018 “Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos”.

### **1.5.2. Justificación Económica**

El diseño e interconexión al ducto principal contribuirá a que los sectores industriales, minimicen el costo de producción, por ende, obtengan ingresos a un corto y largo plazo.

De ejecutarse el proyecto, coadyuvará al desarrollo de nuevos proyectos basados en la conexión de redes de gas natural para aquellas industrias que no cuentan con tal servicio, impulsando así el desarrollo de nuevas industrias, mejorando los ingresos y la calidad de vida de los trabajadores.

### **1.5.3. Justificación Social**

Debido a que la empresa Granja Avícola Sofía LTDA. no cuenta con una conexión a la red energética del Gas Natural que satisfaga las necesidades de dicha empresa para el desarrollo de productos manufacturados esta se ve en la necesidad utilizar fuentes de energía alternativas, más costosas como el GLP, llegando a tener mayores costos en su producción.

### **1.5.4. Justificación Ambiental**

En la parte ambiental, se conseguirá una favorable disminución de la contaminación del medio ambiente debido a que el gas natural es el que genera una menor emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

El proyecto responderá a las leyes ambientales de Bolivia y otras normas análogas ambientales vigentes. De ésta manera se hará cumplir la LEY N° 1333 DEL MEDIO AMBIENTE que, en el Artículo 26°, establece que toda AOP (Actividad, Obra, Proyecto), para poder ser implementado debe contar previamente con una licencia ambiental.

## **1.6. Alcance**

### **1.6.1. Alcance Temático**

El presente proyecto hace referencia a varias áreas de investigación. Pero se dará más énfasis a todas aquellas que involucren la temática del proyecto.

- Desarrollo de cálculos generales, específicos del diseño e interconexión de método Hot Tap.
- Resistencia de Materiales y montaje
- Trabajos de soldadura e inspección
- Ensayos no destructivos, pruebas hidráulicas y ataques químicos

- Cálculo y diseño de reparación de la sección de la cañería afectada por el golpe de arco.
- Desmovilización Restauración de vías, y limpieza final.

### **1.6.2. Alcance Geográfico**

El alcance geográfico del proyecto de interconexión a la red primaria en la empresa GRANJA AVICOLA INTEGRAL SOFIA LTDA. Ubicado en la Av. Jachatupo N°11, Z/ Senkata, Urb. Unificada II

### **1.6.3. Alcance Temporal**

El proyecto será completamente desarrollado en un determinado tiempo en los cuales se desempeñarán y realizarán las actividades programadas durante las etapas de investigación y evaluación, cumpliendo con los plazos programados y estipulados por el calendario de la Universidad Mayor de San Andrés.

### **1.6.4. Alcance Legal**

El presente proyecto estará realizado en base a los códigos de construcción y diseño del ASMEB31.8, API 1104, AWS, como también el reglamento ambiental para el sector Hidrocarburífera (RASH) para la protección del medio ambiente.



## CAPÍTULO II: GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

### 2.1. Gas Natural

El gas natural es una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente ya que es la que contiene menos dióxido de carbono y la que lanza menores emisiones a la atmósfera. Es, además una energía económica y eficaz. Una alternativa segura y versátil capaz de satisfacer la demanda energética en los sectores domésticos, comercial e industrial.

Desde el punto de vista de su composición, se trata de un hidrocarburo formado principalmente por metano, aunque también suele contener una proporción variable de nitrógeno, etano, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, butano, propano, mercaptanos y trazas de hidrocarburos más pesados. Este porcentaje varía en función de los yacimientos en los que se encuentre y de si en estos el gas natural está solo o acompañado. El metano es un átomo de carbono unido a cuatro de hidrógeno (CH<sub>4</sub>) y puede constituir hasta el 97% del gas natural. La composición del Gas Natural en Bolivia se muestra en la siguiente tabla (Tabla 1) la cual muestra el porcentaje de cada componente.

**TABLA 1.** Composición del gas natural

Componentes	Formula química	Fracción molar %
Metano	C1	91,8
Etano	C2	5,58
Propano	C3	0,97
i-Butano	i-C4	0,03
n-Butano	n-C4	0,02
Pentano	C5	0,1
Nitrógeno	N2	1,42
Dióxido de Carbono	CO2	0,08

**Fuente:** Ingeniería de procesos en la industria de gas natural y condensados

## 2.2. Propiedades Generales del Gas Natural

### 2.2.1. Peso Molecular Aparente del Gas Natural

Es la unión de los pesos moleculares de cada elemento que conforman el gas natural. Las unidades del peso molecular son: Kgr/Kmol o Lb/lb mol. El gas natural, es una mezcla de componentes y es por ello que el peso molecular del gas se obtiene sumando la fracción molar de cada i-esimo componente por su respectivo peso molecular El peso molecular aparente de una mezcla gaseosa puede calcularse mediante:

$$Mg = \sum_{i=1}^n Yi * Mi \dots \dots (1)$$

Dónde:

Mg = Peso molecular aparente de la mezcla gaseosa

Yi = Fracción molar del componente en el gas natural

Mi = Peso molecular del componente en el gas natural

### 2.2.2. Densidad del Gas Natural

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.161, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta densidad se la define como la relación de la masa de una sustancia por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{PM}{ZRT} \dots \dots (2)$$

Dónde:

p = Densidad del gas, [lb/pie]

m = Masa. del gas [lb]

$v$  = Volumen del gas [ $\text{pie}^3$ ]  
 $M$  = Peso molecular del gas [ $\text{lb/mol}$ ]  
 $T$  = Temperatura del sistema [ $^{\circ}\text{R}$ ]  
 $P$  = Presión del sistema. [ $\text{Psia}$ ]  
 $Z$  = Factor de Compresibilidad del gas  
 $R$  = Constante de los gases = 10,732 [ $\text{Pisa Pie}^3 / \text{lb} - \text{mol } ^{\circ}\text{R}$ ]

### 2.2.3. Gravedad Específica del Gas Natural

Es la relación de la densidad de una sustancia a la densidad de una sustancia de referencia. Si asumimos un comportamiento de gas ideal para ambas sustancias, la gravedad específica se puede expresar en función de los pesos moleculares de cada sustancia. Por tanto, la Gravedad Específica del Gas Natural la podemos definir como la relación entre la densidad del gas natural y la densidad del aire. Para efectuar la relación entre ambas sustancias, es necesario que ambas se encuentren a la misma presión y temperatura.

$$GE = \frac{\rho_G}{\rho_{aire}} = \frac{M_{gas}}{M_{aire}} \dots \dots (3)$$

Dónde:

$\rho_G$  = Densidad del gas

$\rho_{aire}$  = Densidad del aire

$M_{gas}$  = Peso molecular aparente de la mezcla gaseosa.

$M_{aire}$  = Peso molecular aparente del aire = 28,97 [ $\text{lb/lb} - \text{mol}$ ]

### 2.2.4. Factor de Compresibilidad

Es un factor de corrección introducido en la ecuación general de los gases y será obtenido experimentalmente dividiendo el volumen real de "n" moles de un gas a presión y temperatura, por el volumen ideal ocupado por la misma masa de gas a iguales condiciones de presión y temperatura. Este factor se define como:

$$Z = \frac{\text{Volumen real de } n \text{ moles de gas a } T \text{ y } P}{\text{Volumen ideal de } n \text{ moles a la misma } T \text{ y } P} \dots \dots (4)$$

### 2.2.5. Viscosidad del Gas Natural

La viscosidad del gas natural es la fricción interior o la resistencia interior al movimiento relativo de las partículas fluidas con respecto a ella misma. La viscosidad dinámica o absoluta es expresada en centípoises o poises. Es de saber que la viscosidad del gas es menor a la de los líquidos, es debido a esto que para su determinación se utiliza correlaciones tal como el de Lee-Gonzales-Eakin, Lohrenz-Bray-Clark. La ecuación que rige este cálculo es:

$$\mu_G = K * 10^{-4} * \exp \left[ X * \left( \frac{\rho_G}{62.4} \right)^Y \right] \dots \dots (5)$$

$$K = \frac{(9,4 + 0,02) * T^{1.5}}{209 + 19M + T} \dots \dots (6)$$

$$X = 3,5 + \frac{986}{T} + 0.01M \dots \dots (7)$$

$$Y = 2,4 - 0,2 * X \dots \dots (8)$$

Donde:

$\mu_G$  = Viscosidad del Gas Natural [cp]

T = Temperatura [°R]

M = Peso molecular del gas [lb/lb - mol]

$\rho_G$  = Densidad del Gas Natural [gr/cc]

### 2.2.6. Poder Calorífico

El poder calorífico define la cantidad de energía por unidad de masa que puede generar un combustible al producirse una reacción química de oxidación.

Este puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\overline{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i * \overline{PC}_i \dots \dots (9)$$

Donde:

$\overline{PC}$  = Poder calorífico inferior de la mezcla  $\left[ \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^3} \right]$

$Y_i$  = Fracción molar del componente (i)

$\overline{PC}_i$  = Poder calorífico inferior del componente (i)  $\left[ \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^3} \right]$

El poder calorífico se lo dividió en dos tipos de poderes caloríficos, las cuales son:

### **(1) Poder Calorífico Inferior**

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

### **(2) Poder Calorífico Superior**

Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de masa de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y, por consiguiente, se tiene en cuenta el calor desprendido en este cambio de fase. Cabe recalcar que los productos de combustión son enfriados a una temperatura similar a la temperatura del gas natural y del aire, esto es medido a condiciones estándar de 60°F y 14.7 Psia. Este puede ser calculado de la siguiente manera:

### **2.3. Tipos de Ductos**

Los diferentes tipos de ductos utilizados para el transporte de hidrocarburos tanto para transportar gases, líquidos, y otros derivados son:

- Gasoductos.
- Oleoductos.
- Poliductos.

#### **2.3.1. Gasoductos**

Los gasoductos son sistemas clásicos de transporte de gas entre dos puntos determinados (otros son los barcos metaneros) y consisten en una serie de conducciones de tuberías de acero con carbono de elevada elasticidad por las que el gas circula a alta presión, desde su lugar de origen hasta los puntos de suministro

#### **2.3.2. Oleoductos**

Oleoducto sistema de tuberías destinado a transportar petróleo hasta las refinerías o hasta los puertos marítimos.

#### **2.3.3. Poliductos**

Los poliductos son parte de las tuberías de distribución, es decir la red de transporte. Los líquidos más comunes transportados por tuberías son productos refinados del petróleo. Entre estos la gasolina, gasolina de aviación, combustible de aviación, combustibles de calefacción doméstica, los combustibles diésel, dióxido de carbono, el gas natural (LGN), gas licuado de petróleo (GLP) y amoníaco anhidro Las tuberías de distribución conducen los productos refinados desde las refinerías a los terminales de comercialización y Distribución. Los poliductos de transporte del Petróleo Refinado pueden llevar varios productos líquidos diferentes al mismo tiempo.

## **2.4. Distribución del Gas Natural**

### **2.4.1. Red Primaria**

Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, que conforman la matriz del Sistema de Distribución.

### **2.4.2. Red Secundaria**

Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive, compuesta por tuberías de polietileno, acometidas, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, aguas abajo de la brida de salida de la Estación Distrital de Regulación.

## **2.5. Instalaciones de Gas Natural**

### **2.5.1. Instalaciones Domésticas**

Tipo de instalación que hace referencia a aquella que especialmente están construidas para alimentar aparatos de usos común (domesticas) en una vivienda.

### **2.5.2. Instalaciones Comerciales**

Se refiere a aquellas realizadas en inmuebles destinados a prestar servicios como; colegios, cuarteles y restaurantes.

### **2.5.3. Instalaciones Industriales**

Las instalaciones industriales de gas son el conjunto de cañerías, accesorios y otros elementos necesarios para abastecer los consumos de gas de diferentes equipos en una industria.

## **CAPÍTULO III: BASES FUNDAMENTALES EN EL DISEÑO E INTERVENCIÓN DE RED PRIMARIA (HOT TAP), METALOGRAFÍA Y REPARACIÓN**

### **3.1. Pruebas de Resistencia y Hermeticidad**

Todas las redes de distribución deberán ser probadas después de su construcción y antes de su puesta en servicio, de acuerdo a los requerimientos del presente, de la misma forma aquellas redes que son el resultado de ampliaciones, mantenimientos mayores como cambios de trayectoria, profundizaciones y reposiciones. Se comprobará la hermeticidad de la tubería instalada, a fin de detectar cualquier pérdida de presión.

#### **Pruebas en redes primarias (Ductos).**

Los requerimientos de la prueba de presión a la que serán sometidas las redes primarias y procedimiento son los siguientes:

- I. El fluido para las pruebas será agua con las siguientes características:
  - a) P.H.: 6 a 9.
  - b) Cloruro máximo: 200 p.p.m.
  - c) Sulfato máximo: 250 p.p.m.
  - d) Sólidos em suspensión máximo: 50 p.p.m.
- II. El equipamiento mínimo requerido para las pruebas es el siguiente:
  - a) Bomba de llenado.
  - b) Bomba de alta presión. Este equipo debe tener una capacidad del 20% mayor a la presión máxima de prueba.
  - c) Balanza manométrica de pesos muertos (opcional).
  - d) Manómetro. Con una precisión del 1% y en caso de manómetros analógicos con un alcance de la escala tal que la máxima presión de prueba este comprendida entre el 50% y 75% de esta.



- e) Registrador de presión. Tendrá que tener un alcance de medición de 1,5 veces la presión requerida en la prueba.
  - f) Registrador de temperatura del agua.
  - g) Termómetro de suelo.
  - h) Termómetro en conducto. La división de escala del termómetro deberá ser como máximo de 0,5 °C y tener un alcance suficiente de medición.
  - i) Cabezal de prueba.
- III. Los instrumentos de medición que registrarán los datos de la prueba deberán contar con su certificado de calibración vigente, pudiendo ser estos analógicos o digitales.
- IV. En caso de imposibilidad justificada de realizar las pruebas de presión con agua se podrá utilizar aire o gas no combustible.
- V. Las pruebas de presión se efectuarán de manera que se preserve la seguridad pública, informando a la población circundante al lugar de la tubería probada que podría ser Pruebas de resistencia y hermeticidad eventualmente afectada.
- VI. En la extracción y descarga del agua utilizada en la prueba de presión, deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos de carácter ambiental:
- a) Limitar la extracción de agua a una cantidad que no sobrepase el 10% del volumen de cuerpos de agua estáticos, tales como lagos o lagunas, ni el 10% del flujo de cuerpos de agua dinámicos tales como ríos o arroyos.
  - b) Ubicar los lugares de extracción de agua a una distancia mínima de dos kilómetros aguas arriba de las tomas de agua potable.
  - c) Descargar el agua usada en las pruebas, aguas abajo de las tomas de agua potable, en la misma cuenca de la que fue extraída, sin causar erosión en las orillas o áreas circundantes.
  - d) Analizar el agua de las pruebas hidrostáticas antes de la descarga, para asegurar que no contenga contaminantes tales como: inhibidores de corrosión, biocidas, glicol u otros químicos. Si esto ocurriera, el agua deberá ser previamente tratada antes de la descarga.

### 3.1.1. Prueba de Resistencia

Las pruebas de resistencia para las redes primarias se realizarán para todas las clases de trazado a una presión mínima de 1,50 veces la Máxima Presión de Operación (MOP) y el tiempo de la prueba será de 4 horas como mínimo.

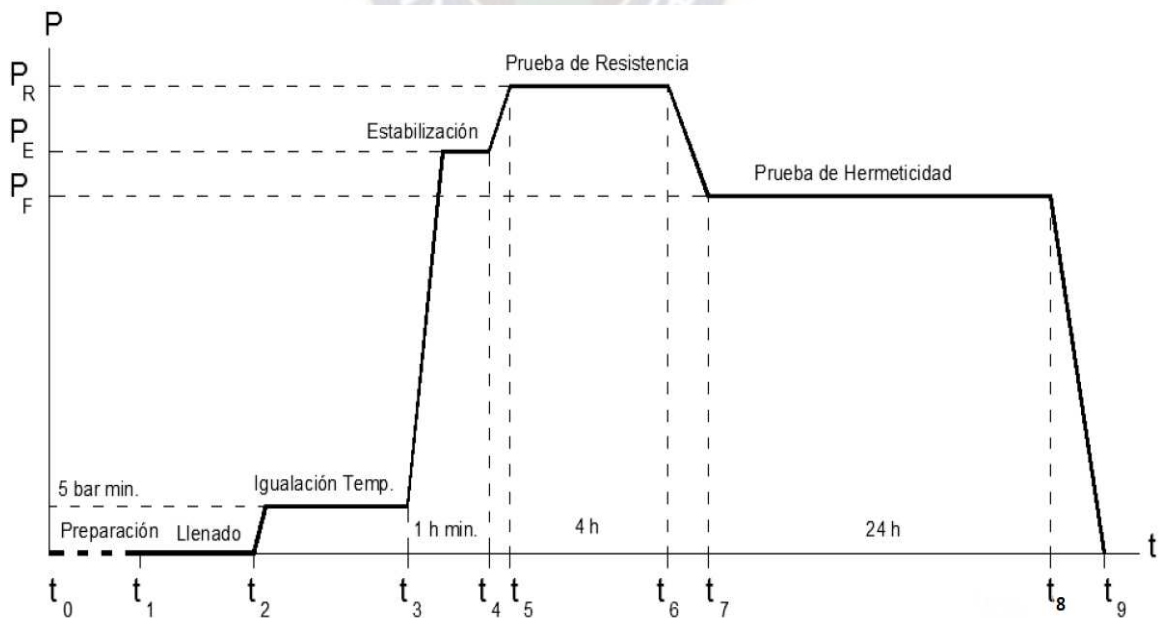
Previo a la prueba de resistencia se deberá estabilizar la presión en un periodo mínimo de 1 hora a una presión no mayor al 80% de la presión de prueba de resistencia.

### 3.1.2. Prueba de Hermeticidad

Las pruebas de hermeticidad o de fugas se realizarán inmediatamente después de la prueba de resistencia como se muestra en la Figura 1.

Esta prueba será realizada a una presión mínima igual a la Máxima Presión de Operación (MOP) por un periodo mínimo de 24 horas continuas.

**Figura 1.** Prueba de resistencia y hermeticidad.



**Fuente:** Redes de Gas

### 3.1.3. Criterios de Evaluación y Aceptación de la Prueba Hidrostática

Antes de realizar la soldadura de interconexión, se hará una prueba del niple que se utilizara para la soldadura de interconexión, este niple se someterá a pruebas de presión para la detección de eventuales defectos y para asegurar que la Interconexión esté libre de fugas, así como también garantizar la integridad estructural de la tubería por medio de la resistencia mecánica a la que será sometida.

#### (1) Preparativos Preliminares

Se deberá considerar los siguientes preparativos:

- Verificar el listado de los equipos e instrumentos a utilizar con su correspondiente certificado de calibración vigente.
- Instalar equipos e instrumentación en el lugar de la prueba hidrostática.
- Verificar suministro de agua para la prueba.
- Ubicación de un lugar adecuado de evacuación del agua, con la finalidad de evitar erosión en el terreno.
- Señalizar los lugares de trabajo como riesgosos, tubería de prueba, aislando la posibilidad de acceso de personal no autorizado

#### (2) Límites de Presión Durante la Prueba Hidrostática

Para el cálculo de las presiones de prueba, se considerará lo siguiente:

- **Presión de Prueba de Resistencia Mínima (según ASME 831.8)**

$$PPR_{min} = \text{Factor } C \times MOP \dots \dots (10)$$

Dónde:

PPR min = Presión de Prueba de Resistencia Mínima, psig

Factor C = Factor según norma B 31.8 y Especificaciones Técnicas: 1,5

MOP = Máxima Presión de Operación

Para este caso, se realizará la prueba del niple de derivación, a una presión de 1,5 veces la presión de operación del dueto, durante un periodo no menor a 4 horas, tal como lo indica el anexo 6 y el código ASME 831.8 ED 2020. Es decir, se tendrá lo siguiente:

$$PPR_{min} = 1,5 \times MOP \dots \dots (11)$$

$$PPR_{min} = 1,5 \times 350$$

$$\mathbf{PPR_{min} = 525 \text{ psi}}$$

Por tanto, la prueba del niple para soldadura de Servicio, se realizará a una presión mínima de 525 psi, durante un periodo de 4 horas.

- **Presión de Prueba de Resistencia Mínima Admisible (según RDCOADB)**

$$PPR_{minadm} = PPR_{min} \times 0,975 \dots \dots (12)$$

Donde:

PPR min adm = Presión de Prueba de Resistencia Mínima Admisible, psig

PPR min = Presión de prueba de Resistencia Mínima, psig

- **Presión de Prueba de Resistencia Máxima (según Ecuación de Barlow)**

$$PPR_{max} = \frac{2 \times S \times F \times t \times E \times T}{D} \dots \dots (13)$$

Donde:

PPR máx. = Presión de prueba de Resistencia Máxima, psig

t = Espesor de la tubería, in

S = Tensión mínima de Fluencia Especificada, psig

F = Factor de seguridad F, 90 %

T = Factor de Temperatura  
 E = Factor de Junta Longitudinal  
 D = Diámetro Externo de la tubería real in.

### (3) Criterio de Aceptación

Considerando el cálculo de la variación de presión en función a la variación de la temperatura, se tiene:

$$Dp = \frac{\beta - 2\alpha}{\frac{D * (1 - \nu^2)}{E * t + C}} \dots \dots (14)$$

Dónde:

Dp = Cambio de presión debido al cambio de temperatura T, psig  
 $\beta$  = Coeficiente de expansión del agua

$$\beta = \frac{-64,268 + (17,0105T) - (0,20369T^2) + (0,0016048T^3)}{10^6} \dots \dots (15)$$

D = Diámetro interno de la tubería, in  
 E = Módulo de elasticidad del acero,  $3 \cdot 10^6$   
 $\nu$  = Módulo de Poisson, 0,3  
 C = Factor de compresibilidad del agua  
 $\alpha$  = Coeficiente de expansión del acero,  $1,116 \cdot 10^{-5}$  (1/°C)  
 t = Espesor de la tubería, in  
 T = Temperatura promedio de la prueba, °C

De esta manera el criterio de aceptación base para la prueba hidrostática es el siguiente:  
 Para el caso en que la temperatura inicial (Ti) de la prueba sea mayor a la temperatura final de la prueba (Tf), la presión admisible será dada por la diferencia de presión inicial (Pi) menos la variación de presión total calculada dP, y el criterio de aceptación tendrá que cumplir  $P_i > P_f > P_{adm}$ .

$$P_{adm} = P_i - dP \dots \dots (16)$$

Para el caso en que la temperatura inicial de la prueba sea menor a la temperatura final de prueba, la presión admisible será dada por la suma de presión inicial más variación de presión total calculada dP, y el criterio de aceptación tendrá que cumplir:

$$P_i \leq P_f \leq P_{adm}.$$

$$P_{adm} = P_i + dP \dots \dots (17)$$

La variación de presión total viene dada por la siguiente ecuación:

$$dp = Dp|(T_i - T_f)| \dots \dots (18)$$

Donde:

T<sub>i</sub> = Temperatura al inicio de la prueba (°C)

T<sub>f</sub> = Temperatura al final de la prueba (°C)

A la vez, se debe considerar lo establecido según el Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Abandono de Duetos en Bolivia (RDCOADB).

Dentro de los parámetros y documentos a ser presentados antes de iniciar la prueba hidrostática están:

Los equipos e instrumentos de medida que se van a utilizar en las pruebas:

- Listado de los equipos e instrumentos a utilizar con su correspondiente certificado de calibración.
- Estado y disposición de los dispositivos para el llenado, presurizado, estabilización, prueba hidráulica (resistencia y hermeticidad) y evacuación del agua.

## **3.2. Ensayos no Destructivos en la Soldadura**

### **3.2.1. Ultrasonido (Medición de Espesores)**

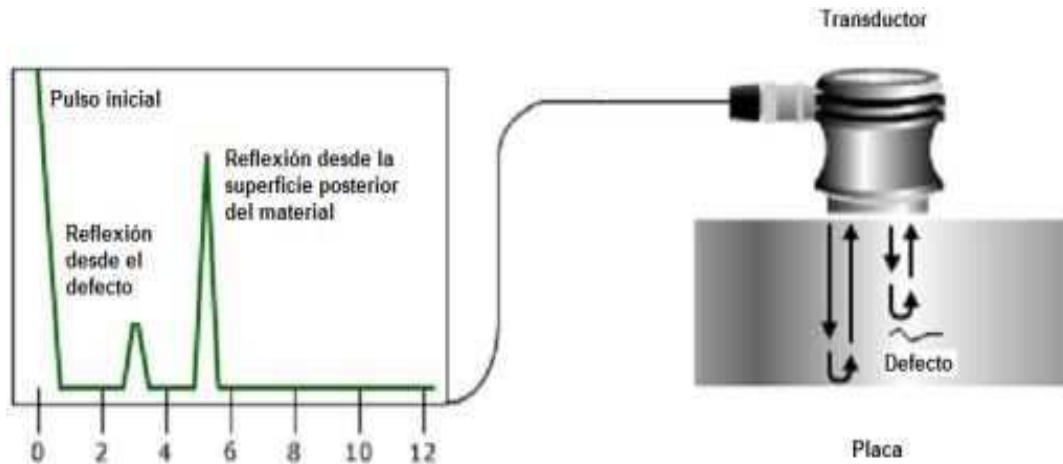
Método de inspección no destructivo, en el cual un haz o un conjunto de ondas de alta frecuencia son introducidos en los materiales para la detección de fallas en la superficie y sub-superficie. Las ondas de sonido viajan a través del material, al encontrar un punto de superficie límite se refleja, ese punto límite puede ser una discontinuidad o borde de la pieza, en donde la onda es reflejada a la interface a manera de eco, determinando con ello una medida. El haz reflejado es mostrado y analizado para definir la presencia y localización de fallas y discontinuidades. Los métodos empleados para realizar inspecciones por ultrasonido son:

- Pulso-eco
- Transmisión-recepción
- Resonancia
- Inmersión

#### **(a) Método Eco-Pulso**

Este método consiste en transmitir la energía ultrasónica al cristal en forma de pulsos cortos, estos se transmitirán al material con una frecuencia repetitiva de tal forma que, el tiempo que tarda en percibir entre pulso y pulso, la energía reflejada en la pared posterior, permitirá determinar el espesor de la pieza, tomando para ello como referencia la superficie en la que se encuentra el haz ultrasónico. Para la aplicación de este método se utilizará un palpador o sonda con doble cristal, uno con función de emisor y el otro como detector, tal como se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Transductor ultrasónico

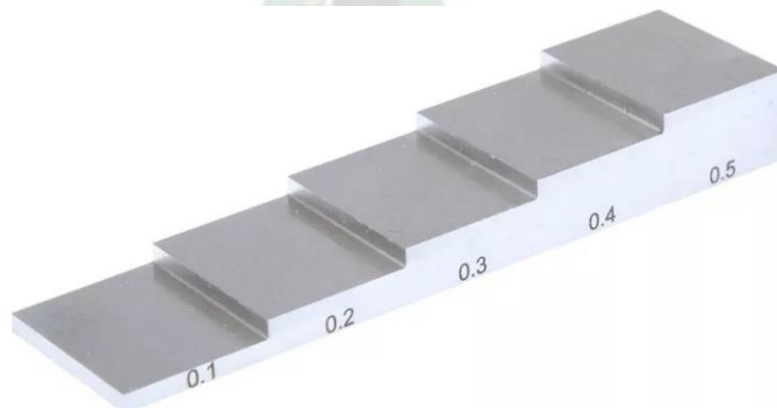


**Fuente:** Estándar API 1104

### (b) Bloque de Calibración

El bloque de calibración es el patrón de referencia con medidas estándar conocidas, se utiliza para calibrar el equipo de ultrasonido y evaluar los espesores medidos de la tubería inspeccionada. Este bloque de calibración posee las mismas propiedades físicas, químicas y de estructuras, ver figura 3.

**Figura 3.** Bloque de calibración



**Fuente:** Procedimiento de medición de espesores por ultrasonido



### **(c) Determinación de Espesores Mediante Inspección de Ultrasonido**

La medición de espesores mediante el método de ultrasonido pulso-eco, se realiza para determinar la condición interna y el espesor sobrante del componente, con el fin de determinar la tasa de corrosión existentes y la vida útil remanente.

- **Determinación de Puntos Críticos de Inspección**

Los puntos críticos se determinarán en áreas específicas a lo largo del sistema de tuberías donde se realizarán las inspecciones. La determinación de los puntos de medición de espesores variara de acuerdo a la ubicación del sistema de tuberías y el estado actual de la superficie.

- **Puntos de Referencia de Inspección**

Para la medición de espesores en las diferentes tuberías, se tomarán 4 puntos de referencia formando un anillo alrededor del diámetro exterior del tubo a cada 90 grados (Tabla 2), este punto de referencia se aplicará a todos los puntos críticos previamente determinados, estos también dependerán de acuerdo al diámetro a ser inspeccionado.

- **Selección de Puntos de Fácil Acceso de Inspección**

La selección del número de puntos a inspeccionar va a depender del estado actual de la superficie de y de la accesibilidad que se tenga a los distintos componentes a inspeccionar.

- **Marcado y Ubicación de los Puntos Críticos**

Para la determinación y ubicación de puntos críticos, se realizarán inspecciones visuales y se hará un seguimiento a las líneas principales. Luego de las verificaciones en campo, se establece que parte de la corrosión interna de la tubería estaría sometida a esfuerzos residuales, erosión y cavilación, factores que sumados incrementan el desgaste o pérdida del espesor de la pared de los tubos, quedando expuestas a posibles fallas.

- **Preparación de la Superficie**

Las condiciones de las superficies a inspeccionar se encontrarán en gran parte cubiertas de polvo y algunos casos de incrustaciones, pintura y óxidos, para su limpieza se aplicarán algunos métodos manuales, tratando de esta manera de asegurar un buen contacto entre el transductor y las superficies a inspeccionar.

- **Acoplante**

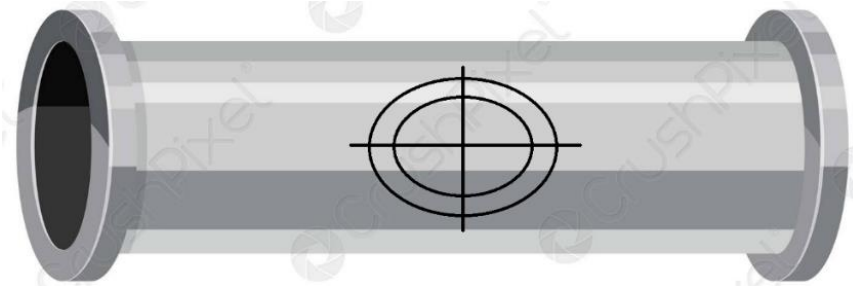
El acoplante que es utilizado para el proceso de medición de espesores por ultrasonido será glicerina, la selección de este dependerá de la temperatura a cuál las tuberías estarán en servicio.

**(d) Mediciones Para Hot Tap**

Según las recomendaciones de API 2201, Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical Industries, los pasos para realizar las mediciones de espesor para el Hot Tap se harán de la siguiente manera:

- Se verificará el lugar donde se realizará la medición de espesores, este lugar debe estar libre de escombros, vibración o material que pueda afectar las mediciones a ser realizadas.
- El Nivel II o III de Ultrasonido (Medición de Espesores), realizará un trazado de puntos en la tubería principal, donde se realizará la soldadura en servicio, este trazado estará en función a la figura 4, el trazado del perímetro interno representa la soldadura del niple de derivación y el perímetro externo representa la soldadura de la montura de refuerzo que tendrá la derivación.
- Los puntos de medición de espesor se realizarán de acuerdo a los diámetros principales (Cabezal), donde se realizará la soldadura en servicio. Ver Tabla 2:

**Figura 4. Puntos de medición**



**Fuente:** Medición de Espesor por ultrasonido

**TABLA 2. Puntos de medición**

DIAMETRO EXTERNO DE TUBERIA (Pulgadas)	CANTIDAD DE MEDICIONES	MEIOCION SEGÚN SU POSIOION
2,375	12 MEDICIONES EN TOTAL EN CADA PUNTO SE REALIZARÁ 3 MEDICIONES	
3,500		
4,500		
6,625	24 MEDICIONES EN TOTAL EN CADA PUNTO SE REALIZARÁ 3 MEDICIONES	
8,625		
10,750		
12,750		
16,000	36 MEDICIONES EN TOTAL EN CADA PUNTO SE REALIZARÁ 3 MEDICIONES	
18,000		
24,000		
36,000		

**Fuente:** Medición de espesores por ultrasonido

### **3.2.2. Inspección Visual de Soldadura**

La inspección o examen visual es el método no destructivo más ampliamente usado en la industria; aproximadamente un 80% de las discontinuidades, defectos y deficiencias identificadas por medio de exámenes no destructivos se detectan con esta técnica. Las normas sobre la capacitación, calificación y certificación del personal de END por lo general se refieren a la inspección visual en un sentido amplio que involucran diferentes tipos de materiales y procesos de fabricación, y no solamente los relacionados con la soldadura y otros métodos de unión.

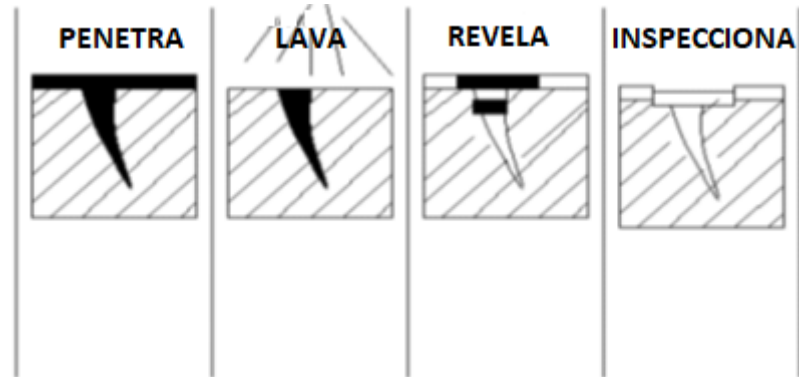
El examen o inspección visual se define como el método de prueba no destructiva que emplea la radiación electromagnética en las frecuencias visibles. Los cambios en las propiedades de la luz después de su contacto con el objeto inspeccionado pueden ser detectados por la visión humana o por medios mecanizados. La inspección visual se emplea principalmente para dos propósitos:

- Examen de superficies accesibles o expuestas de objetivos opacos, lo que incluye la mayoría de materiales y de productos terminados y parcialmente ensamblados.
- Examen del interior de objetos transparentes, tales como el vidrio, el cuarzo y algunos plásticos, líquidos y gases.

### **3.2.3. Examen de Líquidos Penetrantes**

El examen por líquidos penetrantes es uno de los más antiguos métodos empleados de ensayos no destructivos. Consiste en aplicar un líquido sobre la superficie a examinar, dejarlo a un tiempo sobre este tiempo de penetración para permitir que se introduzca dentro de las posibles discontinuidades superficiales, eliminar de la superficie el exceso de líquido para luego extraerlo, por medio de un polvo absorbente, mismo que revelara la presencia de las discontinuidades, si las hay, sobre un fondo de contraste que intensifica la visibilidad de las indicaciones. La siguiente figura ilustra el modelo en que trabaja esta técnica.

**Figura 5.** Examen por líquidos penetrantes



**Fuente:** Inspector de soldadura AWS QC1

El examen por líquidos penetrantes permite la detección de discontinuidades en piezas de geometría complicada de una variedad de materiales metálicos (ferrosos y no ferrosos) y no metálicos, como plásticos, cerámicas, vidrios, etc., siempre y cuando no sean porosos; pueden usarse independientemente de las propiedades físicas de los materiales, siempre y cuando la superficie no sea absorbente o porosa y resulte compatible con el procedimiento, método y técnica específicos a emplear.

#### **(a) Principios y Descripción de la Técnica**

Como su nombre lo indica, esta técnica está basada en la propiedad que tiene algunos líquidos de penetrar (capilaridad) en discontinuidades superficiales como porosidad, grietas, traslapes, pliegues y costuras. Las propiedades que tienen los líquidos penetrantes para servir de manera efectiva para el examen son, principalmente capilaridad, baja tensión superficial y baja viscosidad, cohesión, adherencia, poder humectante, densidad y actividad química adecuados.

La secuencia de la inspección de líquidos penetrantes, misma que varía un tanto dependiendo del método y tipo de examen a realizar, consta de las seis etapas o actividades básicas siguientes:

- Limpieza previamente
- Aplicación del líquido penetrante
- Medida del tiempo de penetración
- Eliminación del exceso de penetrantes
- aplicación del revelador
- Interpretación y evaluación
- Limpieza final.

A continuación, se describe de manera breve cada una de estas actividades.

- **Limpieza previamente**

Las piezas a examinar han de estar limpias de sustancias extrañas como grasas, óxidos, aceites, escorias, pinturas, etc., para dicha limpieza se utilizan diferentes detergentes, disolventes, decapantes, etc. Una vez terminado el proceso de limpieza hay que dejar la pieza a examinar totalmente seca.

- **Aplicación del líquido penetrante**

El líquido penetrante se puede aplicar de tres maneras distintas, como pueden ser por inmersión en un baño, pulverizando el líquido sobre la pieza (spray) y extendiéndolo sobre la pieza con una brocha, usándose normalmente un pigmento rojo.

- **Medida del tiempo de penetración**

Hay que dejar el tiempo suficiente para que el líquido penetrante y se introduzca en las imperfecciones de la pieza a analizar, por lo que será muy importante controlar el tiempo, que viene especificado en los botes del producto, ver tabla 3 como ejemplo.

**TABLA 3.** Límites máximos y mínimos -tintas penetrantes

<b>Etapas</b>	<b>Mínimos</b>	<b>Máximos</b>
<b>Secado después de la preparación</b>	5 minutos	-----
<b>Tiempo de Penetración</b>	10 minutos	30 minutos
<b>Secado después de la eliminación del penetrante</b>	-----	10 minutos
<b>Aplicación del revelador</b>	-----	10 minutos
<b>Revelador y tiempo de interpretación</b>	10 minutos	30 minutos

**Fuente:** Tintes Penetrantes

- **Eliminación del exceso de penetrantes**

La limpieza de la pieza para eliminar el líquido sobrante se puede realizar de varias formas; por inmersión, por pulverización o por rociado de la pieza en un baño de líquido limpiador.

- **Aplicación del revelador**

El líquido revelador que es normalmente blanco, es aplicado por inmersión, rociado o pulverizado, con mucho cuidado ya que son líquido muy volátiles. Una vez aplicado las zonas de la pieza que contengan restos de líquido penetrante, resaltarán a simple vista, siendo muy fácil su observación.

- **Interpretación y evaluación**

Las imperfecciones aparecen marcadas de forma clara y exacta a lo largo de la pieza a examinar, la observación se hará para los líquidos fluorescentes bajo lámparas de mercurio

o tubos de luz violeta y para los líquidos normales se hará bajo la luz natural apareciendo puntos rojos en las zonas con imperfecciones.

- **Limpieza final**

Hay que eliminar todo tipo de resto de líquidos, ya sean penetrantes o reveladores, limpiándolos con disolventes, detergentes, etc.

### **3.2.4. Examinación Mediante Partículas Magnéticas**

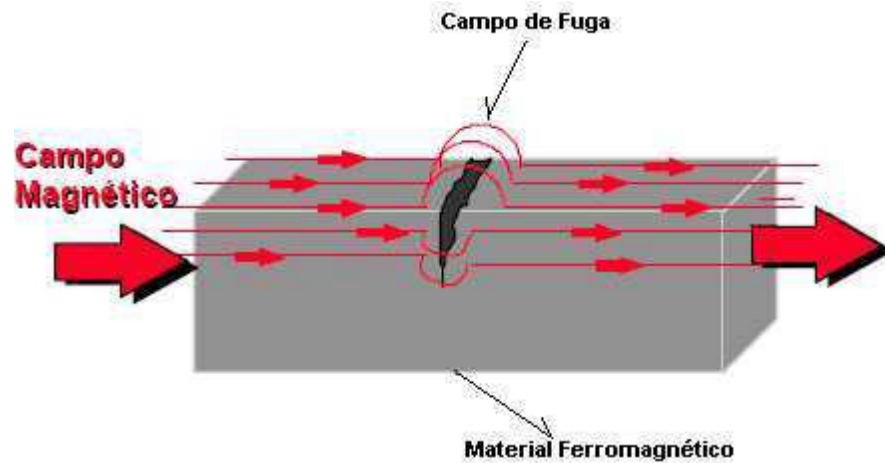
El método de examen por partículas magnéticas puede aplicarse para detectar grietas y otras discontinuidades en o próximas a la superficie de materiales ferromagnéticos. La sensibilidad es mayor para discontinuidades superficiales y disminuye rápidamente al incrementarse la profundidad de las discontinuidades subsuperficiales. Este método involucra la magnetización de un área o componente a ser examinado y la aplicación de partículas de hierro (como medio de examen) sobre dicha superficie y componente. Las partículas son atraídas por la distorsión del campo magnético que causen las grietas o cualquier otra discontinuidad.

#### **(a) Principios y Descripción de la Técnica**

La pieza a inspeccionarse se magnetiza induciendo en ella un campo magnético y se aplica partículas ferromagnéticas (medio de examen) a la superficie sometida a ensayo, si esta contiene discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, este se distorsiona formando polos que atraen a las partículas, mismas que delinean el contorno de las discontinuidades. La siguiente figura 6 ilustra este principio.



**Figura 6.** Indicación producida durante un examen por partículas magnéticas



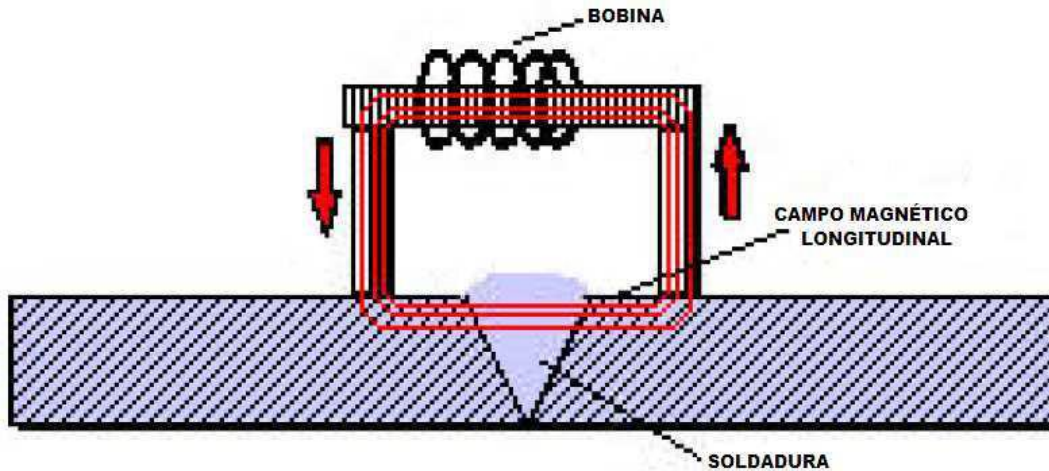
**Fuente:** Instituto de soldadura curso de inspección de soldadura AWS

Cualquiera que sea la técnica empleada para producir el flujo magnético en la pieza, la máxima sensibilidad se obtendrá con las discontinuidades lineales orientadas perpendicularmente a las líneas de flujo magnético, por lo que se requieren al menos dos magnetizaciones perpendiculares entre sí para detectar todas las posibles discontinuidades en cada área a ser examinada. Los equipos de magnetización empleados para este método son:

- Imán permanente
- Yugo (electroimán)
- Por puntas
- Grapas o pinzas de contacto
- Bobinas
- Conductor central
- Entre cabezales

Las siguientes figuras muestran algunos tipos de magnetización.

**Figura 7.** Magnetización local por medio de yugo (Yoke)



**Fuente:** Instituto de soldadura curso de inspección de soldadura AWS

**Figura 8.** Magnetización local producida con puntas



**Fuente:** Instituto de soldadura curso de inspección de soldadura AWS

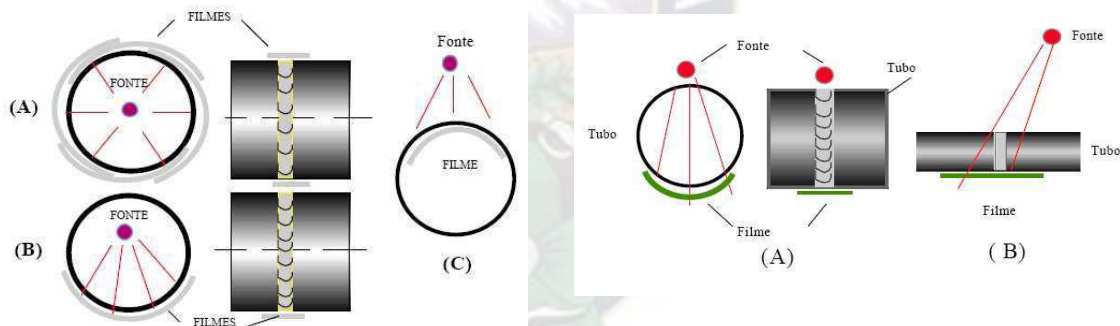
### 3.2.5. Radiografía

El examen por radiografía consiste en hacer pasar un haz de radiación de naturaleza electromagnética (Rayos X o rayos Gamma) a través de una pieza a examinar y que este

mismo haz de radiación incida sobre una película fotosensible, en la cual se registra la imagen latente de la pieza. Posteriormente mediante un proceso químico (revelado) dicha imagen se hará visible y permanente. Las posibles discontinuidades internas de la pieza, se mostrarán como cambios en la densidad fotográfica de la película revelada. La evaluación de la radiografía se basa en la comparación de las diferencias de la densidad fotográfica con características conocidas del objeto mismo, o con estándares derivados de radiografías de objetos similares de calidad aceptable.

Existen varios arreglos posibles para la exposición de películas radiográficas, algunos de los cuales se ilustran en las siguientes figuras.

**Figura 9.** Arreglos de exposición radiográfica típicos



**Fuente:** Inspector de soldadura AWS QC1

Por otra parte, los riesgos inherentes al uso y manejo de las fuentes de radiación, por lo que durante las tomas deben seguirse prácticas y procedimientos seguros a fin de evitar que los individuos que toman radiografías y el personal en general estén expuestos a niveles peligrosos de radiación.

### 3.3. Procedimiento General de Soldadura

#### 3.3.1. Generalidades

- Antes de soldar cualquier tubería, componente o equipo complementario cubierto por el código ASME B31.8, se calificara el procedimiento de soldadura según API

1104 con los ensayos completarlos requeridos en la norma y con los instrumentos certificados presentados en la carpeta general de documentos de soldadura.

- Se calificará a los soldadores con los procedimientos y criterios de aceptación según API 1104 y documentados en la carpeta general de documentos de soldadura.
- Antes de realizar cualquier soldadura se debe presentar la documentación requerida, verificando que los soldadores sean los calificados.
- En las áreas de soldadura, antes de soldar alrededor de una estructura o área que tenga contenido de gas, deberá realizarse un completo monitoreo para determinar la posible presencia de una mezcla inflamable (gas natural). Solamente se iniciará la soldadura, cuando se indique que las condiciones de trabajo son seguras.

### **3.3.2. Preparación para la Soldadura**

#### **(a) Calificación de Procedimientos y Soldadores**

El inicio de las actividades de soldadura estará autorizado con la presentación de los siguientes documentos aprobados por la fiscalización:

- ✓ Especificación del procedimiento de soldadura (WPS).
- ✓ Registro de Calificación de Procedimiento de Soldadura (PQR).
- ✓ Calificación de soldadores (WPQ)

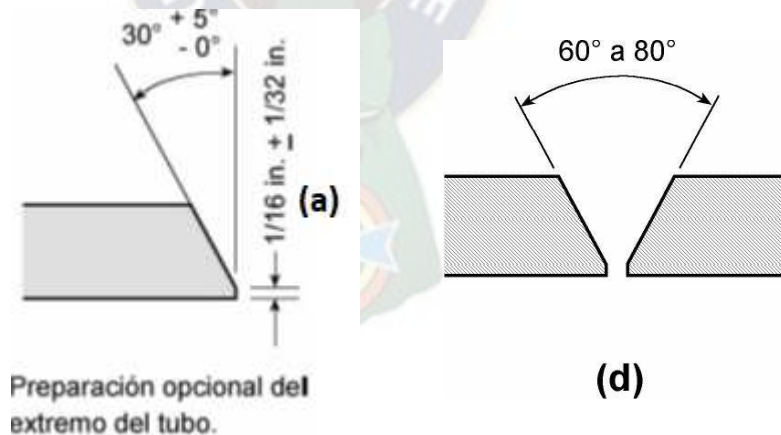
#### **(b) Verificación, Limpieza y/o Preparación de los Biseles**

- Para la preparación, detalles de los biseles y el ajuste de las piezas deberá ser verificado por medio de calibradores y estar de acuerdo a lo indicado en las "Especificaciones de Procedimiento de Soldadura calificados.
- Antes del acoplado de los tubos, se deberá efectuar una inspección interna y externa, con el propósito de chequear material extraño y la detección de aplastamientos, defectos de laminación, entalles u otras discontinuidades

superficiales que puedan perjudicar la soldadura y/o el paso de los "Pigs" (chanchos) de limpieza. Oportunamente se debe identificar, en las extremidades, la posición de la costura longitudinal.

- El interior de los tubos debe ser limpiado antes de acoplarse a través del paso de un chanco de escoba de nylon o espuma del mismo diámetro del tubo, esto para eliminar tierra, piedras, arena o cualquier otra suciedad existente.
- No son permitidos los aplastamientos y entalles en el bisel con más de 2 mm de profundidad; en caso que ocurran, tales defectos deberán ser removidos por métodos mecánicos de desgaste o por el retiro de un anillo.
- Todas las extremidades biseladas, serán esmeriladas y los bordes de los tubos deberán ser escobillados en una faja de 50 mm en cada lado de la región del bisel, externa e internamente, al tubo.
- Sí existiera humedad la junta deberá ser secada mediante el uso de un soplete con llama no concentrada.

**Figura 10.** Ángulos apropiados para la soldadura



**Fuente:** Norma ASME B31.8

- Las figuras arriba indicadas son los biseles aceptables según el Apéndice I de la norma ASME B31.8, de preferencia será empleado la figura (a) y (d), tal como se indica en el procedimiento de soldadura calificado.

### **3.3.3. Inspección Después de Soldadura**

**I.** Toda soldadura que sea inspeccionada deberá cumplir los criterios de aceptación de discontinuidades de la norma ASME B31.8, API 1104 STD, ASME B31.4, cuando se trate de las instalaciones superficiales, o ser apropiadamente reparada y re-inspeccionada.

**II.** Para una mayor validez de la soldadura y verificar la saneabilidad de esta, se realizará una prueba Neumática/Hidrostática según los Códigos ASME B31.8, RDCOADB, API 1110 y especificaciones de YPFB Redes de Gas.

**III.** De acuerdo a la ASME B31.8, API 1104 STD y las especificaciones técnicas del cliente, la inspección visual debe cubrir lo siguiente:

**IV.** Inspección visual de la presentación de la junta (de acuerdo al WPS calificado) antes que se ejecute la soldadura; y del pase de raíz y al culminar la soldadura.

**V.** Inspección visual final al 100% de las juntas, en toda su circunferencia.

**VI.** Completada la soldadura del tramo inicial, la misma sólo será reiniciada después de los resultados de los ensayos no destructivos previstos en este procedimiento, o previo acuerdo con la Supervisión de Obra para dar continuidad.

### **3.3.4. Condiciones Climáticas**

**I.** Serán establecidos sistemas para proporcionar al soldador y el área de soldadura, protección por medio de parasoles, carpas o mamparas cuando sea necesario, con el objeto de evitar condiciones climáticas perjudiciales a la calidad de la soldadura.

**II.** Cuando la calidad de la soldadura completa pueda ser dañada por las condiciones climáticas, y las juntas no puedan ser protegidos de las mismas, la actividad de soldadura deberá ser suspendida hasta que las condiciones estén dadas para reiniciar la actividad.

**III.** Cuando la temperatura sea menor a la mínima establecida en procedimiento, o cuando se encuentre lloviendo al momento de concluir la soldadura, se deberá proteger las juntas terminadas para evitar enfriamientos bruscos que puedan alterar la calidad del resultado.

### **3.3.5. Elección de Electrodo**

#### **(1) Material Base**

Un cambio en el material base constituye una variable esencial. Cuando se sueldan materiales de dos grupos diferentes de materiales, se debe emplear el procedimiento para el grupo de más alta resistencia. Para propósitos de este estándar, todos los materiales deben ser agrupados como sigue:

- Esfuerzo a la fluencia mínimo especificado menor o igual a 42 000 psi (290 MPa).
- Esfuerzo a la fluencia mínimo especificado mayor a 42 000 psi (290 MPa) pero menor a 65 000 psi (448 MPa).
- Para materiales con especificación de mínimo esfuerzo a la fluencia mayor o igual a 65 000 psi (448 MPa), cada grado debe recibir un ensayo de calificación separado.

#### **(2) Metal de Aporte**

Los siguientes cambios en metal de aporte constituyen una variable esencial:

- a) Un cambio de un grupo de metal de aporte a otro (ver tabla 4).
- b) Para un material de tubería con una especificación de mínimo esfuerzo a la fluencia mayor o igual a 65.000 psi (448 MPa), un cambio en la clasificación AWS del metal de aporte.

Cambios en un metal de aporte dentro de los grupos de metal de aporte pueden ser hechos dentro de los grupos de materiales especificado anteriormente. La compatibilidad del

material base y el metal de aporte debería ser considerada desde el punto de vista de las propiedades mecánicas.

**TABLA 4.** Grupo de metales de aporte

Group	AWS Specification	AWS Classification
1	A5.1	E6010, E6011
	A5.5	E7010-A1, E7010-P1, E7011-A1
2	A5.5	E8010-P1
3	A5.1	E6018, E7015, E7016, E7018, E7018M, E7016-1, E7018-1
	A5.5	E7015-C1L, E7016-C1L, E7018-C1L, E7015-C2L, E7016-C2L, E7018-C2L, E7018-C3L, E8016-C1, E8018-C1, E8016-C2, E8018-C2, E8016-C3, E8018-C3, E8018-P2, E8045-P2
5 <sup>a</sup>	A5.18	ER70S-2, ER70S-3, ER70S-6
	A5.28	ER70S-A1, ER80S-D2, ER80S-Ni1, ER80S-Ni2, ER80S-Ni3
6	A5.2	RG60, RG65
7	A5.20	E71T-1C, E71T-1M, E71T-9C, E71T-9M, E71T-12C, E71T-12M, E71T-12M-J
	A5.36	E71T-1C, E71T-1M, E71T-9C, E71T-9M, E71T-12C, E71T-12M, E71T-12M-J
8	A5.29	E81T-1Ni1C, E81T-1Ni1M, E81T1-1Ni2C, E81T-1Ni2M, E81T-1K2C, E81T-1K2M

**Fuente:** American Petroleum Institute (API) 1104, 2005

### 3.4. Parámetros de Diseño de Tuberías

Antes de iniciar los trabajos se deberá de disponer la siguiente información y datos del ducto en operación donde se ejecutará el procedimiento de Hot Tap.



a) Datos del ducto principal en operación donde se ejecutará el Hot Tap

**TABLA (A)**

VARIABLES	VALORES
Propietario de la línea	
Diámetro externo de la cañería	
Diámetro interno de la cañería	
Espesor de pared	
Especificación de la cañería	
MAOP del ducto	

b) Datos de Ramal:

**TABLA (B)**

VARIABLES	VALORES
Propietario de la línea	
Diámetro externo de la cañería	
Diámetro interno de la cañería	
Espesor de pared	
Especificación de la cañería	

c) Datos de la válvula utilizada para la ejecución del Hot Tap

**TABLA (C)**

VARIABLES	VALORES
Propietario de la línea	
Diámetro externo de la cañería	
Diámetro interno de la cañería	
Espesor de pared	
Especificación de la cañería	
MAOP del ducto	

### 3.4.1. Disposiciones Generales

- a) Para determinar el número de edificios destinados a ocupación humana para una tubería en tierra, trace una zona 1/4 mi (0,4 km) de ancho a lo largo de la ruta de la tubería con la tubería en la línea central de esta zona, y dividir la tubería en secciones aleatorias de 1 milla (1,6 km) de longitud, de forma que las longitudes individuales incluyan el número máximo de edificios destinados a la ocupación humana. Cuente el número de edificios destinados a la ocupación humana dentro de cada zona de 1 milla (1,6 km). Para ello, cada unidad de vivienda independiente en un edificio de unidades de vivienda múltiple se contará como un edificio separado destinado a la ocupación humana para la ocupación humana.
- b) No se pretende aquí que se instale una tubería completa de 1,6 km (1 milla) de tubería de nivel de tensión inferior se instale si existen barreras físicas u otros factores que limiten la posterior expansión de la zona más densamente poblada a una distancia total a una distancia total de menos de 1 milla (1,6 km). No obstante, se pretende que, cuando no existan tales barreras, se tenga ampliamente en cuenta de la tensión inferior para prever un probable desarrollo posterior en para prever el probable desarrollo posterior en el área.
- c) Cuando un grupo de edificios destinados a la ocupación humana indica que una tubería básica de 1 milla (1,6 km) debe identificarse como Clase de Localización 2 o Clase de Localización 3, la clase de ubicación 2 o la clase de ubicación 3 podrá terminar a 200 m (660 pies) del edificio más cercano del grupo o núcleo de edificios.
- d) En el caso de las tuberías de menos de 1 milla (1,6 km) de longitud, se debe identificar una Clase de ubicación que es típica de la clase de ubicación que se requeriría para 1 milla (1,6 km) de tubería que atraviesa el área.

### 3.4.2. Clases de Localidad para Diseño y Construcción según el ASME B31.8

(a) **Localidad clase 1.** Una clase de localización 1 es cualquier sección de 1 milla (1,6 km) que tenga 10 o menos edificios destinados a la ocupación humana. Una clase de ubicación 1 pretende reflejar áreas como terrenos baldíos, desiertos, montañas, tierras de pastoreo tierras de cultivo y zonas poco pobladas.

**Clase 1, División 1.** Esta división es una clase de ubicación 1 en la que el factor de diseño de la tubería es superior a 0,72 pero igual o inferior a 0,80. (Véase la tabla 5) Para excepciones al factor de diseño.

**Clase 1, División 2.** Esta división es una clase de ubicación 1 cuando el factor de diseño de la tubería es igual o inferior a 0,72. (Véase la tabla 5 para las excepciones al factor de diseño).

**Localidad Clase 2.** Una clase de ubicación 2 es cualquier sección de 1 mi (1,6 km) que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana. Una clase de ubicación 2 tiene por objeto reflejar zonas en las que el grado de población es intermedio entre la clase de ubicación 1 y la clase de ubicación 3, como las zonas periféricas de las ciudades y pueblos, las zonas industriales, ranchos o fincas, etc.

**Localidad Clase 3.** Una Clase de Localización 3 es cualquier sección de 1 milla (1,6 km) que tenga 46 o más edificios destinados a la para la ocupación humana, excepto cuando prevalezca una clase de emplazamiento 4. Una clase de ubicación 3 pretende reflejar áreas como urbanizaciones suburbanas, centros comerciales, zonas residenciales zonas residenciales, zonas industriales y otras zonas pobladas que no cumplan con los requisitos de la clase de emplazamiento 4.

**Localidad Clase 4.** La clase de ubicación 4 incluye áreas donde predominan los edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso, y donde puede haber numerosos otros

servicios públicos subterráneos. Por edificio de varios pisos se entiende cuatro o más plantas sobre el suelo, incluida el primer piso o la planta baja. La profundidad de los sótanos o el número de plantas es irrelevante.

**TABLA 5.** Factores de diseño para construcción con tubería de acero

Instalación	Clase de Localidad				
	1		2	3	4
	Div. 1	Div. 2			
<b>Ductos, líneas principales y líneas de servicio</b>	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
<b>Cruces de caminos, ferrovías, sin encamisado:</b>					
(a) Caminos privados	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
(b) Caminos públicos no mejorados	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0,60	0,60	0,50	0,50	0,40
<b>Cruces de caminos, ferrovías, con encamisado:</b>					
(a) Caminos privados	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
(b) Caminos públicos no mejorados	0,72	0,72	0,60	0,50	0,40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0,72	0,72	0,60	0,50	0,40
<b>Invasión paralela de ductos y líneas principales en caminos y ferrovías::</b>					
(a) Caminos privados	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
(b) Caminos públicos no mejorados	0,80	0,72	0,60	0,50	0,40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
<b>Conjuntos fabricados (véase párrafo 841.121)</b>	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
<b>Líneas de ductos en puentes (véase párrafo 841.122)</b>	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
<b>Tubería de estación de compresión</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40
<b>Cerca de concentraciones de gente, en Localidades Clase 1 y 2</b>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40

**Fuente:** ASME B31.8 (2020)

### 3.4.3. Requerimientos de Diseño de un Sistema de Tuberías de Acero

#### (1). Fórmula del Diseño de Tubería de Acero

La presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas o el espesor nominal de pared para una presión de diseño dada, se deberá determinar mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{2 * S * t}{D} * F * E * T \dots \dots (19)$$

Donde:

D = diámetro nominal exterior de la tubería, plg. (mm)

S = tensión mínima de fluencia especificada, psi. (MPa)

t = espesor nominal de pared, plg.

F = factor de diseño determinado (adimensional)

E = factor de calidad de la junta de soldadura longitudinal determinado (adimensional)

P = presión de diseño psig

T = factor de disminución de temperatura (adimensional)

t = espesor nominal de pared, pulgadas

#### (2). Tensión de Fluencia (S) para Tubos de Acero.

Para tubos fabricados de acuerdo con una de las especificaciones incluidas en la siguiente Tabla 6, la tensión de fluencia a ser usada en la fórmula de cálculo de la ecuación 19 es la TFME establecida en la especificación acordada, si ese valor es conocido.

Para tubos fabricados de acuerdo con una especificación no incluida en la Tabla 6 siguiente, o cuya especificación o propiedades de tensión son desconocidas, la tensión de fluencia a ser usada en la fórmula de diseño en la ecuación 19 será alguna de las siguientes:

- a) Si el tubo es probado a la tracción de acuerdo con la norma API 5L, la menor de las siguientes: 80% del promedio de la tensión de fluencia determinada por el ensayo de tracción; la más baja tensión de fluencia determinada por los ensayos de tracción, pero no mayor de 358 MPa (52.000 psi).
- b) Si el tubo no es probado a la tracción como se prevé en esta sección, la tensión de fluencia S a utilizar será 169 MPa (24.000 psi).

**TABLA 6.** Especificación de tubos

<b>Lista de especificación de tubos</b>	
<b>API 5L</b>	Tubos de acero
<b>ASTM A 53</b>	Tubo de acero
<b>ASTM A72</b>	Tubo de hierro forjado
<b>ASTM A106</b>	Tubo de acero
<b>ASTM A211</b>	Tubo de Acero y hierro
<b>ASTM A 333</b>	Tubo de Acero
<b>ASTM A 377</b>	Tubo de función
<b>ASTM A 381</b>	Tubo de acero
<b>ASTM A 539</b>	Tubo de acero
<b>IRAM – IASU 500 - 2613</b>	Tubos de acero al carbono, soldados y sin

**Fuente:** ASME B31.8 (2020)

**(3). Factores de Diseño F y la Clase de Localidades.** Los factores de diseño en las Tabla 7, deberán usarse para la Clase de Localidad designada. Todas las excepciones a los factores de diseño a ser usadas en la fórmula de diseño, se dan en la Tabla siguiente:

**TABLA 7.** Factor básico de diseño, (F)

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

Fuente: ASME B31.8 (2020)

(4). Factor de junta longitudinal (E). Está de acuerdo a la tabla siguiente:

**TABLA 8.** Factor de junta longitudinal (E) para tubo de acero

Especif. No	Clase de tubería	Factor E
ASTM A 53	Sin costura	1,00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1,00
	Soldada a Tope en Homo: Soldadura continua	0,60
ASTM A 106	Sin costura	1,00
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0,80
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1,00
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0,80
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldada en Espiral	0,80
ASTM A 333	Sin costura	1,00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1,00
ASTM A 381	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1,00
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1,00
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1,00
ASTM A 691	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0,80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1,00
API 5L	Sin costura	1,00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1,00
	Soldado por Electro Fulguración	1,00
	Soldado por Arco Sumergido	1,00
	Soldado a Tope en Horno	0,60

Fuente: ASME B31.8 (2020)

(5). **Factor de temperatura** a usarse en la fórmula de diseño se determinará como sigue:

**TABLA 9.** Factor de variación por temperatura (T) para tubos de acero.

Temperatura, °F	Factor de Disminución de Temperatura, T
<b>250 o menos</b>	1,000
<b>300</b>	0,967
<b>350</b>	0,933
<b>400</b>	0,900
<b>450</b>	0,867

**Fuente:** ASME B31.8 (2020)

**(6). Tensión de Aro**

Tensión de aro ( $S_h$ ) es la tensión en un tubo cuyo espesor de pared es  $t$ , actuando circunferencialmente en un plano perpendicular al eje longitudinal del tubo, producido por la presión  $P$ , del fluido dentro de un tubo de diámetro  $D$ , que se determina con la fórmula de Barlow.

$$S_h = \frac{P * D}{2 * t} \dots \dots (20)$$

Donde:

$S_h$  = Tensión circunferencial o Tensión de aro, (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Presión interna manométrica, (kg/cm<sup>2</sup>)

$D$  = Diámetro exterior de la tubería, (mm)

$t$  = Espesor nominal de la pared, (mm).



## (5) Refuerzo de Conexiones de Ramales Soldados

**Requerimientos Generales.** Todas las conexiones soldadas de ramales, deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Cuando se realicen conexiones de ramal a la tubería, bajo la forma de una conexión única o en una línea colectora o tubo múltiple (manifold) como una serie de conexiones, el diseño deberá estar adecuado para controlar los niveles de tensiones en la tubería dentro de límites de seguridad. La construcción deberá acomodar las tensiones en la restante porción de pared de la tubería, debidas a las aberturas en la tubería o el cabezal, los esfuerzos de corte producidos por la presión actuando contra el área de la abertura del ramal, y cualquier carga externa debida al movimiento térmico (dilatación o contracción) peso, vibraciones, etc. Los párrafos siguientes, proveen reglas de diseño para las combinaciones usuales de las cargas indicadas líneas arriba, excepto por las cargas externas exclusivas.

El esfuerzo requerido en la sección de bifurcación de una a conexión de ramal soldada, deberá ser determinado por la regla de que el área de metal disponible para refuerzo, deberá ser igual o mayor a que las áreas requerida según se la define en éste párrafo.

El área transversal  $A_R$ - se define como el producto de  $d$  multiplicado por  $t$ :

$$A = d * t \dots \dots (21)$$

Donde:

$d$  = la longitud mayor de la abertura terminada en la pared de la línea principal, medida paralela al eje del tramo o el diámetro interno de la conexión de ramal

$t$  = el espesor nominal de pared de la tubería principal, requerido para la presión y temperaturas de diseño.

Cuando el espesor de pared de la tubería incluya una holgura para corrosión o erosión, todas las dimensiones usadas, deberán ser el resultado después que haya tomado lugar la corrosión o erosión anticipadas.

El área disponible para refuerzo, deberá ser la suma de:

- a) El área transversal que resulte de cualquier espesor en exceso disponible en el espesor de la tubería sobre el mínimo requerido para la tubería, y que se halla dentro del área de refuerzo, según se la define.
- b) el área de la sección transversal que resulta de cualquier espesor en exceso disponible en el espesor de pared del ramal, sobre el espesor mínimo requerido para el ramal y que quede dentro del área de refuerzo.
- c) El área transversal de todo el metal de refuerzo añadido que queda dentro del área de refuerzo, según se defina, incluyendo aquella del metal sólido de la soldadura que se agrega convencionalmente a la línea principal y/o ramal.
- d) El área de refuerzo, mostrada, se define como un rectángulo, cuya longitud deberá extenderse una distancia  $d$  a cada lado de la línea del eje transversal de la abertura terminada y cuyo ancho se deberá extender una distancia de  $2 \frac{1}{2}$  veces el espesor de pared de la línea principal, sobre cada lado de la superficie de la pared de la línea principal. Sin embargo, en ningún caso se deberá extender más de  $2 \frac{1}{2}$  veces el espesor de pared del ramal desde la superficie interna de la línea principal o del refuerzo, si es que se tiene uno.
- e) El material de cualquier refuerzo agregado, deberá tener una tensión admisible de trabajo por lo menos igual a aquella de la pared de la línea principal, excepto que un material de baja tensión admisible podrá ser usado, si se incrementa el área en proporción directa a la tensión admisible para el cabezal y el material de refuerzo, respectivamente.
- f) El material usado para el refuerzo de anillo o de montura, podrá tener especificaciones diferentes a aquellas de la tubería, previendo que el área

transversal se haga en proporción directa a la resistencia relativa de la tubería y los materiales de refuerzo a las temperaturas de operación y siempre que tenga calidades de soldadura comparables a aquellas de la tubería. No se deberá asignar ningún valor por la resistencia adicional del material que tenga una resistencia mayor que aquella de la parte que se vaya a reforzar.

- g) Cuando los anillos o monturas cubran la soldadura entre el ramal y el cabezal, se deberá proveer un agujero para venteo en el anillo o montura para revelar las fugas en la soldadura entre ramal y cabezal y para proveer venteo durante las operaciones de soldadura y tratamiento de calor. Los agujeros de venteo deberán estar taponados durante el servicio para evitar corrosión en forma de ranura entre la tubería y el miembro reforzador, aunque no se utilizará materiales de taponado que sean capaces de resistir la presión dentro de la ranura.
- h) No se deberá considerar que el uso de costillas o apoyos angulares contribuyen al reforzamiento de la conexión de ramal. Esto no prohíbe el uso de costillas o apoyos angulares para propósitos distintos al refuerzo, tales como la rigidización.
- i) El ramal deberá estar unido por una soldadura en todo el espesor del ramal o de la pared del cabezal más una soldadura en ángulo, W1. Es preferible usar soldaduras en ángulo cóncavas, para minimizar aún más la concentración de tensiones de esquina. Los refuerzos de anillo o montura deberán estar conectados como muestra. Cuando no se usa una soldadura en ángulo completa, se recomienda que el borde del refuerzo, tenga un relieve o se achaflane a aproximadamente 45 grados para unirse con el borde de la soldadura en ángulo.
- j) Los anillos de refuerzo y monturas, deberán ajustarse con precisión a las partes a las cuales se hallen unidos. Algunas formas aceptables de refuerzo. Las conexiones de ramal., unidad a un ángulo menor a 85 grados respecto a la línea, se hacen progresivamente más débiles a medida que el ángulo disminuye. Cualquier diseño de este tipo debe estudiarse individualmente, y deberá proveerse suficiente refuerzo para compensar la debilidad inherente a tal construcción. Se permite el uso de costillas de círculo completo para soportar las superficies planas

o rehundidas y puede ser incluido en los cálculos de resistencia. Se advierte al diseñador que la concentración de esfuerzos cerca de los extremos de costillas parciales, abrazaderas o angulares, puede desvirtuar el valor de refuerzo.

**(6). Requerimientos Especiales.**

Además de los requerimientos, las conexiones de ramal deben cumplir con los requerimientos especiales:

**TABLA 10.** Refuerzo de conexiones de ramal soldadas, requerimientos especiales

Ratio of Design Hoop Stress to Minimum Specified Yield Strength in the Header	Ratio of Nominal Branch Diameter to Nominal Header Diameter		
	25% or Less	More Than 25% Through 50%	More Than 50%
20% or less	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h) and 831.4.2(j)
More than 20% through 50%	See paras. 831.4.2(d), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(i) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)
More than 50%	See paras. 831.4.2(c), 831.4.2(d), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(b), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(a), 831.4.2(e), 831.4.2(f), and 831.4.2(j)

**Fuente:** ASME B 31.8 (2020)

Se deben preferir tes de contornos suaves, de acero fundido de diseño comprobado. Cuando no puedan usarse tes, el miembro reforzante deberá extenderse alrededor de la circunferencia del cabezal. Se prohíbe el uso de almohadillas, monturas parciales u otros tipos de refuerzos localizados.

- a) Se deben preferir tes de contornos suaves de diseño comprobado. Cuando no se usen tes, el miembro reforzante, deberá ser de tipo de círculo completo, aunque podrá ser de tipo almohadilla, tipo montura o del tipo de accesorios de salida de soldar.
- b) El miembro reforzante, podrá ser de tipo de círculo completo, tipo tejo, tipo montura, o tipo de accesorio de salida de soldar. Los bordes de los miembros de

refuerzo deberán ser biselados al espesor del cabezal. Se recomienda que los lados de las soldaduras en ángulo que unen el miembro reforzante y el cabezal, no excedan el espesor del cabezal.

- c) No se requieren cálculos de refuerzo para aberturas de 2 pulgadas o menores diámetros, sin embargo, deberá tenerse cuidado de proveer protección adecuada contra las vibraciones y otras fuerzas externas a las cuales frecuentemente se someten estas pequeñas aberturas.
- d) Todas las soldaduras que unan el cabezal, ramal, y miembro de refuerzo, deberán ser equivalentes a aquellos que se muestran.
- e) Todas las soldaduras que unen el cabezal, la rama y el refuerzo. miembro será equivalente a los que se muestran.
- f) Los bordes interiores de la abertura acabada deberán, siempre que posible, redondearse a un radio de 1/8 pulg. (3,2 mm). Si el miembro circundante es más grueso que el encabezado y es soldada al cabezal, los extremos se estrecharán hacia abajo al espesor del cabezal y soldaduras de filete continuas se hará. En el caso de hot tap o taponamiento de accesorios, utilizar el requisito especial.
- g) El refuerzo de las aberturas no es obligatorio; sin embargo, el refuerzo puede ser necesario para especiales casos que involucran presiones superiores a 100 psig (690 kPa), tubería de pared delgada o cargas externas severas
- h) Si se requiere un miembro de refuerzo, y el diámetro de la rama es tal que un tipo localizado de refuerzo miembro se extendería alrededor de más de la mitad de la circunferencia del encabezado, luego un cerco completo se utilizará el tipo de elemento de refuerzo, independientemente de la tensión circunferencial de diseño, o un contorno suave Se puede utilizar una T de acero forjado de diseño probado.
- i) El refuerzo puede ser de cualquier tipo que cumpla con los requisitos
- j) Para grifos calientes o conexiones de taponamiento de configuraciones, donde el manguito de refuerzo es presurizado y más grueso que el cabezal, y la aplicación da como resultado una carga adicional como la del calor equipo de toma y taponamiento, los siguientes requisitos aplicar:

Las dimensiones mínimas de la pierna de la soldadura de filete en los extremos del manguito serán de  $1,0 t$  más el espacio observado o medido entre el interior del accesorio y el exterior de la tubería en la instalación, donde  $t$  es el espesor real de la pared de la pipa. Esto resultará en un mínimo efectivo garganta de soldadura de  $0,7t$ .

La dimensión máxima de la pierna del filete final soldaduras será de  $1,4 t$  más el espacio observado o medido entre el interior del accesorio y el exterior de la tubería en la instalación, lo que resulta en una soldadura efectiva la garganta no debe exceder  $1,0 t$ .

Si es necesario, los accesorios serán cónicos, biselados, o biselados en sus extremos a un mínimo aproximado ángulo de 45 grados (con respecto a la cara del extremo) reduciéndose el biselado o biselado debe proporcionar al menos una nominal cara para acomodar la soldadura de filete, pero la dimensión de la cara no debe exceder 1,4 veces el espesor calculado requerido para cumplir con la tensión circunferencial máxima del presurizado manga.

### **3.5. Metalografía del Acero**

#### **3.5.1. Metalografía**

La metalografía es la ciencia que se encarga del estudio de las características estructurales o constitutivas de un metal en conjunto con las propiedades físicas y mecánicas, revelando la estructura interna mediante una microfotografía que proporciona el microscopio óptico configurando a varios niveles de aumento (5x, 10x, 20x, 50x, 100x).

#### **3.5.2. Aceros Para Herramientas**

Estos tipos de aceros son utilizados en la fabricación de herramientas de corte o cualquier otro elemento que precise elevada dureza y resistencia, es por eso que para obtener una correcta herramienta de trabajo se debe elegir el acero correcto, siendo una parte fundamental y complementaria a un buen diseño y construcción. Es muy importante conocer la gran variedad de aceros para herramienta de acuerdo al contenido de carbono

con el fin de poder obtener diferentes propiedades y características al momento de su utilización. Las herramientas poseen un conjunto de propiedades intrínsecas tales como: dureza, resistencia al desgaste, templabilidad, resistencia al choque térmico, maquinabilidad, etc. Para piezas de construcción mecánica la propiedad más importante es la resistencia a la tracción, templabilidad y la resistencia a la fatiga, mientras que, si se usa en la fabricación de herramientas, las propiedades exigibles son fundamentalmente la resistencia al desgaste y la tenacidad.

### **3.5.3. Tratamiento Termino**

- **Temple**

El temple es un proceso en el que las piezas metálicas son enfriadas rápidamente desde la temperatura austenítica, comúnmente en un rango entre 817 y 870 C para el acero. Los aceros inoxidable y de alta aleación pueden ser templados para minimizar la presencia de carburos en el límite de grano o para mejorar la distribución de ferrita, pero la mayoría de estos aceros son templados para obtener cantidades controladas de martensita en su microestructura. Un proceso de temple llevado a cabo de manera exitosa usualmente significa la obtención de la dureza adecuada y tenacidad, minimizando esfuerzos residuales y la posibilidad de grietas.

Los líquidos más comunes para el enfriamiento son: Aceites, agua, soluciones acuosas de polímeros y agua que puede contener sal o aditivos cáusticos.

Los gases más comunes para el enfriamiento del acero son los gases inertes como el helio, argón y nitrógeno. Estos medios de enfriamiento a veces son usados después del austenizado en vacío.

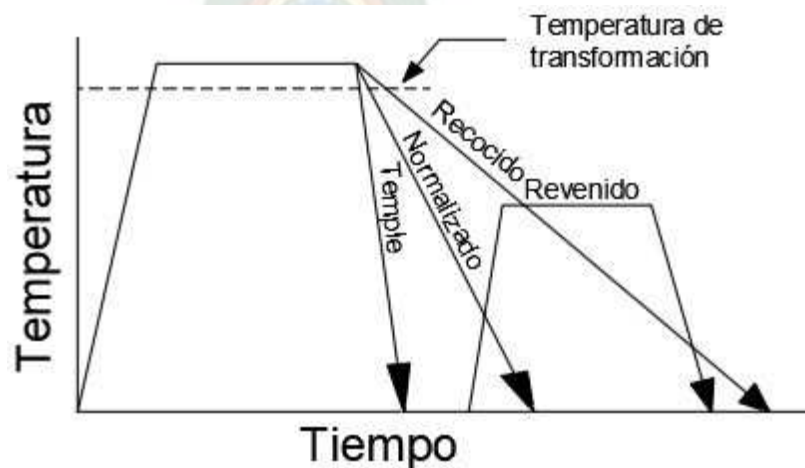
- **Revenido**

El revenido de aceros es un proceso en el cual el material previamente endurecido o normalizado es calentado a una temperatura por debajo de la temperatura crítica (723oC) y enfriado a una velocidad muy lenta, principalmente para aumentar la ductilidad, tenacidad y para homogeneizar el tamaño de grano de la matriz y promover la precipitación de carburos. Los aceros son revenidos por medio de recalentamiento después del temple con el fin de aliviar tensiones internas producidas durante el proceso de temple y asegurar estabilidad dimensional.

Las variables asociadas en los procesos de revenido que producen cambios en su microestructura y las propiedades mecánicas son:

- Temperatura de revenido
- Tiempo de mantenimiento a la temperatura de revenido.
- Velocidad de enfriamiento desde la temperatura de revenido
- Composición del acero, incluyendo contenido de carbono, contenido de la aleación y elementos residuales.

**Figura 11.** Tratamiento térmico.



**Fuente:** Proceso de transformación tiempo - temperatura en el tratamiento térmico.



### 3.6. Diagrama Hierro – Carbono

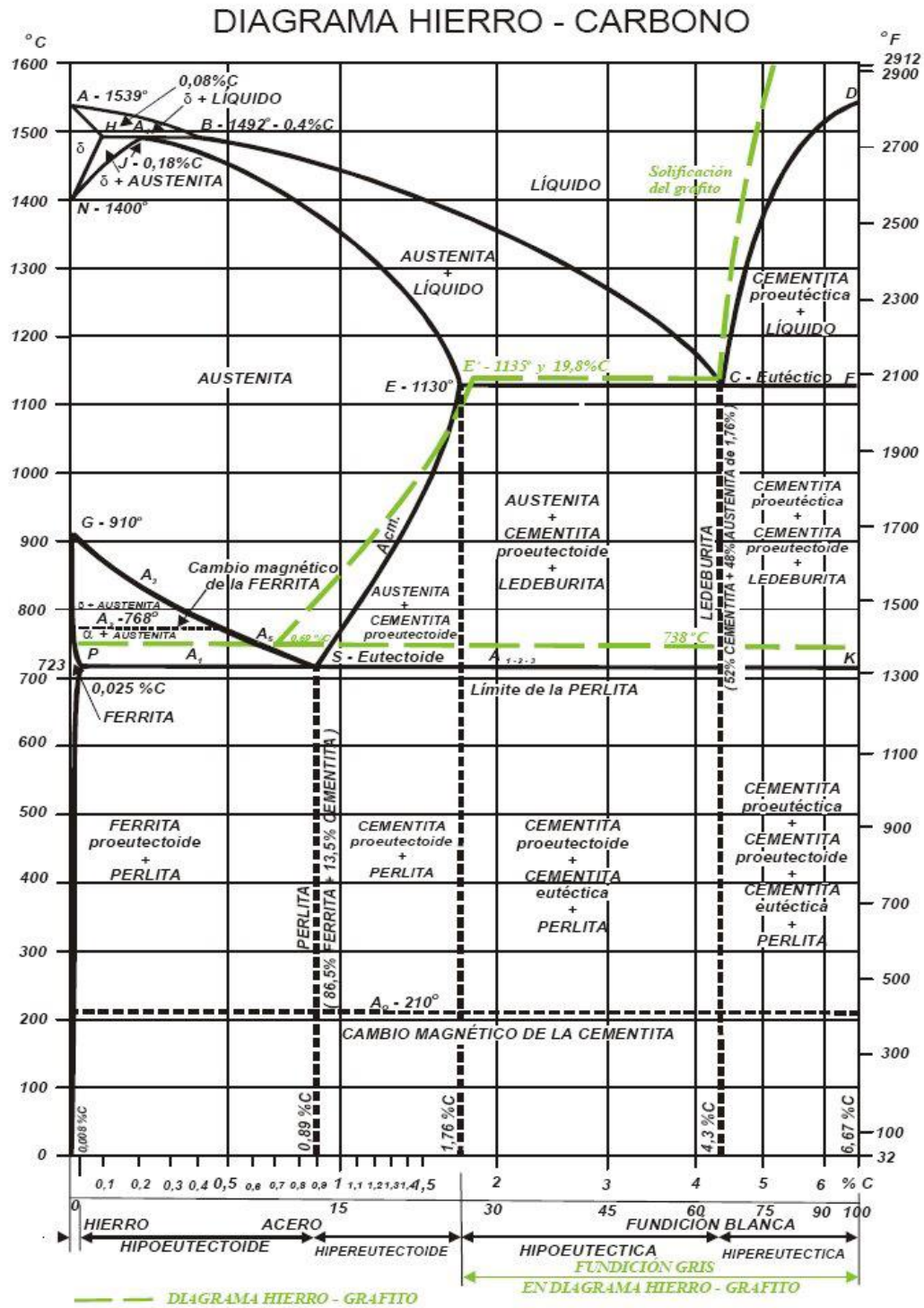
El sistema de aleación binaria más importante es el hierro - carbono. Los aceros y las fundiciones son los materiales estructurales primarios en el ámbito de la mecánica, siendo aleaciones principalmente de hierro- carbono.

El acero se obtiene cuando se mezcla hierro con carbono. El acero aleado es un acero al que se le añaden elementos de aleación adicionales al carbono. Al acero que está formado simplemente por hierro y carbono se le suele llamar “acero al carbono”.

Con un porcentaje de carbono de 2.11% a una temperatura de 1148 °C, se observa la máxima solubilidad de carbono. Entre las temperaturas de 1394 °C y 912 °C, se le denomina hierro gama correspondiendo a la forma cristalina FCC (estructura cúbica centrada en las caras). Si agregamos más carbono en el hierro líquido, al momento de enfriarlo este expulsará o segregará el exceso de carbono de la red, ya sea en grafito o en forma de un compuesto de hierro rico en carbono, un carburo muy duro que se le denomina cementita.

El diagrama hierro - carbono se divide en dos partes según el porcentaje de carbono, es decir cuando el porcentaje de carbono es menor a 2%, esta se encuentra en forma de cementita recibiendo el nombre de aceros los cuales pueden deformarse sin sufrir quebraduras en cambio cuando el porcentaje de carbono es superior a 2% esta recibe el nombre de fundición por lo que el carbono se precipita en forma de grafito y según sigue aumentando el porcentaje de carbono este se precipita aún más formando láminas o escamas los cuales tienden a interrumpir la red de hierro, formando una estructura quebradiza. En la figura a continuación se muestra el diagrama de fases del acero al carbono

Figura 12. Diagrama de fases hierro - carbono



Fuente: Análisis metalográfico del acero

#### **4.6.1. Transformaciones Fuera de Equilibrio**

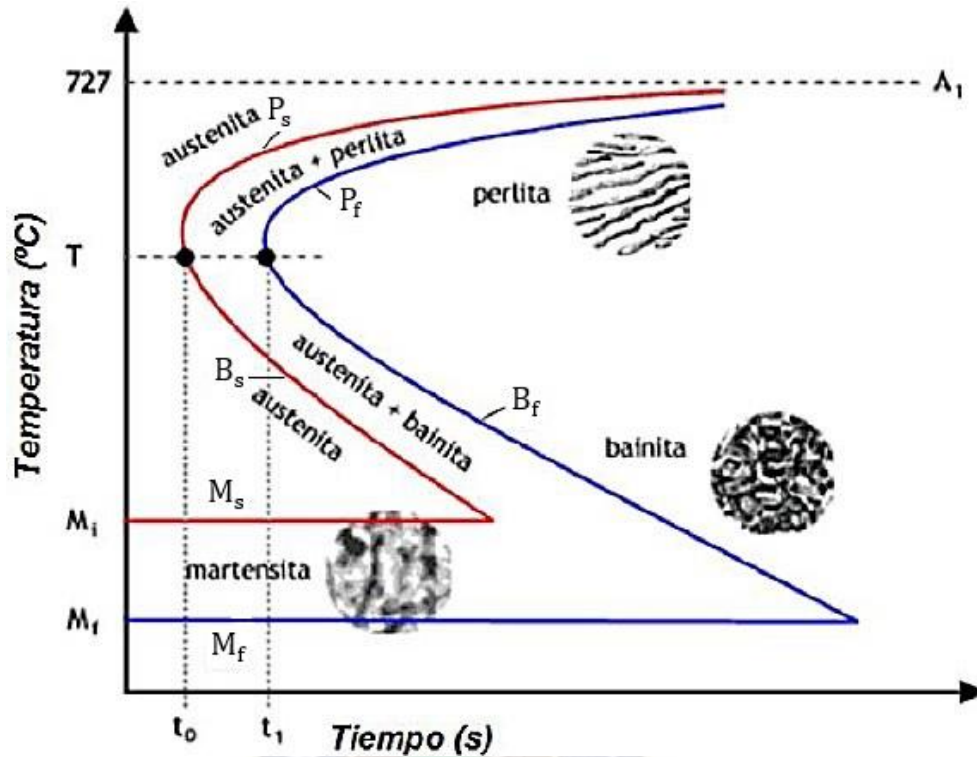
Si el enfriamiento de la austenita hasta temperaturas cercanas al ambiente es tan rápido que el carbono no puede difundir (como sucede en el tratamiento térmico simple), los productos de las transformaciones no estarán en equilibrio (son metaestables) y el diagrama FE-C no es útil para el estudio de los aceros enfriados en estas condiciones.

Una fase resultante del enfriamiento rápido de la austenita es la martensita, que tiene una estructura tetragonal centrada en el cuerpo (una estructura intermedia entre la cúbica centrada en ellas caras y la cúbica centrada en el cuerpo), con átomos de carbono en solución intersticial sobresaturada, esta estructura es metaestable, muy dura y frágil. Las transformaciones que ocurren fuera de equilibrio son descritas de una manera práctica por los tipos de diagrama que se describen brevemente a continuación.

#### **3.7. Diagrama TTT (Tiempo – Temperatura – Transformación)**

El diagrama TTT que también se lo conoce como diagrama de transformación isotérmica, en el cual está representado las transformaciones que sufren los aceros dependiendo del tiempo y la velocidad de enfriamiento es decir nos representa las posibles transformaciones de la austenita para cada tipo de acero dependiendo del contenido de carbono que estas poseen. Este tipo de diagrama es utilizado para la interpretación de las microestructuras, para conocer los cambios que se generarán al hacer un tratamiento térmico por lo que es pertinente obtener un determinado número de muestras y analizar cada uno de ellos obteniendo así un diagrama TTT para cada tipo de acero. En la figura mostrada se indica la transformación que sufre un acero partiendo del tiempo cero donde inicia la austenita siguiendo la trayectoria hacia abajo y posteriormente a la derecha indicando el enfriamiento del metal en función del tiempo.

Figura 13. Diagrama TTT para un acero.



Fuente: Análisis metalográfico del acero

En la figura mostrada anteriormente, se identifica las siguientes variables donde:

- Ps = Representa el momento en el cual se produce Perlita gruesa.
- Pf = Representa el momento en el cual se produce Perlita fina.
- Ms = Representa el momento en el cual se produce Martensita gruesa.
- Mf = Representa el momento en el cual se produce Martensita fina.
- Bs = Momento de inicio de la transformación a la Bainita.
- Bf = Momento de la finalización de la transformación Bainita.

- **Ferrita**

La ferrita o  $\alpha$ -ferrita es una fase de estructura cúbica de hierro centrada en el cuerpo que existe por debajo de las temperaturas de 912°C para concentraciones bajas de carbono en

el hierro. La fase principal del acero dulce o con bajo contenido de carbono y de la mayoría de los hierros fundidos a temperatura ambiente es el  $\alpha$ -Fe ferromagnético.

- **Perlita**

Es una solución sólida intersticial de carbono en una red cúbica centrada en el interior (CCI) de hierro. La cantidad máxima de carbono que es capaz de disolver, 0.022%, lo consigue a 727 °C, mientras que a temperatura ambiente sólo disuelve un 0.008% C. En cualquier caso, la cantidad de carbono que puede incorporar es muy pequeña, lo que unido a que se trata de una solución sólida hace que sea la estructura más blanda que puede aparecer en un acero a temperatura ambiente.

- **Cementita**

Es un constituyente que aparece en fundiciones y aceros. Es el carburo de hierro, de fórmula  $Fe_3 C$ , que cristaliza en el sistema ortorrómbico. Es muy frágil y duro, teniendo sobre 840 Vickers, y es muy resistente al rozamiento en las fundiciones atruchadas. A bajas temperaturas es ferromagnético y pierde esta propiedad a 212°C (punto de Curie). Se piensa que funde por encima de 1950°C, y es termodinámicamente inestable a temperaturas inferiores a 1200°C. Se puede presentar en forma reticular, laminar y globular.

- **Martensita**

Es una solución sólida, intersticial, sobresaturada de carbono en hierro alfa. Es el constituyente estructural de temple de los aceros y su microestructura se presenta en forma de agujas cruzadas. Surge a partir de realizar enfriamientos rápidos a un acero al carbono. Si el enfriamiento es lo suficientemente brusco, se produce una transformación de fase sin que intervenga la difusión (transformación martensítica). Sin el concurso de los mecanismos difusivos, los átomos de carbono ven impedido su movimiento por lo que quedan atrapados en la red cúbica de la austenita, que al descender la temperatura termina

deformándose y transformándose en una red tetragonal, sobresaturada de carbono. Como resultado, aparece una nueva fase, de inequlibrio, que se denomina martensita.

- **Austenita**

La austenita ( $\gamma$ ) es una solución sólida intersticial de carbono en hierro con estructura CCC. La austenita es la fase con mayor capacidad para disolver carbono, pudiendo incorporar hasta un 2.11% cuando se encuentra a 1148 °C. La gran diferencia con respecto a la ferrita para captar carbono, se debe a la diferente estructura que el Fe adopta en ambas soluciones sólidas.

- **Troostita**

La troostita se produce por un enfriamiento de la austenita, pero este enfriamiento debe ser inferior a la crítica de temple o también se lo puede obtener templando la martensita a una temperatura de 200 y 450 C. Se lo puede observar a unos 1000X como una estructura radial en el que, la constituyente nodular es oscuro que aparece acompañado a la martensita y a la austenita.

- **Bainita**

La bainita es una microestructura cristalina que se puede encontrar en el acero. La bainita se forma cuando el acero se enfría más lentamente que la velocidad requerida para formar martensita, pero más rápido que la velocidad que se requeriría para formar perlita u otra microestructura cristalina de velocidad de enfriamiento más lenta. La bainita generalmente se considera dura y quebradiza.

- **Sorbita**

Se obtiene con un revenido después del temple. Al realizar el calentamiento la martensita experimenta una serie de transformaciones y en el intervalo comprendido entre 400 y

650°C la antigua martensita ha perdido tanto carbono, que se ha convertido ya en ferrita. La estructura así obtenida se conoce como sorbita.

### **3.8. Ataque Químico**

Ataque químico: Consiste en formular una solución que reaccione con los diferentes constituyentes metalográficos de la muestra, uno de los estándares más populares para la selección del reactivo y el tiempo de ataque es el estándar ASTM E407. El fundamento se basa en que el constituyente más reactivo es atacado más rápido por lo tanto se verá más oscuro y el más estable permanecerá más brillante reflejando más luz hacia el microscopio. Los límites de grano están sujetos a ataques selectivos, puesto que representan zonas de imperfección cristalina e impurezas aceleran el ataque local. Además, la diferencia de orientación entre los granos provoca velocidades de reacción diferentes.

#### **El ataque químico de las muestras metalográficas tiene dos propósitos:**

- Eliminar la capa de metal distorsionado que deja el desbaste y pulido. Es precisamente esta capa, la que afecta enormemente el aspecto metalográfico de la probeta atacada. En general, son necesarios tres ciclos de ataque y repulido alternados para eliminar la capa de metal distorsionado; pero en ciertos casos, para los metales y aleaciones blandas, se requieren más ciclos de ataque y repulido alternados.
- Poner visible la forma, el tamaño y el claro oscuro o coloración de cada uno de los microconstituyentes metalográficos (granos, fases, límites de grano, precipitados, etc.). El proceso debe ser tal que queden claramente diferenciadas las partes de la microestructura y esto se logra mediante el uso de un reactivo apropiado, para cada metal o aleación; con el cual se somete, a la superficie pulida, a una acción química diferencial.

**La preparación de la muestra o probeta** consiste, en general es identificar la zona afectada o de estudio y semipulir terminando con un pulido fino. El final de la operación es la obtención de una superficie especular para después de realizar un ataque químico poder observarla.

### 3.8.1. Reactivos de Ataques Químicos

Un reactivo es una sustancia que interactúa con otra en una reacción química dando lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción. Por tratarse de compuestos químicos, los reactivos se pueden clasificar según muchas variables: propiedades físicoquímicas y reactividad en reacciones químicas. En la tabla siguiente se puede observar la composición y el uso de dos tipos de reactivos (Nital y Picral). El Nital es una solución de alcohol y ácido nítrico usada para ataque químico de metales. Es especialmente adecuado para revelar la microestructura de aceros al carbono.

**TABLA 11.** Reactivos químicos y su composición.

REACTIVO DE ATAQUE	COMPOSICIÓN	USOS
<b>Ácido nítrico (Nital)</b>	Ácido nítrico blanco 1-5 ml Alcohol Metílico o etílico (98% o Absoluto) Alcohol amílico 100 ml	En aceros al carbón: Para oscurecer la perlita y dar contraste a la perlita. Para revelar fronteras de perlita. Para diferenciar la ferrita de la martensita.
<b>Ácido pícrico (picral)</b>	Ácido pícrico 4g Etil o alcohol de metilo (95% absoluto) 100 ml	Para todos los grados de aceros al carbón, recocidos, normalizados templados y revenidos. Para todos los aceros de baja aleación.

**Fuente:** análisis metalográfico.

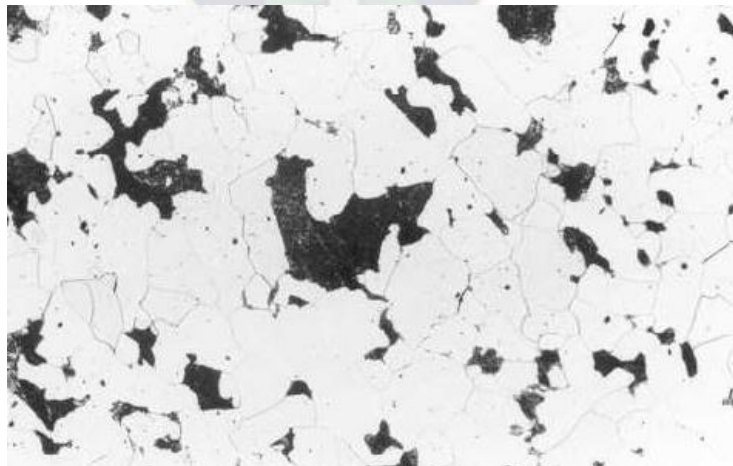


### 3.8.2. Micro-estructura y Metalografía.

La metalografía estudia la estructura microscópica y macroscópica de los metales y aleaciones. La mayor parte de los estudios metalográficos que se realizan son los microscópicos. Con estos se puede determinar las características tales como el tamaño de un grano, La forma y distribución de las fases presentes y las inclusiones no-metálicas. La micro-estructura revela el tratamiento térmico y mecánico a que se ha sido sometido del metal, a partir de ésta, se puede predecir con precisión razonable el comportamiento esperado de las aleaciones estudiadas. Las muestras a estudiar se seleccionan adecuadamente de manera que sean representativas de las partes a examinar, se desbastan y pulen a espejo y se atacan químicamente o electrolíticamente con los reactivos adecuados para revelar la estructura y luego se procede a su examen microscópico.

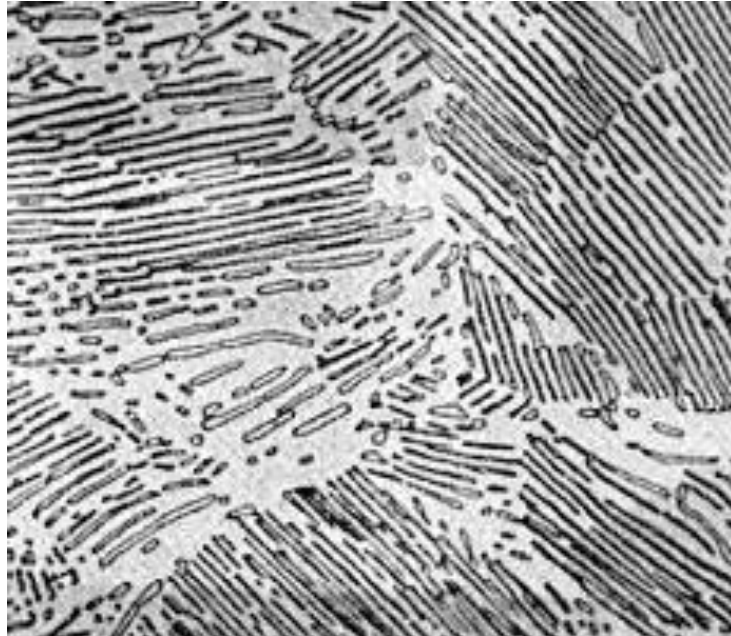
Las figuras 14, 15, 16, y 17 muestran las microestructuras que más comúnmente se encuentran en los aceros.

**Figura 14.** Estructura Ferrítica. Ataque: Nital al 2%. 100X



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

**Figura 15.** Perlita laminar. Ataque: Picral al 4% 1500X



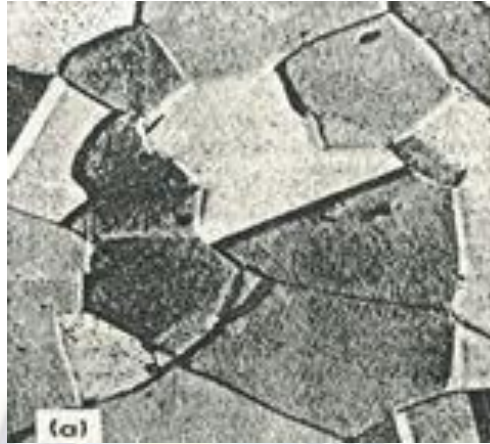
**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

**Figura 16.** Martensita sin revenir. Ataque: Picral 2%, 400X



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

**Figura 17.** Estructura austenítica. Ataque: Ácido oxálico, 500X



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

### **3.9. Metalurgia de la Soldadura**

Las operaciones de la soldadura involucran muchos fenómenos metalúrgicos, tales como fusión, solidificación, difusión y transformaciones de fases en el estado sólido, entre otros. Estos fenómenos influyen en las propiedades de las uniones soldadas, y si no son controlados, causan una serie de problemas como grietas, resistencia a la tensión o al impacto menores a las especificadas, resistencia a la corrosión inferior a la izquierda, etc., que pueden ser evitados o resueltos si se comprenden o aplican correctamente los principios metalúrgicos asociados con las prácticas y operaciones de soldadura, principios que el inspector necesita conocer para realizar su trabajo de manera efectiva.

La metalúrgica puede ser definida como la ciencia, tecnología y arte de trabajar los metales, desde su obtención a partir de los minerales hasta la fabricación de los productos finales.

En las operaciones de soldadura por fusión, con o sin metal de aporte, las partes soldadas son sometidas a un ciclo térmico que consta de las siguientes etapas:

- Calentamiento localizado muy rápido de los metales (base y de aporte)

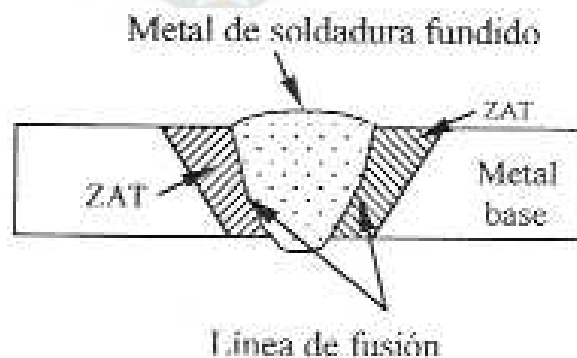
- Aparición de metal fundido que, por lo menos en una parte, proviene del metal base.
- Formación de una zona o charco de metal de metal fundido.
- Enfriamiento rápido del conjunto (metal base y de soldadura).
- Gradientes de temperatura a lo largo de toda la junta soldada.

Durante las operaciones de soldadura ocurren fenómenos metalúrgicos tales como la fusión, reacciones de gases con el metal líquido, reacciones de fases líquidas no metálicas con el metal fundido, interacciones de fases líquidas y sólidas, solidificación, segregación y reacciones en el estado sólido. Las características del ciclo térmico de soldadura y los fenómenos que ocurren durante ésta influyen grandemente en la micro-estructura, propiedades y sanidad de las uniones soldadas. En las secciones siguientes se analiza cómo influyen estos factores en la calidad de las juntas.

### 3.9.1. Ciclo Térmico de las Juntas Soldadas

Al efectuarse las operaciones de soldadura, las juntas experimentan un ciclo de calentamiento y enfriamiento en el que sus diferentes partes se ven sometidas a un amplio intervalo de temperatura, que oscila desde temperaturas superiores a la fusión, en el metal de soldadura, hasta prácticamente la ambiente, en el metal base pasando por el intervalo de transformación. La siguiente figura ilustra las partes de una junta soldada.

**Figura 18.** Partes de las juntas soldadas



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

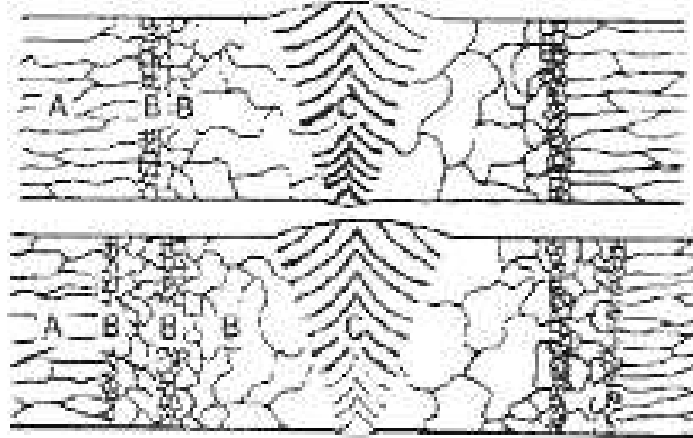
La porción del metal base que no se funde durante la soldadura, pero que es calentada a temperaturas en las que se alteran la micro-estructura y las propiedades mecánicas del metal base, es llamada zona afectada térmicamente (ZAT). La resistencia mecánica y la tenacidad de la zona afectada térmicamente depende del tipo del metal base, y del proceso y el procedimiento de soldadura usados. Los metales base en los que más influye la soldadura son aquellos cuya ZAT se ve sometida a recocido o endurecimiento por ciclos térmicos que involucran altas temperaturas.

Desde el punto de vista del tipo del metal base, el efecto del calor de soldadura sobre la ZAT puede describirse en términos de las siguientes clases de aleaciones que pueden ser soldados:

- Metales base endurecidos por solución sólida, normalmente presentan pocos problemas en la zona afectada térmicamente, y si no sufren transformaciones en el estado sólido, el efecto del ciclo térmico es pequeño y las propiedades de la ZAT son afectadas mínimamente, aunque hay crecimiento de grano cerca de la línea de fusión, pero esto no afecta significativamente las propiedades mecánicas si la zona de grano grueso consta de una franja de sólo unos cuantos granos.
- Aleaciones endurecidas por deformación plástica en frío. La zona afectada térmicamente de estas aleaciones recristaliza en las regiones calentadas por encima de la temperatura de re-cristalización, y las propiedades mecánicas del metal en esta zona descienden considerablemente; estas propiedades no pueden ser recuperadas mediante tratamiento térmico.

Si la ZAT de estas aleaciones sufre transformaciones alotrópicas, los efectos de la soldadura son aún más complejos. Algunos aceros y las aleaciones de titanio pertenecen a este grupo y pueden tener dos zonas recristalizadas. En la siguiente figura ilustra el efecto del ciclo térmico en los metales base, deformados en frío.

**Figura 19.** Zonas afectadas térmicamente con granos recristalizados



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

En la figura 19 se muestra la micro-estructura del metal base no afectado (A) con los granos típicamente alargados debido a la deformación mecánica, los granos equiaxiales (B) de la ZAT que se formaron donde fue excedida la temperatura de re-cristalización y los granos gruesos que crecieron en las regiones sometidos a temperaturas cercanas al punto de fusión. Las aleaciones que sufren transformaciones alotrópicas pueden tener dos zonas recristalizadas, donde la primera zona de grano fino resulta de la re-cristalización de la fase alfa trabajada en frío, y la segunda región de grano fino resulta de la transformación alotrópica de la fase de temperatura más alta.

- **Cambios dimensionales**

Los cambios de temperatura que ocurren durante la soldadura son rápidos, localizados y heterogéneos. Las diferentes partes de las juntas soldadas se calientan y enfrían a temperaturas y velocidades diferentes, y cada región se expande y contrae a su propia velocidad.

- **Expansión térmica**

Casi todos los materiales se expanden al calentarse. La expansión volumétrica se describe comúnmente en términos lineales, mismos que resultan más fáciles de expresar y son más convenientes para fines de medición. La cantidad de expansión (L) puede calcularse con las siguientes fórmulas:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \text{ ó } L_f = L_0(1 + \alpha \Delta T) \dots \dots (22)$$

Donde:

$\Delta L$  = Cambio de longitud (cm)

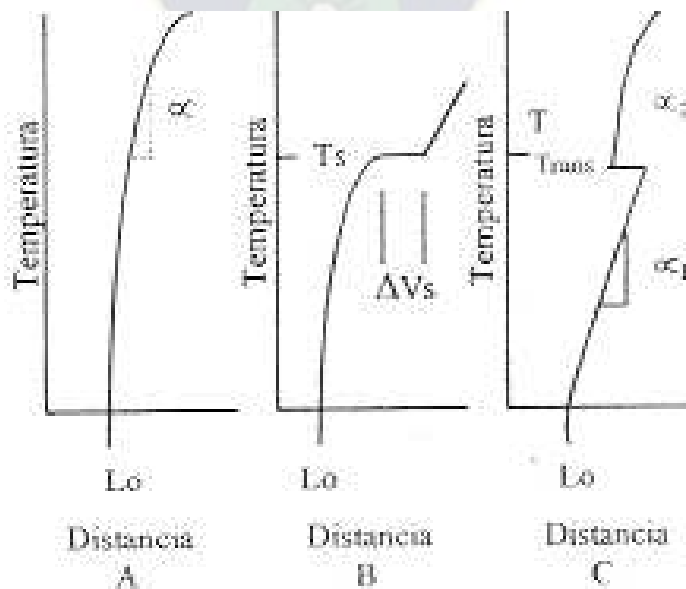
$\alpha$  = Coeficiente de expansión térmica (cm/°C)

$\Delta T$  = Incremento de temperatura

$L_f$  = Longitud final (cm)

$L_0$  = Longitud (cm)

**Figura 20.** Formas básicas de cambios dimensionales durante la soldadura.



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

Los cambios de volumen durante la fusión y la solidificación se deben a los cambios de fase del estado sólido al líquido y viceversa, se origina un incremento o una disminución de las distancias entre los átomos.

- **Esfuerzos residuales**

Las contracciones que ocurren a lo largo de las juntas soldadas, durante la fase de enfriamiento del ciclo térmico de soldadura, mismas que se desarrollan a diferentes velocidades y varían en magnitud en cada región de las juntas, originan esfuerzos residuales en éstas. Los esfuerzos residuales son definidos como aquellos que están presentes en los materiales (incluidas las juntas soldadas) sin que estén sujetos a fuerzas externas o gradientes térmicos. Estos esfuerzos pueden ser de una magnitud suficiente para provocar, en las partes soldadas, deformación, distorsión, agrietamiento y disminución de propiedades tales como resistencia a la tensión, tenacidad y resistencia mecánica a bajas temperaturas.

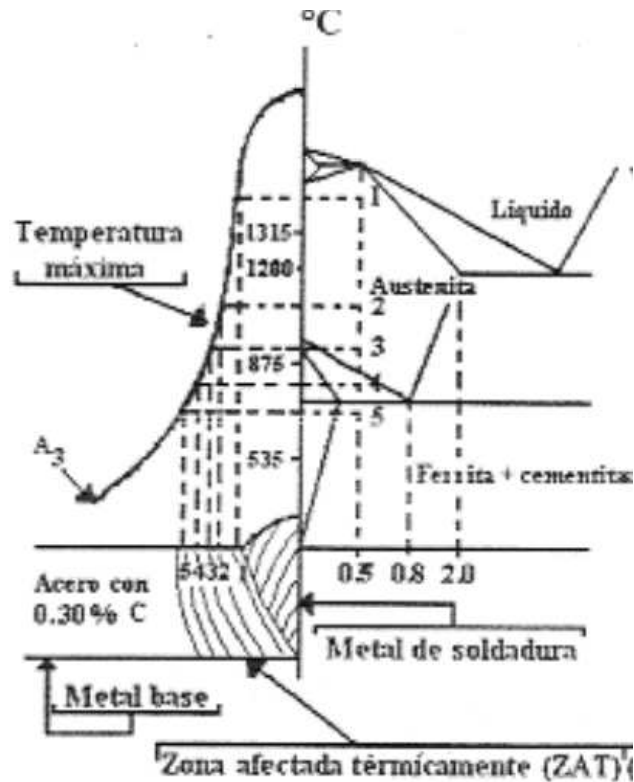
Algunos factores que influyen en los esfuerzos residuales son el grado de restricción de las juntas, la diferencia de los coeficientes de expansión térmica de los metales soldados, la secuencia de soldadura, el calor total aportado y la velocidad de enfriamiento. Estos esfuerzos pueden reducirse y controlarse, en alguna medida, con el empleo de precalentamiento y control sobre el calor aportado por paso.

- **Trasformaciones del acero durante la soldadura**

Las regiones de las zonas afectadas térmicamente, en los aceros que se endurecen por transformaciones de fase durante la soldadura, así como su relación con las temperaturas picos alcanzadas y el diagrama Fe-C se muestra en la siguiente figura.



**Figura 21.** Relación aproximada de las temperaturas picos en las juntas soldadas y el diagrama Fe-C



**Fuente:** Curso Inspector de Soldadura AWS QC1

La región 1 de la ZAT de la figura anterior es la más próxima a la línea de fusión y contiene grano grueso que creció rápidamente debido al calentamiento a temperaturas cercanas a la de fusión; el tamaño de grano grueso aumenta la templabilidad, de esta región puede transformarse rápidamente en martensita durante el enfriamiento.

La región 2 también se austenitiza, pero la temperatura que alcanza es demasiado baja para producir crecimiento de grano, por lo que su templabilidad no se incrementa significativamente, pero aún puede transformarse en martensita si la velocidad del enfriamiento es suficientemente rápida o si el contenido de aleación es suficientemente alto.

En la región 3, algunos granos se transforman en austenita y otros no, y el tamaño de grano es muy fino. En la región 4 no ocurre transformación austenítica, pero los granos de ferrita se ven sometidos a un efecto de revenido por el calor de soldadura.

El calor aportado por el paso influye en forma directa en la velocidad de enfriamiento, por lo que determina los productos finales de transformación y el ancho de cada región de la ZAT. Debido a que la martensita de alto contenido de carbono es dura y frágil, puede crear problemas de alta dureza y agrietamiento en la ZAT. La martensita por sí sola, generalmente no provoca agrietamiento, pero si contiene hidrógeno disuelto o está sometida a esfuerzos residuales altos, es probable la ocurrencia de grietas.

La dureza de la ZAT es una función del contenido de carbono en el metal base, y cuando el contenido de carbono aumenta, también se incrementa la susceptibilidad al agrietamiento y la dureza, y disminuye la tenacidad. La dureza de la ZAT generalmente es buen indicador de la cantidad de martensita presente y de la susceptibilidad al agrietamiento.

Resulta evidente que el diagrama FE-C es útil para entender las transformaciones de la austenita que ocurren en la ZAT cuando el enfriamiento es lento y se forman fases de equilibrio, y que los diagramas TTT y CCT también ayudan a comprender las transformaciones fuera de equilibrio que ocurren cuando el enfriamiento es rápido, pero la soldadura involucra fenómenos y condiciones que difieren de los descritos en tales diagramas, por lo que las fases presentes en la ZAT y la proporción de estas (así como las propiedades) resultan diferentes de las que pudieran preverse con los diagramas mencionados debido a las siguientes razones:

En el caso de los tratamientos térmicos que describen los diagramas, el acero es mantenido a la temperatura establecida durante un tiempo suficiente para disolver los carburos y desarrollar una estructura austenítica homogénea con tamaño de grano relativamente uniforme, mientras que, en el ciclo térmico de soldadura, las temperaturas pico de

austenitización varían desde aproximadamente el punto de fusión hasta la temperatura crítica inferior, y la duración de este ciclo térmico.

Por otra parte, a temperaturas pico cercanas a la línea de fusión, la difusión es más rápida y los átomos de soluto (principalmente de carbono) se dispersan uniformemente en la austenita, el grano austenítico crece. A temperaturas de picos ligeramente superiores a la inferior de transformación de la austenita, los carburos no pueden disolverse completamente en ésta, y los átomos de soluto que no se disolvieron debido a la temperatura relativamente baja no pueden difundirse lejos del sitio original del carburo. Así la austenita en las regiones de temperatura pico inferior, contienen unas áreas con alto contenido de aleación y otras con bajo contenido de ésta, y la austenita en esta zona es de grano fino.

Las regiones calentadas a temperaturas pico intermedias presentan homogeneidad y tamaños de grano austenítico que oscilan entre los extremos mencionados. Después de las consideraciones anteriores, es obvio que, para obtener las micro-estructuras y propiedades deseadas en las juntas soldadas, es necesario controlar la velocidad de enfriamiento durante el ciclo térmico de soldadura.

### **3.10. Consideraciones de Soldadura y Metalografía en Caliente**

#### **3.10.1. Golpe de Arco**

La quemadura de arco puede ocurrir en superficies internas o externas del tubo como resultado de encendidos de arco inadvertidos o inapropiadas conexiones a tierra. Ellas aparecen generalmente como una picadura o cavidad visible a simple vista o como un área densa en la radiografía. La cavidad puede estar rodeada por una zona afectada por el calor endurecida que puede presentar una menor tenacidad que la del material base o del depósito de soldadura. Los límites de aceptación para quemaduras de arco que no han sido reparadas se indican y están basados en la premisa de que la zona afectada por el calor (ZAC) tendrá una tenacidad “nula” pero que cualquier imperfección plana originada

dentro de la ZAC esté embotada en el extremo de la zona. Información substancial indica que la profundidad total del quemado de arco, incluyendo la ZAC, es menor que la mitad del ancho de la región quemada. Quemaduras de arco que contienen grietas visibles a simple vista o a través de radiografías convencionales no son cubiertas por este apéndice y deben ser reparadas o removidas.

- **El manual de inspector de soldadura menciona lo siguiente:**

Los golpes de arco representan una fusión o un calentamiento accidental fuera de la zona del depósito de soldadura prevista. Por lo general son causados por el arco de soldadura, pero también se puede producir bajo una conexión floja de la pinza de masa durante la soldadura. El golpe de arco también puede estar ocasionado por un contacto inadecuado de las puntas de contacto utilizadas para los exámenes con partículas magnéticas. El resultado es un área pequeña, refundida que puede ser el origen de socavación, endurecimiento o agrietamiento localizado que depende de la composición del metal. Por este motivo, los golpes de arco representan una condición peligrosa que puede provocar una falla catastrófica de la estructura soldada.

La práctica recomendada por el API 577, *Welding inspection and Metallurgy*, en el párrafo 3.5 Arc strike; y la Norma AWS A3.0. Standard Welding Terms and Definitions (en su artículo Arc strike) dicen lo siguiente: Una discontinuidad resultante de un arco consistente en cualquier sección de metal re-fusionado, área de metal afectado térmicamente o cambio en el perfil superficial de cualquier elemento de metal.

- **El código AWS D1.1. párrafo 5.29, rezo lo siguiente:**

Se evitarán los golpes del arco en cualquier metal base. Las fisuras o imperfecciones causadas por los golpes del arco deben ser llevadas (por medio de amolado) a una configuración de contorno suave y verificadas para asegurar que este sano.

- **El código AWS D1.1, en sus comentarios parte C-5.29, manifiesta:**

Los golpes de Arco resultan de un calentamiento y rápido enfriamiento localizado. Cuando se ubican fuera del área de soldadura (de los biseles) proyectada, ellos pueden producir el endurecimiento (de esa área) o generar fisuras y podrán facilitar potencialmente el inicio de una fractura.

### **¿Qué es el golpe de arco? (Ingles: Arc Strike)**

El golpe de arco es la marca (o huella) dejada por un electrodo rastrillado o golpeado contra el metal base, por contacto eléctrico entre estos.

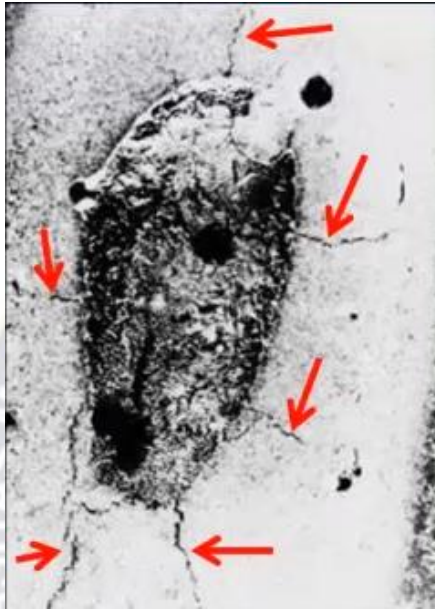
### **¿Cómo se produce?**

El golpe de arco es generado por un contacto eléctrico (accidental o intencional) entre el metal base y el electrodo, situación que aumenta considerablemente la temperatura de esa área en particular, produciendo microestructuras frágiles; aunque también se puede presentar por un inapropiado contacto entre la “maza” o puesta a tierra del equipo soldador.

### **Características del metal base en el área afectada por el golpe de arco:**

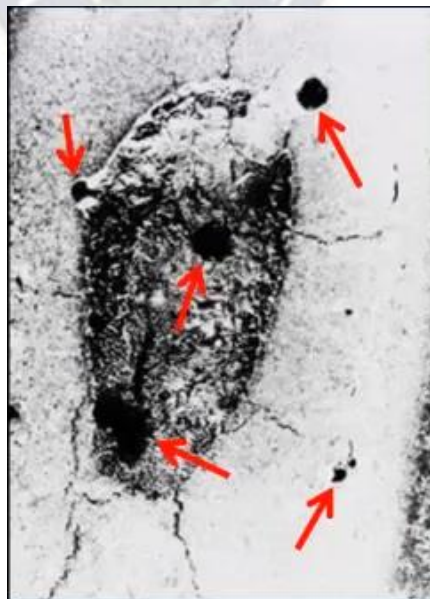
Generalmente el golpe de arco produce una micro – fisura en forma de estrella la cual (como usted bien lo sabe) es una discontinuidad inaceptable (defecto) en cualquier elemento o conjunto soldado que fuese fabricado bajo un código o norma de construcción por soldadura (ejemplo ASME, API, AWS, etc.)

**Figura 22.** Golpe de arco evidenciando las figuras en forma de estrella, con tendencia a propagación



**Fuente:** Soldadura latinoamericana

**Figura 23.** Puntos negros concentraciones de martensita



**Fuente:** Soldadura latinoamericana

En aceros de alta resistencia y baja aleación, así como en aceros de baja y media carbono es muy probable que el área afectada por el golpe de arco presente algunas trazas de martensita, microestructura que es totalmente nociva en aleaciones de acero especialmente de recipientes a presión por su alto nivel de fragilidad.

- **Consecuencias del golpe de arco:**

Inmediata generación de micro fisuras en varias direcciones. A mediano o largo plazo y asociado al fenómeno de corrosión baja tensión, el aumento en la longitud de las fisuras el cual derivara en la falla del elemento o conjunto soldado: situación que se puede acelerar por el tipo de fluido que se almacene o se transporte por el recipiente o tubería ya que el producto penetrara poco a poco en las micro cavidades sedimentándose y produciendo corrosión.

### **¿Cómo evitarse?**

Ante todo, transmitiéndole al personal soldador la información sobre este defecto, de tal manera que comprenda el nivel de criticidad del mismo; por otra parte, reforzando la inspección y el control durante la producción de soldaduras. La enseñanza sobre este defecto produce más valor que la sanción disciplinaria administrativa ya que le concede al soldador un valor agregado en sus capacidades.

### **¿Cómo corregir, cuando ha sucedido?**

- Lo preponderante es evitar que suceda, pero si esto acontece y se encuentra un golpe de arco en el metal base, se deberá inspeccionar y dado su nivel de criticidad, amolar (esmerilar) la parte efecto; otra solución es aplicar un corto, pero bien ejecutado cordón de soldadura sobre el área afectada y después amolarlo al ras del metal base: de esta manera se fundirá esta sección endurecida con el metal nuevo del cordón de soldadura eliminando las fisuras y diluyendo la martensita.

- Como otra solución es reemplazar la sección afectada por una pieza nueva, así se podrá eliminar en su totalidad toda la sección dañada y se evitaría cualquier fuga de gas a futuro.

### **3.11. Procedimiento de Reparación**

#### **3.11.1. Descripción**

Este procedimiento establece la metodología y requisitos operacionales que se emplearán para la ejecución de los trabajos de purga, abandono o reemplazo del niple dañado por un golpe de arco suscitado durante el procedimiento del Hot Tap.

#### **3.11.2. Reparación de la Red Primaria**

Antes de realizar un corte de la sección afectada por el golpe por el golpe arco, la empresa ejecutora deberá coordinar juntamente con YPFB, la purga del tramo a trabajar, consiguiendo así que dicho tramo del ducto esté libre de gas natural, para realizar el trabajo de reparación de la sección dañada. La inserción del niple o reemplazo de la sección afectada en la Red Primaria, esto se realizará mediante los siguientes pasos:

- El niple que será utilizado para la Interconexión a la Red Primaria, será probado hidrostáticamente con antelación. Dicha prueba se lo realizara durante el periodo de 1 hora a una presión no menor de 525 psi, es decir la presión de operación de la línea primaria por 1.5 veces.
- Una vez se tenga toda la tubería de Red Primaria evacuada del gas Natural, se realizará el corte en ambos extremos de la tubería DN 6", esto se realizará en una extensión de aproximadamente 2,5 metros de longitud.
- Los trabajos de soldadura, corte y biselado de tubería, se realizarán de acuerdo al procedimiento de Soldadura.
- Luego del corte a la tubería de Red Primaria DN 6", se procederá al acople del Niple para su alineación y posterior soldadura.



- Después de realizar el trabajo de soldadura, se procederá a la inspección visual de la soldadura por parte del Inspector de Soldadura Nivel II.
- Tan pronto sea aprobada la soldadura, se realizará el ensayo de Gammagrafía a dicha soldadura.
- Posterior a ello se procederá al recubrimiento del Niple insertado a la Red Primaria.
- Para todo el trabajo de corte de tubería se realizará la detección de gas natural.

Posterior a los trabajos realizados, para evitar mezclas peligrosas de gas y aire se procede a la inertización de la sección retirada de la línea primaria mediante la inyección de agua jabonosa.



## **CAPÍTULO IV: SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE**

### **4.1. Seguridad en el Diseño, Construcción y Reparación del Proyecto**

#### **4.1.1. Análisis Preliminar de Riesgo (APR)**

En OHSAS 18001, el Análisis Preliminar de Riesgos (APR) es un mecanismo de mucha utilidad en la detección y localización de riesgos. Puede decirse que es una herramienta básica de evaluación de riesgos que es utilizada por las organizaciones para analizar los riesgos de un proceso.

El APR se utiliza para un primer análisis «cualitativo» llevado a cabo durante el diseño y desarrollo de cualquier proceso, producto o sistema. La característica básica de la revisión inicial es que es de gran utilidad para revelar aquellos aspectos que a veces pasan desapercibidos en los sistemas de seguridad ya existentes.

Para la intervención de Hot Tap y reparación de tubería se ha realizado un análisis preliminar de riesgos mostrados en el anexo A y Anexo B.

#### **4.1.2. Medidas Preventivas**

##### **(1) Orden y limpieza**

El orden y la limpieza deben ser muy importantes durante la obra o proyecto a realizar. A continuación, presentamos unas directrices específicas para el proyecto, en este caso la modificación del INTERCONEXIÓN Y REPARACIÓN.

- Mantener limpio el área de trabajo, evitando que se acumule materiales de escombros y restos metálicos en los alrededores de nuestra área de trabajo.
- Recoger, limpiar y guardar en las zonas de almacenamiento las herramientas y útiles de trabajo, una vez que finaliza su uso.
- Limpiar y conservar correctamente las herramientas y equipos de trabajo, de acuerdo con los programas de mantenimiento establecidos.

- Reparar las herramientas averiadas o informar de la avería al supervisor correspondiente, evitando realizar pruebas si no se dispone la autorización correspondiente.
- No dejar objetos, materiales y equipos tirados por el suelo y evitar que se derramen líquidos.
- Colocar siempre los desechos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.

## **(2) Manejo de cargas**

El manejo de cargas es una actividad frecuente en los proyectos. Como norma de carácter general, siempre que sea posible, la manipulación de cargas se llevará a cabo con medios mecánicos adecuados y seguros. Además de evaluar el riesgo, deberán adoptarse las medidas apropiadas para realizar el trabajo de forma segura y se garantizará la adecuada vigilancia de la salud de los trabajadores afectados.

## **(3) Herramientas manuales**

La manipulación de herramientas tales como martillos, destornilladores, alicates, llaves diversas, etc., resulta habitual en los trabajos de interconexión de redes de gas, porque muchas de las operaciones que se realizan en dichas actividades sólo pueden llevarse a cabo de forma manual. Aunque aparentemente resulten inofensivas, cuando se usan de forma inadecuada llegan a provocar lesiones (heridas y contusiones, principalmente) que de modo ocasional revisten cierta consideración, tienen su origen en la manipulación de una herramienta manual.

De acuerdo con estas consideraciones, las recomendaciones generales para el correcto uso de las herramientas manuales, con el fin de evitar los accidentes que pueden originar son las siguientes:

- Conservación de las herramientas en buenas condiciones de uso.

- Utilización de las herramientas adecuadas a cada tipo de trabajo que se vaya a realizar.
- Entrenamiento apropiado de los trabajadores en el manejo de estos elementos de trabajo.
- Transportarlas de forma segura, protegiendo los filos y puntas y mantenerlas ordenadas, limpias y en buen estado, en el lugar destinado a tal fin.

#### **(4) Máquinas portátiles**

Las causas de los accidentes con este tipo de máquinas son muy similares a las indicadas para las herramientas manuales, es decir, deficiente calidad de la máquina; utilización inadecuada; falta de experiencia en el manejo, y mantenimiento insuficiente, si bien en las máquinas portátiles hay que añadir, además, las que se derivan de la fuente de energía que las mueve: eléctrica, neumática e hidráulica.

De acuerdo con estas consideraciones, las recomendaciones generales para el correcto uso de equipos portátiles, con el fin de evitar los accidentes que pueden originar son las siguientes:

- Conservación de los equipos portátiles en buenas condiciones de uso. Utilización de los equipos portátiles adecuados a cada tipo de trabajo que se vaya a realizar.
- Entrenamiento apropiado de los trabajadores en el manejo de estos equipos de trabajo.
- Transportarlas de forma segura, protegiendo los filos y puntas y mantenerlas ordenadas, limpias y en buen estado, en el lugar destinado a tal fin.

#### **(5) Almacenamiento y manipulación de productos químicos**

En la obra o proyecto se utilizarán pintura, aceites, tintas para inspección de soldaduras. Algunos de estos productos pueden ser peligrosos, clasificándose como nocivos,

fácilmente inflamables, irritantes, etc. Asimismo, para conseguir un almacenamiento en locales separados.

- Separación suficiente de los productos almacenados.
- Los productos deben transportarse en un contenedor anti derrames.
- Se deberá tener un kit anti derrames en el proyecto.
- Los productos deben tener su hoja de datos de seguridad.

#### **(6) Fichas de seguridad.**

Cuando sea necesario preparar instrucciones de trabajo para la correcta manipulación de productos químicos o siempre que se precise información sobre los productos disponibles en el almacén y en las áreas de trabajo en general, conviene recurrir a las llamadas fichas de seguridad. Por ello, la existencia de un inventario actualizado de los productos en uso permite llevar a cabo un estricto control de tales documentos que, a su vez, ofrecen la información necesaria para manipular adecuadamente los productos. Ejemplo ver Anexo E.

#### **(7) Gestión de residuos**

La generación de residuos se debe tratar adecuadamente. Se deben seguir las siguientes medidas:

- **Minimizar la generación de residuos en su origen.** Supone intervenir de modo preventivo, evitando que se lleguen a producir. Se debe actuar sobre el consumo, procurando utilizar únicamente la cantidad de producto requerida para el proyecto: a desarrollar.
- **Reciclado.** Pretende reutilizar el residuo generado, en el mismo o en otro proceso, en calidad de materia prima.

- **Eliminación segura de los residuos no recuperables.** Debe llevarse a cabo siguiendo las indicaciones de la ficha de seguridad o, en caso de duda, de las indicaciones del fabricante y siempre a través de un gestor autorizado. Como paso previo a la eliminación es esencial que los residuos se clasifiquen, segreguen y depositen en contenedores apropiados.

### **(8) Soldadura por arco eléctrico**

En este tipo de soldadura, la fuente de calor proviene del arco eléctrico que se produce al aproximar dos elementos metálicos en tensión. Las medidas preventivas a tomar evitar riesgos son las siguientes:

#### **I. Manejo y transporte del equipo**

- Todos los conductores, tanto los de alimentación eléctrica al grupo, como los de soldadura, deberán estar protegidos durante su transporte o utilización, contra posibles daños mecánicos.
- Los cables de conexión a la red, así como los de soldadura, deben enrollarse para ser transportados y nunca se tirará de ellos para mover la máquina. Si se observa algún cable o elemento dañado deberá notificarse y repararse de modo inmediato, no debiendo ser utilizado bajo ningún concepto.

#### **II. Conexión segura del equipo a soldar**

- Los bornes de conexión de los circuitos de alimentación deberán estar aislados y protegidos. Asimismo, la superficie exterior de la porta electrodos deberá estar aislada en la zona de contacto con la mano.
- La pinza de masa o retorno deberá estar rígidamente fijada a la pieza a soldar, debiendo minimizarse la distancia entre el punto a soldar y la citada pinza.

- No utilizar nunca las estructuras metálicas de los edificios, tuberías, etc., como conductores de retorno, cuando éstos no sean la pieza a soldar.

### **III. Equipos de protección individual**

Para soldar al arco, el equipo de protección personal estará compuesto por los siguientes elementos:

- Mascara de protección de cara y ojos.
- Guantes largos de cuero.
- Mandil de cuero.
- Polainas de cuero
- Calzado de seguridad aislante.

#### **4.1.3. Plan de Emergencia para la Actividad Obra o Proyecto**

Un Plan de emergencia debe establecer las acciones de combate de incendios, explosión, emergencias, derrames, desastres naturales con el objetivo de minimizar sus efectos y consecuencias.

##### **(1) Análisis de riesgos**

Riesgo se define como el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un evento no deseado con una determinada severidad o consecuencia en la seguridad, salud, medio ambiente y/o bienestar público.

Para una adecuada evaluación se debe considerar la naturaleza del riesgo, su facilidad de acceso o vía de contacto (posibilidad de exposición), las características del sector y/o población expuesta (receptor), la posibilidad de que ocurra y la magnitud de exposición y sus consecuencias, para de esta manera definir medidas que permitan minimizar los impactos que se puedan generar. Dentro de este análisis se deben identificar los peligros

asociados con los riesgos mencionados, entendiendo a estos peligros como el potencial de causar daño.

Una vez identificadas las amenazas o posibles aspectos iniciadores de eventos, se realizó la estimación de su probabilidad de ocurrencia, en función a las características particulares de la empresa, y se realizó la estimación de la severidad de las consecuencias sobre los denominados factores de vulnerabilidad que podrían resultar afectados (personas, medio ambiente, bienes e imagen empresarial). Finalmente, se realizó el cálculo o asignación del nivel de riesgo y, en función a su aceptabilidad, se determinó el nivel de planificación.

**Fallas en la Estación de Regulación y la Red de gas:** Las fugas se pueden presentar por procedimientos operacionales inadecuados, errores humanos o accidentes y daños, deterioro, o acción de terceros que provoquen la rotura total o parcial.

**Inadecuado Establecimiento de Medidas de Seguridad y Señalización:** Falta de políticas en el tema de la Seguridad Industrial y/o control y seguimiento de las mismas, la afectación de terceros (contratistas y otros).

**Explosiones e Incendios:** Un incendio se define como un fuego incontrolado o un proceso de combustión sobre el cual se ha perdido el control. Los incendios se pueden clasificar en: conato o amago (para incendios incipientes) y declarado (para fuegos en pleno desarrollo). La explosión por su parte es una combustión súbita y violenta, con altos niveles de presión. Este tipo de amenaza en los frentes de trabajo durante la construcción o durante la operación, puede ser provocada tanto por factores endógenos como por exógenos de acuerdo con las siguientes causas:

- Chispa, fuente de calor o de ignición en presencia de atmósferas combustibles o explosivas.
- Incendio provocado por procedimientos inadecuados durante las operaciones con equipos y maquinaria.



- Corto circuito en instalaciones y conexiones eléctricas de equipos o instalaciones.
- Errores humanos o accidentes.
- Quemaduras provocadas y sin control durante el Chaqueo
- Fenómenos naturales (tormentas).
- Acción de terceros (atentados o sabotaje).

#### 4.1.4. Equipos de Primero Auxilios

**Figura 24.** Detalle de equipamiento para primeros auxilios (EPA – 003)



**Fuente:** Primeros auxilios

#### ¿Qué es un botiquín de primeros auxilios?

Para empezar, un botiquín de primeros auxilios es un contenedor en el que se almacenan las principales herramientas necesarias en caso de una emergencia. Debe contener los elementos básicos para prestar los primeros auxilios en caso de necesitarlos. Piensa en qué necesitarías en caso de una caída, una cortadura, un raspón y escálalo hasta algún

escenario en donde requieras de algún cuidado paliativo en caso de necesitar acudir a un hospital.

#### 4.1.5. Equipos de Combate Contra Incendios

**TABLA 12.** Detalle de equipos básicos contraincendios











<p><b>EXTINTOR</b></p> <p>Un extintor es un recipiente metálico compuesto de acero al carbono dentro del cual hay un agente con propiedades extintoras, el cual se encuentra comprimido. Mediante una válvula instalada en el envase del extintor, se puede hacer que dicho agente se “descomprima” y salga por una boquilla, que se debe dirigir a la base del fuego para poder extinguir el incendio.</p> <p><b>Datos:</b></p> <p><b>Fecha de control inicial: Dic – 2021</b></p> <p><b>Fecha de control final: Dic - 2022</b></p>	
<p><b>Pulaski o Acha</b></p> <p>El pulaski tiene una hoja de hacha de un lado y una hoja estrecha de excavación de zanjas en el otro, montadas en un mango recto. Es útil para arrancar hierbas, excavar zanjas y cortar cuando se crean líneas de fuego</p>	
<p><b>Manguera</b></p> <p>Una manguera es un modo coloquial de llamar al tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Algunos usos de las mangueras incluyen los siguientes: Una manguera de jardín es usada para regar las plantas en un jardín o patio, o para proporcionar agua a un rociador para el mismo propósito.</p>	
<p><b>Balde</b></p> <p>Recipiente de forma aproximadamente cilíndrica, un poco más ancho por la boca que por el fondo, y con un asa en el borde superior para poder agarrarlo.</p>	

**Fuente:** Elaboración propia

Clases de agentes extintores:

- Agua.
- Espuma.
- Polvo químico.
- Anhídrido carbónico (dióxido de carbono).
- Sustitutos de halón hidrocarburos halogenados (halones).
- Para fuego de metales.

**Figura 25.** Tipos de agente extintor

Clase de Fuego			Agua	Espuma	CO <sub>2</sub>	Polvo Químico	Haloclean Inergen	Polvos especiales	Acetato de Potasio
		Combustibles sólidos	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO
		Combustibles líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
		Instalaciones eléctricas bajo tensión	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
		Metales combustibles	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
		Fuegos de aceites vegetales y grasas animales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI

**Fuente:** Equipos antincendios mínimo

#### **4.1.6. Plan de Evacuación**

Evacuar las instalaciones, significa trasladar a un lugar seguro (punto de reunión), a todo el personal expuestos a los riesgos inherentes a una emergencia, de forma planificada. Se especificará la ruta de escape el punto de reunión, ubicación de extintores, y botiquines considerando los peligros y riesgos. En caso de ser necesario la evacuación del personal por incendio, accidente, realizar lo siguiente:

- No pierda el tiempo recogiendo sus objetos personales
- No corra en ningún momento, evacue el lugar con cuidado, pero rápidamente y sin gritar
- Camine hacia el punto de encuentro
- En el punto de repórtese al encargado de seguridad industrial

#### **4.1.7. Procedimientos de Emergencia**

##### **(1) procedimiento de evacuación**

- Comenzar a evacuar de acuerdo al plano de evacuación, en forma ordenada.
- Ubicarse en el punto de reunión o sitio alternativo en caso de amenaza, según decisión del Jefe de Brigada.
- En caso de duda sobre si alguien logro o no salir, notificar al Jefe de Brigada.
- Esperar a que el Jefe de Brigada o la autoridad Competente determine que ha pasado el peligro y notificarlo a los trabajadores y dé la orden de reingreso.
- Si la emergencia es considerada grave por parte de quien esté a cargo de la misma, recibir instrucciones para que el grupo se disuelva.

## **(2) Procedimientos de emergencia durante un incendio**

Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección necesario. Bloquee las válvulas que alimentan la fuga mediante la activación de los pulsadores de emergencia y/o interruptores de corte general, luego proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

### **Fuga en espacios abiertos:**

- Respuesta en Caso de Fuga
- Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga.
- El gas natural se disipará fácilmente.
- Tenga presente la dirección del viento.

### **Fuga en espacios cerrados:**

Elimine precavidamente las fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

## **(3) Procedimientos de emergencia durante una explosión**

Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techos se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

El gas natural o metano es más ligero que el aire y, por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Evitar fuentes de ignición, chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas son las fuentes de ignición más comunes (interruptores, tomacorrientes, etc.).

Verificar anticipadamente por medio de pruebas e inspección de las instalaciones, si éstas se encuentren en óptimas condiciones (construcción y mantenimiento):


- Detectores de mezclas explosivas, y humo con alarmas audibles y visuales.
- Válvulas de corte manual con accionamiento remoto (Válvulas servo comandadas).
- Redes de agua contra incendio operativas (hidrantes).
- Extintores portátiles operativos.

#### 4.1.8. Permisos de Trabajo

Es un mecanismo documentado que permite verificar y controlar todos los aspectos de seguridad que se deben tener en cuenta antes y durante la ejecución de trabajos de alto riesgo, con el fin de prevenir la ocurrencia de accidentes e incidentes. Los ejemplos serán mostrados en el anexo C y Anexo D.

#### 4.1.9. Números Telefónicos de Emergencia

**TABLA 13.** Números telefónicos de entidades de emergencia externas

<b>Emergencia Bolivia - Número de Teléfono de Emergencias y Urgencias</b>	
911 Servicio de Emergencia	
110 Radio Patrulla (Radio Patrullas)	
111 Organismo Operativo de Transito	
112 SAR - Voluntariado de Salvamento y Rescate	
114 Reten de Emergencia	
115 Diprove - Dirección de Prevención de Robo de Vehículos	
116 FELCC Fuerza especial de lucha contra el crimen	
119 Bomberos	
120 PAC Policía Nacional	
128 SAR - Búsqueda y Salvamento	

132 Voluntariado de Salvamento y Rescate (SAR)
156 Defensoría de la niñez y Juventud
160 Emergencias Medicas
<b>Seguridad Ciudadana</b>
165 Red de ambulancias
138 Servicio Nacional De Búsqueda
222-7818 - 222-6936 Cruz Roja Boliviana
Tránsito La Paz - 2371224
Tránsito El Alto - 2810359
Tránsito Central Accidentes - 2371230
Tránsito Zona Sur - 2785506
Accidentes El Alto - 2840202
FELCC La Paz - 2285384
FELCC El Alto - 2812885
FELCC Zona Sur - 2784040
<b>Servicios de Emergencia</b>
Hospital La Paz - 2454421
Hospital de Clínicas - 2229180
Hospital de la Mujer - 2240096
Hospital Obrero - 2245518
Hospital Materno Infantil - 2223641
Hospital del Niño - 224-5076 2245145 2245211
<b>Servicios Básicos en Bolivia</b>
EPSAS - 2211222
DELAPAZ - 2 2222200
Banco Sangre - 2203316
SOS Animales - 2308080

**Fuente:** Contactos nacionales

## **4.2. Impacto Ambiental**

### **4.2.1. Impacto Ambiental del Método de Hot Tap**

A continuación, se listan algunos ejemplos de impactos que pueden producirse durante la intervención Hot Tap y Reparación de red primaria incluyendo todas las operaciones que ésta engloba:

- Erosión del suelo.
- Emisión al aire de gases de las máquinas.
- Generación de ruidos en el entorno.
- Tránsito de máquinas enturbia las aguas de los ríos.
- Animales muertos por los trabajos, ejemplo: caen en pozos que quedan abiertos, se meten dentro de caños, se lastiman con restos de metales que quedaron tirados, etc.
- Vegetación baja pisada por las máquinas.
- Conexión eléctrica obliga a la construcción de postes de electricidad que lleguen hasta la zona.
- Generación de residuos orgánicos.
- Generación de residuos industriales.
- Compactación excesiva del terreno por el paso de máquinas pesadas.
- Contaminación de cursos de agua.
- Mezcla de suelos no permite o dificulta el crecimiento de pasto en el futuro.
- Contaminación de napas.
- Derrames de sustancias contaminantes en suelos.
- Deterioro de los caminos públicos y tranqueras.
- Disposición incorrecta del agua luego de realizar la prueba hidráulica.
- Generación de fuentes de trabajo.
- Altera a veces las condiciones sociales.



La lista puede variar en más o en menos. Ello depende de las características de la obra. Para tener ahora ejemplos de la relación entre las acciones del hombre en la intervención Hot Tap y Reparación de red primaria de gas natural sobre los parámetros que caracterizan a la Calidad Ambiental, se compone el siguiente cuadro para su apreciación. Recuerde que los impactos pueden ser negativos o positivos. Ver tabla 14:

**TABLA 14.** Impactos ambientales

<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>
<b>Nivelación Del Terreno</b>	Mezcla capas de suelo Tala de árboles Varía la irrigación natural del terreno
<b>Transporte – Transito de Maquinas</b>	Alteración de la calidad fisicoquímica del agua Alteración de la calidad del suelo Compactación Empobrecimiento de la calidad del aire Generación de ruidos molestos Paso de máquinas por ríos los enturbia, puede provocar la muerte de peces, puede desviar el cauce, etc. Deterioro de caminos públicos, campos, tranqueras, sembrados, etc. Detrimento de fauna Incremento del tránsito en rutas
<b>Instalación de Obrador</b>	Nivelación del suelo Erosión del suelo Contaminación de ríos y napas Cloacas de desagües sanitarios y de agua utilizada en la cocina contaminan suelos y se puede mezclar con agua de lluvia Residuos patógenos de la enfermería Construcción de drenajes desvía los cursos de agua de su canalización natural Afecta la hidrografía existente Desvío de ríos puede provocar inundaciones
<b>Acopio de Cañerías</b>	Erosión del suelo Compactación

	<p>Elimina el hábitat natural de las especies</p> <p>Destrucción de vegetación</p> <p>Destrucción de cultivos</p> <p>Alteración del paisaje</p>
<b>Acopio y Manipuleo De Combustibles</b>	<p>Derrames en suelo</p> <p>Derrames en cursos de agua</p> <p>Compactación del suelo</p> <p>Peligros de incendios/ accidentes</p> <p>Contaminación del aire</p>
<b>Zanjeo, Excavaciones, Movimientos de tierra en general</b>	<p>Erosión del Suelo</p> <p>Afecta al Paisaje</p> <p>Genera ruidos</p> <p>Caminos de acceso generan tránsito de vehículos en zonas donde no eran accesibles.</p> <p>Paso de máquinas por rías los enturbia, puede provocar la muerte de peces, desviar el cauce, etc.</p> <p>Mezclado de suelos genera empobrecimiento de la calidad de la tierra para el cultivo</p> <p>Animales mueren debido al trabajo de las máquinas, residuos cortantes, etc.</p> <p>Compactación excesiva del terreno cercano a la pista</p> <p>Deterioro de caminos públicos, campos, tranqueras, sembrados, etc.</p> <p>Contaminación de napas</p> <p>Emisión de gases</p> <p>Piedras removidas del suelo puedan en la superficie</p>
<b>Soldadura</b>	<p>Restos de electrodos</p> <p>Emisiones de vapores de electrodos</p> <p>Quema de Vegetación</p>
<b>Prueba Hidráulica – Neumática</b>	<p>Contaminación de ríos y napas</p> <p>Disminución del caudal de los ríos</p> <p>Remoción del fondo del río variando la composición del agua, puede provocar la muerte de peces, etc. Disposición final del agua utilizada puede afectar el terreno, la vegetación, animales, campos, etc.</p>
<b>Gammagrafía</b>	<p>Fugas radioactivas al medio ambiente</p>

	<p>Disposición del material contaminado con radiaciones</p> <p>Construcción de un lugar apropiado para su almacenamiento</p>
<b>Aplicación del Revestimiento</b>	<p>Compactación del suelo</p> <p>Generación de residuos plásticos</p> <p>Emisiones gaseosas</p> <p>Ruidos</p> <p>Daño a la vegetación</p>
<b>Bajada</b>	<p>Compactación del terreno</p> <p>Erosión del suelo</p> <p>Genera Ruidos</p> <p>Paso de máquinas contamina ríos</p> <p>Arboles dañados</p> <p>Vegetación baja pisada por máquinas</p>
<b>Empalmes</b>	Suelo, Emisión de gases
<b>Tapada</b>	<p>Mezcla de las capas de suelo imposibilita el crecimiento de nueva vegetación</p> <p>Mala tapada, o tapada sin correcta compactación, crea hundimiento del terreno (deflación),</p> <p>Erosión del suelo</p> <p>Mala nivelación imposibilita el drenaje a los ríos de la forma en que drenaban antes</p> <p>Desviación del curso de los ríos</p> <p>Emisión de gases de las máquinas</p> <p>Genera ruidos</p> <p>Cambio del hábitat de animales pequeños (ej.: roedores, reptiles, etc.)</p> <p>Excesivo coronamiento interfiere en el drenaje natural</p>
<b>Llenado</b>	<p>Altas temperaturas cambian la composición física y química del terreno, lo que puede provocar cambio en la vegetación.</p> <p>Fugas de gas contaminan el aire</p>

**Fuente:** Manual de Supervisión de Red Primaria- TEDUC – YPFB

## Recomendaciones:

- Mantenga limpia su área de trabajo
- Colabore en el cuidado de los arboles
- No espante a los animales domésticos
- No cace los animales silvestres
- Si encuentra algún animal muerto en la obra, denúncielo a su supervisor
- Deposite los residuos en el lugar indicado
- Evite ensuciar los cursos de agua
- Evite enturbiar las aguas de riachos, ríos o cualquier curso de agua
- Haga uso de los sanitarios dispuestos en la obra
- Evite provocar incendio
- Denuncie toda acción que a su criterio provocará daños al ambiente
- Preste atención a las señales de prevención
- Preste su ayuda en la conservación de los recursos naturales
- Colabore para evitar la caída de combustibles y lubricantes en cuerpos de agua
- No lave equipos vehículos o cualquier otra herramienta en nachos o ríos
- Familiarícese con las respuestas a emergencias previstas
- No utilice ramas de árboles para estacas u otro destino
- Solicite y tenga a mano la cartilla de cuidado del ambiente
- Tenga trato amable con los residentes de la zona donde trabaja
- Mantenga tranqueras y alambrados en las condiciones que los encuentran
- Solicite ser capacitado en aspectos de cuidado del medio ambiente
- Cuide los avisos y carteles de protección del ambiente
- Recuerde que cada uno tiene derecho a recibir información sobre el cuidado de los recursos naturales.

## CAPÍTULO V: APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PROYECTO

### 5.1. Ingeniería del HOT TAP

La ingeniería para la interconexión a la red Primaria, establece los cálculos, dimensionamiento, metodología y requisitos operacionales que se emplearán para la ejecución de los trabajos de Interconexión a la Red Primaria de Gas, asegurando la calidad de la construcción.

#### 5.1.1. Parámetros de Diseño de Tuberías

Antes de iniciar los trabajos se deberá de disponer la siguiente información y datos del ducto en operación donde se ejecutará la operación Hot tap.

a) Datos del ducto principal en operación donde se ejecutará el hot tap

**TABLA 15.** Datos de la red Primaria

VARIABLES	VALORES
Propietario de la línea	YPFB Redes de gas
Diámetro externo de la cañería	6,625 plg
Diámetro interno de la cañería	6,065 plg
Espesor de pared	0,280 plg
Especificación de la cañería	API 5L Gr B SCH 40
MAOP del ducto	560 psi

**Fuente:** Información técnica de YPFB

b) Datos de Ramal:

**TABLA 16.** Datos del ramal para su diseño

VARIABLES	VALORES
Propietario de la línea	Industria Sofía
Diámetro externo de la cañería	2,375 plg
Diámetro interno de la cañería	2,067 plg
Espesor de pared	0,154 plg
Especificación de la cañería	API 5L Gr B SCH 40

Fuente: Información técnica de la empresa

c) Datos de la válvula utilizada para la ejecución del Hot Tap

**TABLA 17.** Modelo de datos de la válvula

VARIABLES	VALORES
Diámetro de la Válvula	2 plg
Especificación	ANSI B16.34
Marca	•
ANSI	300

Fuente: Información técnica de la empresa

### 5.1.2. Ingeniería Para la Soldadura de Interconexión de Ramal Según ASME B31.8

**TABLA 18.** Datos de la línea principal cabezal y ramal

DATOS CABEZAL	DATOS RAMAL
DN = 6,625 plg	DN = 2,375 plg
Espesor (H) = 0,280 plg	Espesor (B) = 0,154 plg
GRADO = 35500 psi (Anexo 1)	GRADO = 35500 psi (Anexo 1)

PRESIÓN DE LINEA = **560 psig**

CLASE DE LOCACIÓN = **CLASE 3**

FACTOR DE DISEÑO (F) = **0,5**

FACTOR DE JUNTA (E) = **1,00**

FACTOR DE TEMPERATURA (T) = **1,00**

Fuente: Información técnica de la empresa

**a) Cabezal Principal**

- **Espesor Nominal requerido**

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

$$t = \frac{560 \text{ psi} * 6,625 \text{ plg}}{2 * 35.500 \text{ psi} * 0,50 * 1,00 * 1,00}$$

$$t = 0,104 \text{ plg}$$

- **Exceso de espesor de pared en el Cabezal Principal**

$$H - t = 0,280 - 0,104$$

$$H - t = 0,176 \text{ plg}$$

**b) RAMAL: Espesor mínimo requerido**

$$t_b = \frac{P * D}{2 * S * F * E * T}$$

$$t_b = \frac{560 \text{ psi} * 2,375 \text{ plg}}{2 * 35.500 \text{ psi} * 0,50 * 1,00 * 1,00}$$

$$t = 0,037 \text{ plg}$$

- **Exceso de espesor de pared del Ramal**

$$B - t_b = 0,154 - 0,037$$

$$B - t_b = 0,117 \text{ plg}$$

- **d = diámetro interno de apertura**

$$d = 2,375 - 2 * 0,154$$

$$d = 2,067 \text{ plg}$$

- **Refuerzo Requerido**

$$A_R = d * t$$

$$A_R = 2,067 \text{ plg} * 0,104 \text{ plg}$$

$$A_R = 0,215 \text{ plg}^2$$

- **Refuerzo entregado por el cabezal**

$$A_1 = (H - t) * d$$

$$A_1 = (0,280 - 0,104) \text{ plg} * 2,067 \text{ plg}$$

$$A_1 = 0,364 \text{ plg}^2$$

- **Área Efectiva en la Salida del Ramal**

$$\text{Height } L = 2 \frac{1}{2} * B + M \left( \text{assume } \frac{1}{4} \text{ in pad} \right)$$

$$\text{Height } L = 2 \frac{1}{2} * 0,154 + 0,25$$



$$\text{Height } L = 0.635 \text{ plg}^2$$

Or

$$L = 2 \frac{1}{2} * H$$

$$L = 2,5 * 0,280 \text{ plg} \Rightarrow L = 0,7 \text{ plg}$$

- **Hallando el área A2 (Ver figura 32)**

$$A_2 = 2 * (B - t_b) * L$$

$$A_2 = 2 * (0,154 - 0,037) * 0,7$$

$$A_2 = 0,158 \text{ plg}^2$$

Esta cifra debe multiplicarse por:

$$\frac{35.500 \text{ Grado de la tubería (RAMAL)}}{35.500 \text{ Grado de la tubería (CABEZAL)}}$$

$$A'_2 = \frac{35.500}{35.500} * 0,158 \text{ plg}^2 \Rightarrow A'_2 = 0,158 \text{ plg}^2$$

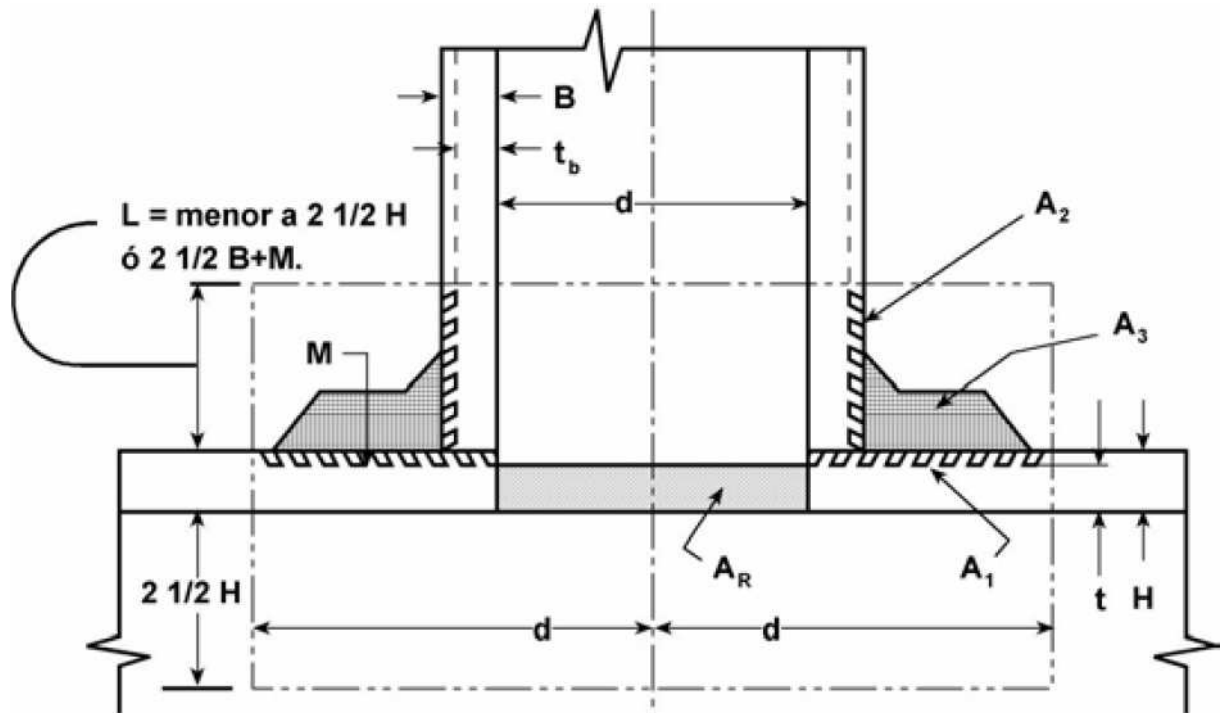
- **Área Requerida para Soldadura**

$$A_3 = A_R - A_1 - A'_2$$

$$A_3 = 0,215 \text{ plg}^2 - 0,364 \text{ plg}^2 - 0,158 \text{ plg}^2$$

$$A_3 = -0,307 \text{ plg}^2$$

**Figura 26.** Reglas para el refuerzo de las conexiones de ramales soldados



Área de refuerzo señalada con las líneas

Área de refuerzo requerida  $A_R = dt$

Área disponible como refuerzo =  $A_1 + A_2 + A_3$

$A_1 = (H-t)(d)$  (Si el valor es negativo úsese cero como valor de  $A_1$ )

$A_2 = 2(B - t_b)t$

$A_3 =$  suma de las áreas de todos los refuerzos añadidos, incluyendo las áreas de soldadura que quedan dentro del área de refuerzo

$A_1 + A_2 + A_3$  debe ser igual o mayor que  $A_R$ ,

donde

$B =$  espesor nominal de pared del ramal

$H =$  espesor nominal de pared de la línea

$M =$  espesor real (por medición) o nominal del refuerzo añadido

$d =$  el valor mayor entre la longitud de la abertura acabada en la pared de la línea, medida paralela al eje del tramo en el diámetro interior de la conexión del ramal

$t =$  espesor de pared nominal requerido de la línea (bajo la sección apropiada del Código)

$t_b =$  espesor nominal de pared requerido del ramal (bajo la sección apropiada del Código)

**Fuente:** Norma ASME B 31.8

### 5.1.3. Requerimientos Especiales para la Soldadura en Servicio según ASME B31.8

- El miembro de la soldadura de refuerzo deberá ser del tipo círculo completo.
- Se recomienda que las piernas de filete de soldadura de los miembros de refuerzo no excedan el espesor del cabezal principal.
- Todas las soldaduras que unen el cabezal la ramificación y el miembro de refuerzo deben ser equivalentes a las mostradas en las Fig. 33,34 y 35 del código ASME B31.8.
- El refuerzo puede ser de algún tipo que conozco los requerimientos del párrafo B31.4.1 del código ASME B31.8, este se indicó en el punto 6.3 de este procedimiento.
- Se toma en cuenta la tabla 19 del Código ASME B31.8 Ed 2020

**TABLA 19.** Refuerzo de conexiones de Ramal soldadas, Requerimientos especiales  
(Table 831.4.2-1)

Ratio of Design Hoop Stress to Minimum Specified Yield Strength in the Header		Ratio of Nominal Branch Diameter to Nominal Header Diameter		
		25% or Less	More Than 25% Through 50%	More Than 50%
20% or less	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h) and 831.4.2(j)	
More than 20% through 50%	See paras. 831.4.2(d), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(i) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)	
More than 50%	See paras. 831.4.2(c), 831.4.2(d), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(b), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(a), 831.4.2(e), 831.4.2(f), and 831.4.2(j)	

**Fuente:** ASME B31.8

- Se determina la tensión de Aro para el ducto cabezal DN 6".

$$P = \frac{2 * S * t}{D_1}$$

Despejando S:

$$S = \frac{P * D_1}{2 * t}$$

P = Presión de Operación del ducto = 520 psi

D<sub>1</sub> = Diámetro del ducto = 6,625"

D<sub>2</sub> = Diámetro del ramal = 2,375

t = Espesor del ducto = 0,280"

S<sub>1</sub> = SMYS del ducto = 35.500 psi

S = Tensión de Aro

$$S = \frac{P * D_1}{2 * t}$$

$$S = \frac{560 \text{ psi} * 6,625 \text{ plg}}{2 * 0,280 \text{ plg}}$$

$$S = 6.635 \text{ psi}$$

Hallando el RATIO de diseño:

$$\text{Ratio} = \frac{S_1}{S} = \frac{6.625}{35.500} * 100\%$$

$$\text{Ratio} = 18,66 \%$$

Hallando el Ratio por diámetros:

$$\text{Ratio} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{2,375}{6,625} * 100\%$$

$$\text{Ratio} = 35,84\%$$

Con estos datos entramos a la tabla mencionada

**Table 831.4.2-1 Reinforcement of Welded Branch Connections, Special Requirements**

Ratio of Design Hoop Stress to Minimum Specified Yield Strength in the Header	Ratio of Nominal Branch Diameter to Nominal Header Diameter		
	25% or Less	More Than 25% Through 50%	More Than 50%
20% or less	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(g) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h) and 831.4.2(j)
More than 20% through 50%	See paras. 831.4.2(d), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(i) and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(h), 831.4.2(i), and 831.4.2(j)
More than 50%	See paras. 831.4.2(c), 831.4.2(d), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(b), 831.4.2(e), and 831.4.2(j)	See paras. 831.4.2(a), 831.4.2(e), 831.4.2(f), and 831.4.2(j)

Según lo mencionado en la tabla, se toma en cuenta los requerimientos de los puntos B31.4.2 (g) y B31.4.2 (j) del ASME B31.8, los cuales nos indican los siguientes:

**g)** El refuerzo de las aberturas no es obligatorio; sin embargo, puede ser necesario para casos especiales que impliquen presiones superiores a 690 kPa (100 psig), tuberías de pared delgada o cargas externas severas.

**(j)** Para los accesorios de derivación en caliente o de taponamiento de configuraciones tipo T (véase la figura 33), en los que el manguito de refuerzo está presurizado y es más grueso que el cabezal, y la aplicación da lugar a una carga adicional como la de los equipos de derivación en caliente y de taponamiento, se aplican los siguientes requisitos

**(1)** La dimensión mínima de la pata de la soldadura en ángulo en los extremos del manguito será de  $1,0t$  más la holgura observada o medida entre el interior del accesorio y el exterior de la tubería en el momento de la instalación, siendo  $t$  el espesor real de la pared de la tubería. Esto dará como resultado una garganta de soldadura efectiva mínima de  $0,7t$ .

**(2)** La dimensión máxima de la pata de las soldaduras de filete del extremo será de  $1,4t$  más el espacio observado o medido entre el interior del accesorio y el exterior de la tubería

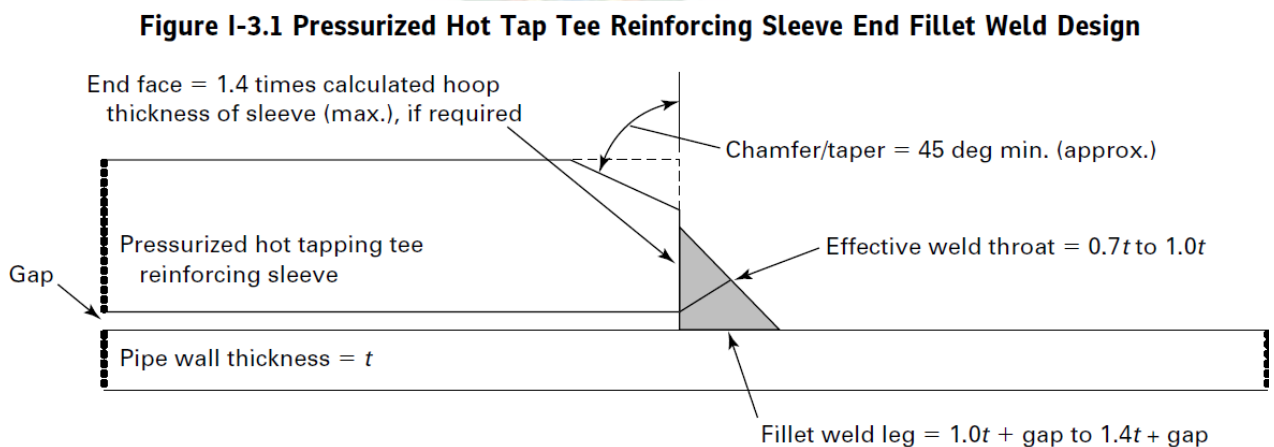
en la instalación, lo que dará como resultado una garganta de soldadura efectiva que no excederá de  $1,0t$ .

(3) Si es necesario, los accesorios deberán ser cónicos, biselados o achaflanados en sus extremos hasta un ángulo mínimo aproximado de 45 grados (con respecto a la cara del extremo). La conicidad, el biselado o el achaflanado deben proporcionar al menos una cara nominal para acomodar la soldadura de filete, pero la dimensión de la cara no debe exceder de 1,4 veces el espesor calculado requerido para cumplir con el esfuerzo de aro máximo del manguito presurizado. No es necesario que el tramo del filete depositado en la cara del extremo se lleve a cabo completamente hasta el hombro de la cara si al hacerlo se produce una soldadura de filete sobredimensionada.

(4) Dado que cada instalación puede ser única, la conicidad o el chaflán serán responsabilidad del usuario o, en su defecto, por acuerdo entre el usuario y el fabricante.

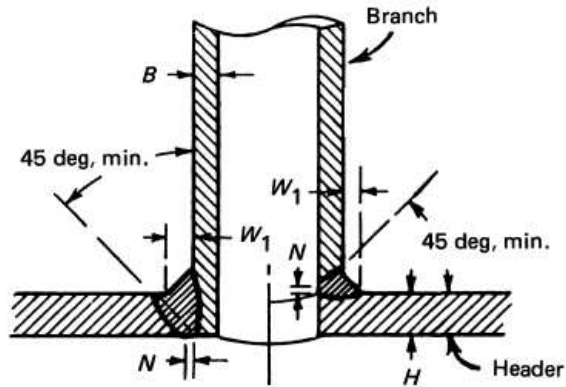
Por tanto, según el inciso (j) la soldadura se realizará en base a la siguiente figura, que se muestran a continuación:

**Figura 27.** Diseño de soldadura de filete en el extremo del mango de refuerzo en Hot Tap Tee presurizado



**Fuente:** ASME B31.8

**Figura 28.** Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo que no sean las de los muros de cabecera y ramales



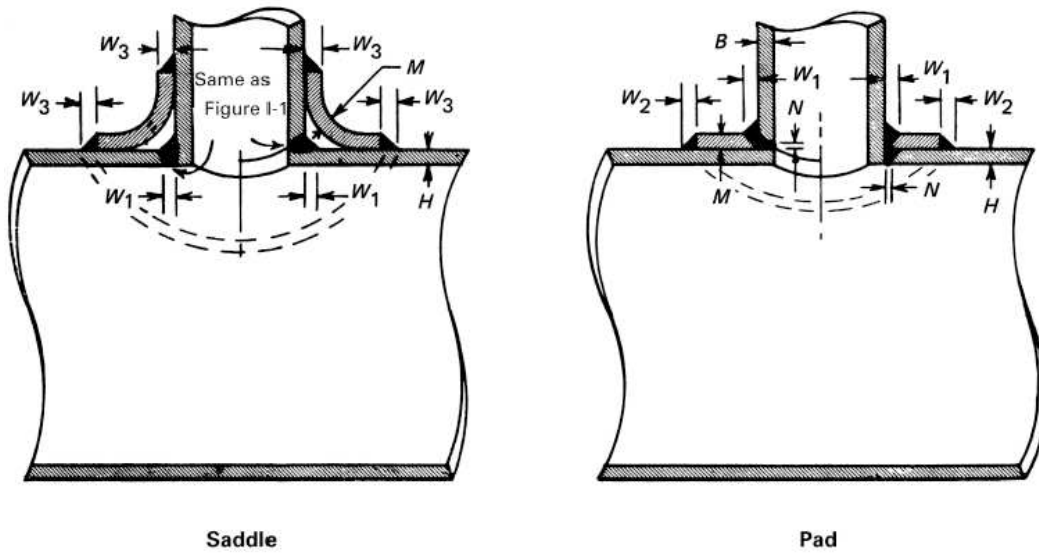
**GENERAL NOTES:**

- (a) When a welding saddle is used, it shall be inserted over this type of connection.
- (b)  $W_1 = 3B/8$ , but not less than  $1/4$  in. (6.35 mm).
- (c)  $N = 1/16$  in. (1.59 mm) min.,  $1/8$  in. (3.18 mm) max., unless back welded or backing strip is used.

**Fuente:** ASME B31.8

**Figura 29.** Detalles de soldadura para aberturas sin refuerzo que no sean las de los muros de cabecera y ramales

**Figure I-2 Welding Details for Openings With Localized-Type Reinforcement**



**Fuente:** ASME B31.8

## **5.2. Procedimiento de Interconexión a la Red Primaria**

Técnica de ajuste mecánicamente o soldadura de ramal para un tubería o equipo en servicio, la creación de una apertura en la tubería o equipo por perforación o cortando una porción de la tubería o equipo dentro el ajusta del accesorio. El API RP 2201 (Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical Industries). Cubre los aspectos de seguridad a ser considerados antes, después y durante el Hot Tap en tuberías de servicio. Esto prevé:

- Una revisión de potencial Hot Tap basado en la experiencia de la industria.

Se tomará en cuenta las siguientes direcciones:

- Se tendrá las debidas precauciones contra peligros tales como cables, líneas muertas.
- Se usará los respectivos EPP's, para la protección de la cara, ojos, pies y manos.
- Protección de peligros eléctricos provenientes de las máquinas de soldadura o áreas eléctricas.

### **5.2.1. Descripción**

- Antes de iniciar la soldadura del Hot Tap, el procedimiento de soldadura en servicio, debe ser calificado por ensayos mecánicos de acuerdo al Anexo B del API 1104 Ed 2013, Código ASME B31.8 Ed 2020 y según Practica Recomendada API RP 2201.
- La calificación de soldadores debe estar de acuerdo con el procedimiento de soldadura WPS según la norma API 1104 (Anexo B), para soldadura de fittings y ensambles prefabricados se requiere una calificación múltiple.
- El personal de END (Ensayos No Destructivos), realizara la inspección de espesor de tubería. Para esta actividad se usará el equipo de medidor de espesores, el cual contará con su certificado de calibración.



- El procedimiento de inspección no destructiva deberá estar de acuerdo con la norma API 1104 Ed 2013 y t\Pi RP 2201.
- La inspección visual dimensional, será de acuerdo a la norma API 1104 Ed 2013.
- Personal calificado de la empresa realizara el montaje de la válvula de servicio.
- Personal calificado realizará la prueba hidrostática del niple, el cual se soldará a la Red Primaria

### **5.2.2. Soldadura y Consideraciones Metalúrgicas del Hot Tap**

Las dos preocupaciones principales al soldar en tuberías en servicio y equipos son el quemón y el agrietado. Quemones ocurrirá si el área sin fundir debajo del baño de soldadura ya no puede contener la presión dentro de la tubería o equipo.

El agrietamiento de la soldadura se produce cuando se producen velocidades de enfriamiento rápidas produciendo una microestructura de soldadura dura y susceptible a las fisuras. Rápidas velocidades de enfriamiento pueden deberse a que el contenido flujo dentro tuberías y equipos que eliminan el calor rápidamente.

Se debe considerar la evaluación de la transferencia de calor durante la soldadura para determinar la entrada de calor y la soldadura relacionada variables para evitar el sobrecalentamiento y quemaduras de las tuberías o equipos en servicio. Además, consideración debe darse para evaluar la velocidad de enfriamiento esperada de la soldadura para determinar las entradas de calor necesarias para producir soldaduras (y zonas afectadas por el calor) que estén libres de grietas.

Para minimizar el riesgo de quemón en la soldadura, el espesor del metal debe ser el adecuado para la presión (vacío) y temperatura envuelta para que el Equipo de Hot Tap y personal sea cuidadosamente apoyado y operado.

### **(1) Prevención de quemones**

Para prevenir el sobrecalentamiento y quemones, el procedimiento de soldadura debe ser basado en experiencia de la realización basada en el análisis de transferencia de calor. Para minimizar quemones, el primer pase de soldadura para equipos o tuberías menores que 1/4" (6.4 mm) de espesor, deben ser ejecutadas con un diámetro de electrodo de 3/32" (2.4 mm) o menor, para limitar la entrada de calor.

Subsecuentes pases de soldadura, deben ser realizados con electrodo de 1/8" (3.2 mm) o menores si el espesor de metal no excede los 12.7 mm. Altos flujos de gas, incrementará la velocidad de enfriamiento de la soldadura, incrementando el riesgo de fisura, por tanto, se tendrá en lo posible a los mínimos niveles.

### **(2) Espesor de metal**

Los espesores de tuberías o equipos deber: proveer una adecuada conexión, alternativamente la montura de refuerzo o apoyos auxiliares de la máquina del Top Machine.

El metal base debe estar libre de laminaciones, ataques de hidrogeno o fisuramiento por estrés de corrosión. El mínimo requerimiento de metal base será como mínimo de 3/16" (4.8 mm), el cual es recomendado para más aplicaciones de soldaduras de Hot Tap.

El mínimo espesor para la soldadura en Hot Tap, será una función del espesor requerido para ese esfuerzo adicionalmente un factor de seguridad, usualmente 3/32" (2.4 mm), para prevenir los quemones por arco eléctrico.

### **5.2.3. Diseño, Conexiones y Soldadura de Hot Tap**

Soldadura de Hot Tap no será permitida en a distancias menores de 46 cm de una brida o alguna conexión o aproximadamente 8 cm a una costura de soldadura (incluido la

soldadura longitudinal de la tubería soldada) a menos que sea determinada por una revisión aceptable de ingeniería.

#### **5.2.4. Tuberías y Equipos**

Soldadura y Hot Tap no debe ser realizada en tuberías o equipos que contengan los siguientes materiales:

- Aire/ Vapor o Vapor/oxígeno mezclas cercanas o dentro del rango de flamabilidad explosiva
- Oxígeno u oxígeno en una atmosfera enriquecida
- Sistemas de compresor de Aire
- Hidrogeno
- Temperaturas sensitivas, esto por producir materiales reactivos
- Aminas, ácidos tal como HF acido
- Ciertos insaturados Hidrocarburos tal como el etileno

En lugares donde se vaya a realizar fuera de las superficies de un recipiente o tuberías, precauciones deben ser colocadas en un lugar para protegerse contra sobrepresión debido a expansiones térmicas.

#### **5.2.5. Equipo de Hot Tap**

El equipo de Hot Tap, Sera un equipo el cual retenga y pueda remover el testigo o cupón de perforación, este será el equipo K75. Este equipo cuenta con las siguientes características:

- Rango de Perforación 1 1/2" - 4" (En este caso el diámetro del cortador será de 1 1/2")
- Presión de Operación s 100 bar/ 1450 psi
- Máxima Distancia de Viaje - 530 mm/ 21 inch

- Modo de Transmisión - Manual
- Propia recuperación de Testigo

El material de la perforadora o cortador será efectivo para la penetración del metal (Tubería - Red Primaria) o recipientes a presión. El equipo de Hot Tap, es un equipo diseñado. Y construido con rangos amplios de temperatura, presiones y el cual podrá soportar los esfuerzos mecánicos. Este equipo proveerá una efectiva protección para todo el personal que realizara los trabajos de Hot Tap.

Antes de la realización el equipo de Hot Tap, el cortador será cuidadosamente inspeccionado para asegurarse que todos estos se encuentren en condiciones satisfactorias.

Soldadura de Hot Tap no será permitido en líneas de servicio o equipos que tengan revestimiento (ciadding) o vidrios, plásticos a menos que los procedimientos de ingeniería lo evalúen.

**Figura 30.** Máquina de “Hot Tapping” rotura en caliente



**Fuente:** pragoinvestments

### **5.2.6. Operaciones de Hot Tap**

Antes de proceder con el Hot Tap soldadura, las siguientes condiciones serán satisfechas:

- Un supervisor que tenga la competencia plena para presenciar el Hot Tap
- Delimitar el área donde se realizará los trabajos de soldadura
- Verificar que el espesor de metal no presente ninguna imperfección que pudiera evitar una apropiada soldadura.
- Las mediciones del espesor y su evaluación serán realizadas en un tiempo estimado no mayor a 28 días, según recomendaciones. de API RP 2201.
- Plan de contingencia, el cual se encontrará aprobado por el Supervisor de Seguridad pertinente.
- Personal entrenado y que tenga la experiencia para realizar los trabajos de Hot Tap.

### **5.2.7. Inspección de la Soldadura**

La inspección visual de la soldadura y de todos los arreglos se realizará antes y después de la soldadura del Hot Tap. Ensayos de Tintas penetrantes o partículas Magnéticas serán realizadas a la soldadura de la montura y el niple, antes de la instalación de equipo de perforación.

Después de realizar los ensayos mencionados anteriormente, se procederá a ejecutar una limpieza para evitar que algún material extraño sea introducido en la soldadura, esto para proceder con los pases de soldadura posteriores.

### **5.2.8. Instalación del Equipo de Hot Tap**

Antes de instalar el equipo de Hot Tap se procederá a realizar los siguientes pasos:

- Las válvulas que se utilizará con el Equipo de Hot Tap, será el adecuado en rating, tamaño y metalurgia apropiada, además de ser una válvula de apertura total.
- Durante la instalación de las válvulas se procederá a su alineación correcta y su respectivo ajuste.
- Se calculará cuidadosamente la distancia de viaje del cortador, para asegurarse que la perforación sea completada dentro de los límites dimensionales.

### **5.2.9 Pruebas al Hot Tap y Soldadura**

El ensamble de la soldadura y el equipo de Hot Tap será probado para asegurar que se encuentran en acuerdo con los códigos aplicables antes que se inicie la perforación, incluido lo siguiente:

- Revisión de los pernos, accesorios, que se encuentren en correcto estado.
- Se revisará la temperatura del metal para considerar las posibilidades de fractura frágil.
- La presión de prueba será al menos igual a la presión de operación de la línea o recipiente a presión tal como lo indica la API RP 2201.
- La presión de prueba no excederá la presión interna por más del 10%, esto para prevenir colapso interno de la tubería o recipiente a presión.
- En caso que la temperatura es tal que la prueba hidrostática no puede ser realizada, aire o nitrógeno con una solución jabonosa en la soldadura puede ser usado.
- A elevadas temperaturas, aire podrá ser utilizado después de una cuidadosa evaluación es realizada en orden a prevenir una mezcla potencial explosiva.
- Inicialmente se procederá a la soldadura del niple que se interconectará al ramal Red Primaria (la soldadura del niple, será validado mediante ensayo de inspección Visual y Gammagrafía).
- El niple una vez sea liberado por los Ensayos No Destructivos, se procederá a la realización de la prueba hidrostática de este, por un periodo de 4 horas, esta prueba será realizada a la presión de 525 psi.

- Una vez se culmine la prueba Hidrostática del Niple, se procederá a su soldadura al ramal de Red Primaria, para posteriormente realizar los ensayos de inspección Visual y Tintas Penetrantes.
- Posterior a estos trabajos se realizará la soldadura de la montura, la cual llevará los ensayos de inspección Visual y Tintas Penetrantes.
- Al cabo de 24 horas de soldada la montura al ramal principal, se volverá a proceder a la realización de Ensayos No Destructivos (inspección Visual y Partículas Magnéticas), esto con el fin de hallar discontinuidades por agrietamiento retardado por hidrogeno.
- Posterior a ello, se realizará la prueba Neumática a la montura, durante un periodo de 15 minutos a una presión de 15 psi, esta prueba neumática será inspeccionada para la detección de fugas con solución jabonosa.
- Se procederá al montaje de la válvula ANSI 300 (Esta válvula será probada con antelación a su montaje)
- Se procederá al montaje del ensamble de perforación (Cabezal de Prueba Hidrostática), este ensamble será sometido a una prueba Hidrostática igual a la presión de operación de la línea más un 10% es decir a 385 psi, durante un periodo de 30 minutos.
- Una vez realizadas todas estas pruebas, se procederá a la perforación del dueto.

### **5.3. Metodología a Seguir para la Soldadura del Ensamblaje Prefabricado**

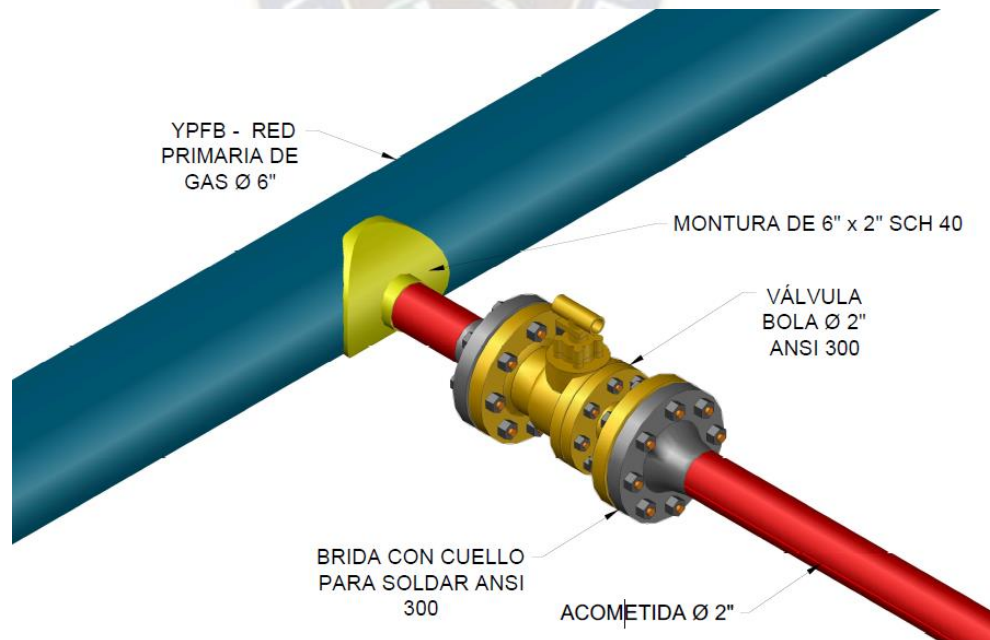
- a) Lijar la cañería principal de línea en una longitud total de la camisa de refuerzo.
- b) Hacer medición de espesores en los anillos del extremo de la camisa de refuerzo Y en todo el contorno donde será soldado el niple de derivación. Previo a iniciar la soldadura se debe verificar que el espesor de pared sea mayor o igual a 0.280".
- c) Previo a iniciar la soldadura se debe verificar que las presiones sean bajadas hasta los límites aceptables de acuerdo a norma.
- d) Se procederá a soldar el niple de derivación y la brida directamente a la línea de principal en operación. Esta costura será verificada con el uso de Partículas

Magnéticas y/o Tintas Penetrantes (ensayo no-destructivo). La soldadura del niple a la brida debe estar verificada con anterioridad en el taller. La montura de refuerzo debe estar ya colocada dentro del niple y recogida hacia la brida previo al inicio de la soldadura del niple a la cañería principal. A continuación, se soldará la montura de refuerzo al niple y también a la cañería principal.

La presión de prueba de acuerdo al Standard 8100 "General Requirements for Pressure testing" para Branch installations y ASME B31.8 Ed 2018, será igual a la presión de línea en ese lugar y durante un tiempo de prueba de 30 minutos. Una vez ejecutados todos los pasos anteriores se está en condiciones de ejecutar el montaje de la válvula ANSI 300, esta válvula ya se encontrará probada hidrostáticamente.

A continuación, se muestra el arreglo que tendrá el ensamble para el Hot Tap.

**Figura 31.** Arreglo del ensamble para el Hot Tap



**Fuente:** Elaboración propia



## 5.4. Evaluación, Reparación y Sustitución de Tubería Dañada

### 5.4.1. Actividades de Soldadura

- Al culminar una soldadura en servicio se debe verificar visualmente la existencia de alguna discontinuidad en el material base de la tubería, asumiendo que en la verificación se encuentre con un golpe de arco, identificar las causas por la cuales se pudo generar dicha discontinuidad.
- Según procedimiento para la realización del Hot Tap, a la culminación de esta soldadura, se procederá con los ensayos de Inspección Visual y Tintas Penetrantes para verificar la presencia de algún tipo de discontinuidad en el material base, como ejemplo tenemos la siguiente figura:

**Figura 32.** Ensayo de tintas penetrantes a la soldadura



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 33.** Ensayo de tintas penetrantes a la soldadura



**Fuente:** Elaboración propia

- Una vez realizado el Ensayo de Tintas Penetrantes, tal como se observa en la figura, al no evidenciarse la discontinuidad, se deducirá que dicha discontinuidad no es relevante según código API 1104. Para una siguiente prueba se procederá con la medición de profundidad de dicha discontinuidad:

**Figura 34.** Medición de profundidad de discontinuidad



**Fuente:** Elaboración propia

Asumiendo que la medición nos da un resultado de profundidad en la parte más crítica de 0,2 mm. Por tanto, se lo evalúa con la siguiente información del API 1104.

**Figura 35.** Dimensión máxima de mordedura.

Profundidad	Longitud
>0.031" (0.8 mm) o > 12.5% del espesor de pared de la tubería, cualquiera que sea menor.	No aceptable
> 0.016" (0.4 mm) pero <= 0.031" (0.8mm) o > 6% pero <=12.5% del espesor de pared de la tubería, cualquiera sea menor.	2" (50 mm) en una longitud continua de soldadura de 12" (300 mm) o un sexto de longitud soldada, cualquiera sea menor.
<= 0.016" (0.4 mm) o <= 6% del espesor de pared de la tubería, cualquiera sea menor.	Aceptable, sin importar su longitud

**Fuente:** Norma API 1104

Dicha discontinuidad es aceptable, sin importar su longitud.

- Completada la actividad de soldadura y Ensayos No Destructivos a la soldadura en servicio, Supervisión indicara que se tiene que evaluar la discontinuidad en el material base, mediante otros códigos.
- La empresa ejecutora deberá realizar los trabajos para evaluar la discontinuidad mediante otros códigos y en caso precedente reparar la discontinuidad, esto se realiza de acuerdo a procedimiento aprobado en el cual indica:
- Primeramente, se evaluará la discontinuidad mediante el código API 5L, presentado y aprobado por YPFB Redes de Gas, el cual menciona lo siguiente:

**Figura 36.** Quemadura de arco (Arc Burn)

### 9.10.3 Quemaduras de arco

**9.10.3.1** Las quemaduras de arco serán clasificadas como defectos.

NOTA 1 Las quemaduras de arco son puntos de la superficie que se funden a causa da arco entre el electrodo o la conexión a tierra y la superficie del tubo.

NOTA 2 Las marcas de contacto, que son marcas intermitentes adyacentes a la línea de soldadura del tubo EW resultante del contacto eléctrico entre los electrodos que suministran la corriente de soldadura y la superficie del tubo son tratados de acuerdo con 9.10.7.

**Fuente:** API 5L

- Según este código, se toma el numeral 9.10.3 (Nota 2), Donde nos menciona: “Las marcas de contacto, que son marcas intermitentes adyacentes a la línea de soldadura del tubo EW resultante del contacto eléctrico entre los electrodos que suministran la corriente de soldadura y la superficie del tubo son tratados de acuerdo con 9.10.7”. Es decir, nos remite al punto 9.10.7 del API 5L, este punto indica:

**Figura 37. Otras imperfecciones superficiales**

**9.10.7 Otras imperfecciones superficiales**

Otras imperfecciones superficiales que se encuentran por inspección visual serán investigadas, clasificadas y tratadas de la siguiente manera.

- a) Las imperfecciones que tengan una profundidad de  $\leq 0,125 t$  y no invadan el espesor de pared mínimo permisible se clasificarán como imperfecciones aceptables y serán tratadas de conformidad con la Cláusula C.1.
- b) Las imperfecciones que tengan una profundidad de  $>0,125 t$  y no invadan el espesor de pared mínimo permisible se clasificarán como defectos y serán acondicionadas por esmerilado de conformidad con la Cláusula C.2 ó serán tratadas de conformidad con la Cláusula C.3.
- c) Las imperfecciones que invadan el espesor de pared mínimo permisible se clasificarán como defectos y serán tratados de acuerdo con la Cláusula C.3.

NOTA “Las imperfecciones que invadan el espesor de pared mínimo permisible” implica que la porción del espesor de la pared que esté por debajo de la imperfección superficial sea menor que el espesor de pared mínimo permisible.

**Fuente: API 5L**

- Por tanto, se inicia el tratamiento de la imperfección, según el punto 9.10.7, inciso a) Que dice “Las imperfecciones que tengan una profundidad de  $\leq 0,125t$  y no invadan el espesor de pared mínimo permisible se clasificarán como imperfecciones aceptables y serán tratadas de conformidad con la cláusula C1”. Según esto se procede a medir el punto de discontinuidad mediante galga de soldadura y medidor de espesores por ultrasonido, el cual se muestra a continuación:

**Figura 38.** Medición de la profundidad con galga



**Fuente:** Elaboración propia

Anteriormente se ha asumido una concavidad (imperfección) máxima encontrada y la medida considerada en la discontinuidad es de 0,20 mm. Por tanto, según el inciso a) del código API 5L deberíamos tener una máxima medición de pérdida de espesor de:

$$0,125 * t = 0,125 * 5,9 \text{ mm} = 0,74 \text{ mm.}$$

$$0,20 \text{ mm} \leq 0,74 \text{ mm}$$

Dónde:

t = espesor medido en campo (mm)

Por tanto, la medición de la profundidad máxima está dentro de los rangos según el código API 5L. Esta medición de espesor se la realiza según la tabla continua:

**TABLA 20.** Tolerancia para espesor de pared

Esesor de pared $t$ mm (pulg)	Tolerancias <sup>a</sup> mm (pulg)
<b>Tubo SMLS <sup>b</sup></b>	
$\leq 4,0$ (0.157)	+0,6 (0.024) - 0,5 (0.020)
$> 4,0$ (0.157) a $< 25,0$ (0.984)	+0,150 $t$ - 0,125 $t$
$\geq 25,0$ (0.984)	+3,7 (0.146) ó +0,1 $t$ , la que sea mayor - 3,0 (0.120) ó - 0,1 $t$ , el que se mayor
<b>Tubo soldado <sup>c,d</sup></b>	
$\leq 5,0$ (0.197)	$\pm 0,5$ (0.020)
$> 5,0$ (0.197) a $< 15,0$ (0.591)	$\pm 0,1 t$
$\geq 15,0$ (0.591)	$\pm 1,5$ (0.060)
<p><sup>a</sup> Si la orden de compra especifica una tolerancia menor para espesor de pared más pequeña que el valor aplicable en esta tabla, la tolerancia mayor de espesor de pared se aumentará en una cantidad suficiente para mantener el rango de tolerancia aplicable.</p> <p><sup>b</sup> Para tubo con <math>D \geq 355,6</math> mm (14.000 pulg) y <math>t \geq 25,0</math> mm (0.984 pulg), la tolerancia de espesor de pared localmente puede exceder la tolerancia más la tolerancia para espesor de la pared por un adicional 0,05 <math>t</math>, siempre que no se exceda la tolerancia adicional para la masa (ver 9.14).</p> <p><sup>c</sup> La tolerancia adicional para el espesor de la pared no se aplica a la zona de la soldadura.</p> <p><sup>d</sup> Ver 9.13.2 para restricciones adicionales.</p>	

**Fuente:** API 5L

- Por tanto, el código nos indica que dicha imperfección es aceptable y debe ser tratada de acuerdo a C1, este C1 nos menciona lo siguiente:

**Figura 39.** Tratamiento de Imperfecciones y defectos superficiales

### **C.1 Tratamiento de imperfecciones superficiales**

Las imperfecciones superficiales no clasificadas como defectos pueden permanecer en el tubo sin repararse o pueden arreglarse cosméticamente mediante esmerilado.

### **C.2 Tratamiento de defectos superficiales que se pueden arreglar**

**C.2.1** Todos los defectos superficiales que se pueden arreglar deben arreglarse con esmerilado.

**C.2.2** Se llevará a cabo el esmerilado de tal manera que el área arreglada se mezcle suavemente con el contorno del tubo.

**C.2.3** Deberá verificarse la eliminación completa de los defectos mediante una inspección visual local, con la ayuda, cuando sea necesario, de métodos de inspección no destructivos adecuados. Para que sea aceptable, el espesor de pared en el área en la tierra deberá estar de acuerdo con 9.11.3.2; sin embargo, las tolerancias negativas de diámetro y ovalamiento (ver 9.11.3.1) no aplicarán al área en la tierra.

### **C.3 Tratamiento de defectos superficiales que no se pueden arreglar**

A los tubos que contienen defectos superficiales que no se pueden arreglar se les deberá dar una o más de las siguientes disposiciones.

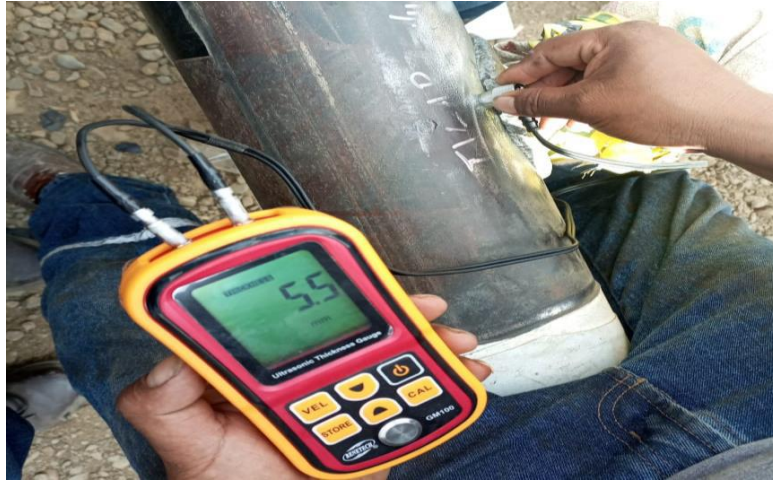
- a) Los defectos de soldadura en tubos SAW y COW deberán ser reparados mediante soldadura de acuerdo con la Cláusula C.4.
- b) Las secciones del tubo que contengan defectos superficiales serán cortadas, dentro de los límites de longitud.
- c) Se deberá rechazar toda la longitud del tubo.

**Fuente:** API 51 (2018)

C1 nos menciona “Las Imperfecciones superficiales no clasificadas como defectos pueden permanecer en el tubo sin repararse o pueden arreglarse cosméticamente mediante esmerilado”, por tanto, este debe mantenerse en la tubería sin alguna reparación o puede ser amolado cosméticamente.

Más allá de lo mencionado en el código, la empresa deberá realizar la eliminación de la discontinuidad del material base, mediante el lijado y amolado con disco flap (tipo lija):

**Figura 40.** Medición de espesor de tubería sobre la discontinuidad eliminada.



**Fuente:** fotografía propia

- Para la eliminación de la discontinuidad se realizará el pulido de la zona afectada, llegando a pulir un total de espesor de 0,2 mm, para la verificación de esta medición se realizó el ensayo de medición de espesor por ultrasonido. Por tanto, asumiendo que la medición inicial de la profundidad de la discontinuidad, coincide con la profundidad de eliminación de la discontinuidad. (Como respaldo se muestra la medición de espesores posterior a la eliminación de la discontinuidad).

**Figura 41.** Discontinuidad eliminada



**Fuente:** Fotografía propia



#### 5.4.2. Aplicación de Nital como Ataque Químico

Para develar la discontinuidad, se implementará una solución de NITAL (Alcohol 95% - Ácido Nítrico 5%), tal como describe el código ASME B31.8, mencionado a continuación:

#### Quemaduras de Arco.

Según el ASME B31.8 nos indica: Las quemaduras de arco pueden eliminarse mediante amolado, picado, o esmerilado. Las depresiones resultantes deberán ser cuidadosamente limpiadas y revisada para verificar que se haya quitado todo el material dañado, mediante un grabado con una solución del persulfato de amonio al 10% o de ácido nítrico al 5% en alcohol (Nital). Si es que la remoción del material dañado ha sido completa, la depresión podrá uniformarse con el contorno original de la tubería, mediante el amolado, siempre que el espesor de pared remanente se halle dentro de los límites especificados.

**Figura 42.** Aplicación del nital



**Fuente:** fotografía propia

**Figura 43.** Desigualdad en la uniformidad



**Fuente:** fotografía propia

Si, en la imagen mostrada anteriormente se observa una desigualdad en la uniformidad al usar el químico (Nital) sobre la quemadura de arco, lo que implica que no se está cumpliendo la uniformidad en el entorno de la quemadura de arco, dando a entender a que hubo una excesiva penetración de calor sobre la superficie de la tubería, cambiando la estructura metálica del acero, queriendo decirnos también que existe una gran probabilidad de formación de martensita y fisuras en la estructura, por tal motivo esta sección debe ser reparada o remplazada cumpliendo todas las normas necesarias.

#### **5.4.3. Prueba Hidrostática a la Válvula de Derivación**

Esta prueba comprende la inspección visual estándar y las pruebas de presión para asientos elásticos, no metálicos y asientos metal a metal para las válvulas de procesos tipo esclusa, globo, tapón, bola, de retención y mariposa que sean nuevas, usadas y/o reacondicionadas.

#### **Preparativos preliminares**

Entre los preparativos preliminares se considera lo siguiente:

- Instalar equipos en el lugar de ejecución de la inspección y prueba.
- Verificar las certificaciones y requisitos de los instrumentos y equipos de medición a utilizar.
- Verificación suministro de agua a utilizar para la prueba.
- Ubicar un lugar adecuado para la disposición del agua de prueba.
- Señalizar los lugares de trabajo como riesgosos, restringiendo el acceso de personal no autorizado.

### **Inspección visual estándar**

A continuación, se indica los pasos necesarios para la evolución de válvulas:

- a) Se evalúo los daños o deterioro severo.
- b) Se evalúo la fundición del cuerpo y bonete.
- c) Evaluación para el cumplimiento del estándar de fabricación.
- d) Diagrama Hidráulico.

### **Prueba hidrostática del cuerpo**

El objetivo de esta prueba es verificar si existe alguna fuga en cuerpo de la válvula, se la realiza con la válvula en posición semi abierta (50%).

- a) Se debe asegurar el llenado de la válvula tapados con bridas ciegas o spools según el plan de pruebas y realizar el ensayo de presión.
- b) Después del retiro del aire del cuerpo será inmediatamente cerrado, y con la bomba manual será ejecutada la presurización hasta lograr la presión de la prueba.
- c) No son admisibles pérdidas, exudaciones, o deformaciones en el cuerpo, o pérdidas por las juntas de vástagos o cuerpo.

El ensayo concluirá satisfactoriamente, si no se produjeran variaciones de la presión, salvo las que resulten de la variación de la temperatura durante la prueba.

### **Prueba hidrostática de cierre (Estanqueidad) de la válvula**

El propósito de esta prueba es el de verificar si existe fuga en los asientos de la válvula cuando está sometido a presión. La válvula se cerrará completamente y se realiza la presurización a través del cabezal de prueba, hasta alcanzar el 100% de la presión de prueba y luego estabilizar en tiempo. Esta prueba de válvula será probada con presión en ambos lados del cuerpo, para probar el otro lado de la válvula, es decir aguas abajo se invertirá el proceso de decir se aliviará y se presurizará el otro lado.

### **Presiones y tiempo de prueba**

Se debe considerar lo siguiente:

- Especificaciones de la válvula: API 6D
- Tipo de válvula: Bola
- Clasificación de los Accesorios ANSI 300
- Diámetro 2"

**TABLA 21.** Presiones de prueba y Tiempo de prueba

<b>Presión de Prueba</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Presión de válvula CLASE ANSI</b>	<b>Prueba mínima Prueba del cuerpo</b>	<b>Presión PSI Cierre Hidráulico</b>
150	425	300
300	1.100	800
400	1.450	1.060
600	2.175	1.600
900	3.250	2.400
1.500	5.400	4.000
2.500	9.000	6.600

<b>Tiempo mínimos de pruebas</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Válvula Diámetro</b>	<b>Duración minutos Prueba del cuerpo</b>	<b>Duración minutos Cierre Hidráulico</b>
De Ø 2" a Ø 4"	5	5
De Ø 6" a Ø 10"	8	8
De Ø 12" a Ø 18"	15	15
De Ø 20" y mayores	30	30

**Fuente:** Norma API 6D

### **5.5. Prueba Hidráulica a la Tubería de 6 metros**

Esta prueba hidráulica se la realizara a una tubería de 6 metros de largo y 6" de diámetro, considerando también la presión de la línea de 350 Psi, los cálculos se muestran a continuación:

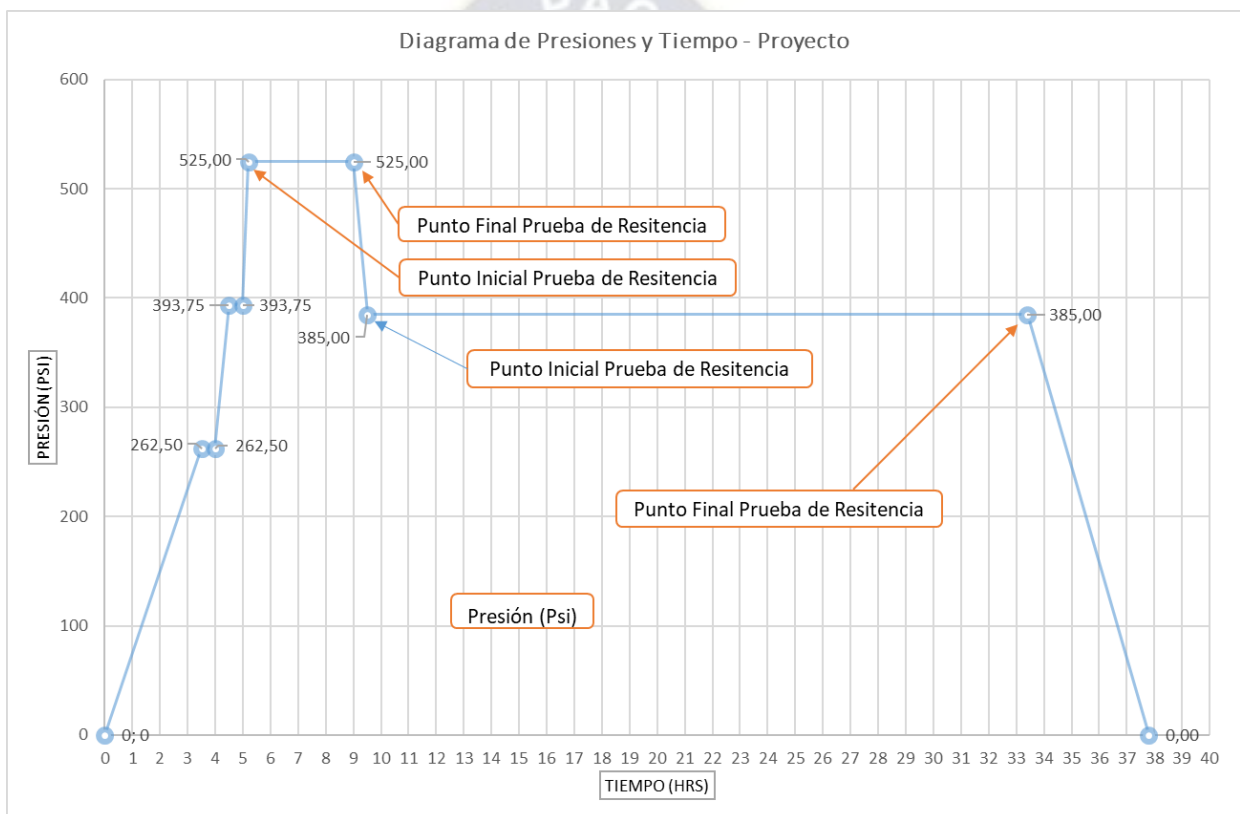
$$PPR_{min} = 1,5 \times MOP$$

$$PPR_{min} = 1,5 \times 350$$

$$PPR_{min} = 525 \text{ psi}$$

A continuación, se muestra el diagrama de presiones y tiempo – proyectos:

**Figura 44.** Diagrama de presiones y tiempo



**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 6.1. Estimación de Costos de Inversión del proyecto

La estimación de costes en gestión de proyectos es el proceso de prever los recursos financieros y otros necesarios para completar un proyecto dentro de un alcance definido. En este caso se considerará todos los puntos necesarios, considerando también la tasa de cambio (6,96 Bs = 1 \$us)

#### 6.1.1. Costo de las Obras Civiles

Refleja el costo total de la inversión que implica las obras civiles a realizadas en el proyecto. A continuación, se detallarán los ítems y el costo a utilizarse en las obras civiles.

**TABLA 22.** Costo obras civiles

<b>COSTO OBRAS CIVILES</b>						
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario Bs.</b>	<b>Costo Total Bs.</b>	<b>Costo Total \$us.</b>
<b>1</b>	Instalación de faenas	4	m2	333,67	1.334,69	191,77
<b>2</b>	Letrero de obras	2	m2	452,86	905,72	130,13
<b>3</b>	Montaje de cierre perimetral de protección con malla salmón	92	ml	2,61	240,03	34,49
<b>4</b>	Cinta de señalización amarilla a=40 mm e=50u	40	ml	7,10	284,00	40,80
<b>5</b>	Excavación con retroexcavadora	15	m3	27,06	405,90	58,32
<b>6</b>	Excavación manual (0-2 m) suelo semiduro	6	m3	94,29	565,74	81,28
<b>7</b>	Construcción de cámara de hormigón armado	1	Pza	7.750,00	7.750,00	1.113,51
<b>8</b>	tapa metaliza para la cámara de gas	1	Pza	3.500,00	3.500,00	502,87
<b>9</b>	Relleno y compactado con tierra natural y cernida	4	M3	88,00	528,00	75,86
<b>10</b>	Limpieza y retiro de escombros	4	M3	100,00	400,00	57,47
<b>SUB TOTAL</b>					<b>15.914,08</b>	<b>2.286,51</b>

**Fuente:** Datos proporcionados por la empresa instaladora de Gas (Gaspetrolservice)

### 6.1.2. Costo de Obras Mecánicas

Refleja el costo total de la inversión que implican las obras mecánicas a realizar en el proceso de Hot Tap y reparación de la tubería. A continuación se detallarán los ítems:

### 6.1.3. Costo del Trabajo en Hot Tap

Los costos directos del procedimiento de intervención de Hot Tap son todos los recursos que se incorporan físicamente a la obra incluyendo materias primas, sub productos, materiales y todos los equipos necesarios para el procedimiento adecuado en el proyecto la cuales se muestran a continuación:

**TABLA 23.** Costo procedimiento Hot Tap

<b>COSTO HOT TAP</b>						
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario Bs.</b>	<b>Costo Total Bs.</b>	<b>Costo Total \$us.</b>
<b>1</b>	Válvula ANSI 300 DN 2"	1	Pza	2.500,00	2.500,00	359,20
<b>2</b>	Brida ANSI 300 DN 2"	1	Pza	200,00	200,00	28,74
<b>3</b>	Biselado y limpieza de bisel de tubería de ANC DN 2" SCH 40	3	Junta	50,00	150,00	21,55
<b>4</b>	Soldadura de tubería y accesorios	3	Junta	200,00	600,00	86,21
<b>5</b>	Prueba de hidrostática (hermeticidad y sello) para válvula DN 2"	1	Pza	600,00	600,00	86,21
<b>6</b>	Perforación de la tubería con la top machine	1	Global	2.000,00	2.000,00	287,36
<b>7</b>	movilización de personal y equipos (radiólogo)	1	Global	1.000	1.000	143,68
<b>8</b>	Uso de la fuente (radiólogo)	1	Global	2436	2436	350,00
<b>9</b>	Junta a plaquear	2	Junta	104,4	208,8	30,00
<b>10</b>	Primer	1	LT	348,00	348	50,00
<b>11</b>	Cinta poliken	1	Pza	591,6	591,6	85,00
<b>12</b>	Verificación de revestimiento mediante Holliday detector y reparación de revestimiento	3	ML	7,22	21,66	3,11
<b>SUB TOTAL</b>					<b>9.656,06</b>	<b>1.387,35</b>

**Fuente:** Datos proporcionados por la empresa instaladora de Gas (Gaspetrolservice)



#### 6.1.4. Costo del Gas Venteado al Momento de la Reparación

En este caso YPFB se encargará del cálculo en volumen y costo del gas venteado, donde ellos solamente enviarán la factura con el costo total del gas perdido, la cual fue:

$$\text{Costo del Gas Natural} = 2000 \text{ Bs}$$

**TABLA 24.** Costo ítems para realizar una intervención y reparación de la línea primaria

COSTO DE REPARACIÓN Y HOT TAP						
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs.	Costo Total \$us
1	Tubería de DN 6 "	6	mL	583,33	3.500,00	502,87
2	Carguío, transporte y descargue de tubería ANC DN 6" SCH 40	1	mL	200,00	200,00	28,74
3	Prueba hidrostática (hermeticidad y sello) para pieza de tubería de DN 6"	1	Global	5.000,00	5.000,00	718,39
4	Biselado y limpieza de bisel de tubería de ANC DN 2" y 6 " SCH 40	4	Junta	50,00	200,00	28,74
5	Soldadura de tubería y accesorios	5	Junta	200,00	1000,00	143,68
6	Perforación de la tubería con la top machine	1	Global	2.000,00	2.000,00	287,36
7	movilización de personal y equipos (radiólogo)	1	Global	1.000	1.000	143,68
8	uso de la fuente (radiólogo)	1	Global	2.436	2.436	350,00
9	junta a plaquear	4	Junta	104,4	417,6	60,00
10	Verificación de revestimiento mediante Holliday detector y reparación de revestimiento	3	ML	7,22	21,66	3,11
<b>SUB TOTAL A</b>					<b>15775,26</b>	<b>2266,56</b>

**Fuente:** Datos proporcionados por la empresa instaladora de Gas (Gaspetroiservice)

### 6.1.5. Costo Administrativo

Los costos administrativos son los recursos necesarios para las operaciones y manejos dentro de una empresa, son los gastos o costos que la empresa aplica para la realización de trámites y movimientos internos.

**TABLA 25.** Costo administrativo en el proyecto

<b>COSTO ADMINISTRATIVO</b>						
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario Bs.</b>	<b>Costo Total Bs.</b>	<b>Costo Total \$us.</b>
1	Elaboración del proyecto	1	GLOBAL	3.000,00	3.000,00	431,03
2	Elaboración de planos As Built	1	GLOBAL	500,00	500,00	71,84
3	Elaboración data Book	1	GLOBAL	800,00	800,00	114,94
<b>SUB TOTAL</b>					<b>4.300,00</b>	<b>617,82</b>

**Fuente:** Datos proporcionados por la empresa instaladora de Gas (Gaspetrolservice)

### 6.2. Análisis de Costos

Analizando los costos en cuanto a obras civiles, intervención (Hot Tap) y reparación podríamos observar el siguiente resultado:

Obra civil =	<b>15.914,08 Bs</b>
Costo del Gas Natural =	<b>2.000 Bs</b>
Costo de intervención (Hot Tap) =	<b>9.656,06 Bs</b>
costo Reparación y Hot Tap =	<b>15.775,26 Bs</b>
Costo Administrativo =	<b>4.300,00 Bs</b>

Considerando todos los costos se tiene el siguiente costo final:

**Costo final = 47.645,40 Bs.**

### 6.3. Flujo de Caja

**TABLA 26.** Flujo de caja

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos por trabajo</b>		46.000	46.000	50.000	50.000	50.000
<b>Otros Ingresos</b>						
<b>Total Ingresos</b>	<b>0</b>	<b>46.000</b>	<b>46.000</b>	<b>50.000</b>	<b>50.000</b>	<b>50.000</b>
Costos obra civil		15.914	15.914	15.914	15.914	15.914
Costos intervención hot tap		9.656	9.656	9.656	9.656	9.656
Costos de gas natural		2.000	0	0	0	0
Costo de reparación		15.775	0	0	0	0
Gastos administrativos		4.300	5.000	5.000	5.000	5.000
<b>Total Costos</b>		<b>47.645</b>	<b>30.570</b>	<b>30.570</b>	<b>30.570</b>	<b>30.570</b>
<b>Utilidad antes de impuesto</b>		<b>-1.645</b>	<b>15.430</b>	<b>19.430</b>	<b>19.430</b>	<b>19.430</b>
<b>IUE (25%)</b>		-411	3.857	4.857	4.857	4.857
<b>Utilidad Neta</b>		<b>-1.234</b>	<b>11.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>
Depreciación (+)		0	0	0	0	0
Amortización intangibles (+)		0	0	0	0	0
Valor libro (+)						
Inversión inicial	0					
Inversión reemplazo						
Inversión ampliación						0
Inversión Capital de Trabajo		0	0	0	0	0
Valor desecho						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>0</b>	<b>-1.234</b>	<b>11.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>

**Fuente:** Elaborado con base a datos calculados

### 6.4. Valor Actual Neto (VAN)

Se define como la diferencia entre el valor presente de los flujos futuros del proyecto y la inversión inicial necesaria para ejecutar el mismo. Es un indicador que mide el beneficio económico de un proyecto dado su flujo de fondos y su tasa de descuento.

$$VAN = -l_0 + \frac{FCN_1}{(1+r)} + \frac{FCN_2}{(1+r)^2} + \frac{FCN_3}{(1+r)^3} + \frac{FCN_4}{(1+r)^4} + \frac{FCN_5}{(1+r)^5} \dots \dots 24$$

Con los datos obtenidos en el flujo de cajas neto o flujo futuro neto y considerando un impuesto a las utilidades del 25%.

**TABLA 27.** Flujo de caja

Valor desecho		$FCN_1$	$FCN_2$	$FCN_3$	$FCN_4$	$FCN_5$
<b>Flujo de Caja</b>	<b>0</b>	<b>-1.234</b>	<b>11.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>	<b>14.572</b>

**Fuente:** Elaborado con base a datos calculados

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$VAN = 40.975.73 Bs$$

### 6.5. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa de interés o de rentabilidad que ofrece una inversión. Así, se puede decir que la Tasa Interna de Retorno es el porcentaje de beneficio o pérdida que conlleva cualquier inversión.

$$0 = -l_0 + \frac{FCN_1}{(1+r)} + \frac{FCN_2}{(1+r)^2} + \frac{FCN_3}{(1+r)^3} + \frac{FCN_4}{(1+r)^4} + \frac{FCN_5}{(1+r)^5} \dots \dots 25$$

Realizando cálculos en la planilla de Excel se obtiene:

$$TIR = 23 \%$$

Con estos datos se concluye que el proyecto es viable por tener un  $TIR = 23\%$  ya que la rentabilidad generada es mayor que la rentabilidad requerida

## **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

En base a los objetivos anteriormente presentados, se pudo realizar las siguientes consideraciones:

- En la Aplicación de la técnica de intervención de línea Hot Tap, al ser un procedimiento de alto riesgo se deberá tomar todas las precauciones necesarias para no ocasionar un golpe de arco, quemón o algún otro daño a la estructura de la red primaria.
- La ingeniería conceptual es un aspecto importante a considerar debido a que el cumplimiento de las normativas vigentes da paso a un diseño apropiado para todas las operaciones realizadas en una ejecución del proyecto.
- La intervención de línea al ser un procedimiento crítico, el personal que realice el trabajo debe estar capacitado y certificado en el Procedimiento Especifico de Soldadura (WPS) aprobado por YPFB.
- Para tener un buen diagnóstico del quemón ocurrido en la superficie de la tubería de red primaria se ha tenido que recurrir a ataques químicos como el Nital, con esto así poder debelar el daño que ha sufrió la superficie de la tubería.
- Al tener un accidente como ha sido quemón, esto ha ocasionado que el costo de la intervención se haya incrementado teniendo así pérdidas económicas para la empresa instaladora.
- Terminado todo el proyecto la empresa Avícola, quedo satisfecha por el trabajo realizado, teniendo así un ahorro económico por los costos del precio del gas y garantizando un flujo continuo sin ningunos escases.
- En tubería con flujo de gas continuo siempre se tendrá el material base en temperaturas bajas, por tanto, si se genera un golpe de arco en dicha tubería existe una gran probabilidad de la formación de martensita sobre la estructura.

## 7.2. Recomendaciones

Es importante enfatizar en el análisis de diseño, ingeniería del proyecto tomando en cuenta las observaciones los logros obtenidos, donde se recomienda:

- El empleo del método de Ensayos no Destructivos para una evaluación de la soldadura en el ducto, contribuye en gran medida en la seguridad y calidad del trabajo considerándose así un punto muy importante para el procedimiento de Hot Tap.
- Las medidas de seguridad para la prevención y protección contra cualquier contingencia durante el desarrollo de la intervención de línea deben ser cuidadosamente verificado y supervisado por una profesional capacidad en las normas de seguridad vigentes.
- La capacitación del personal responsable directa e indirectamente en el procedimiento de Hot Tap, tiene que ser estrictamente realizada por personal calificado, haciendo énfasis en el empleo correcto de los equipos a utilizar.
- El personal autorizado para la intervención de línea, obligatoriamente debe contar con toda la documentación requerida para el tipo de trabajo a realizar y cumpliendo los años de experiencia requeridos debido a que es un trabajo de alto riesgo.

## GLOSARIO

ARC STRIKE:	Golpe de Arco
BTU:	La British thermal unit (unidad térmica británica)
MOP:	Máxima Presión de Operación
ASME:	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos)
RDCOADB:	Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Abandono de Duetos en Bolivia
API:	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
AWS:	American Welding Society (Sociedad Americana de soldadura)
END:	Ensayos no Destructivos
WPS:	Welding Procedure Specification (Especificaciones de Procedimientos de Soldadura)
PQC:	Procedure Qualification Record (Registro de Calificación de Procedimiento)
STD	Estándar
TTT	(Tiempo – Temperatura – Transformación
ZAT	Zona Afectada Térmicamente
ZAC	Zona Afectada por Calor
CCT	Transformación bajo enfriamiento continuo
BCC	Cubica Centrada en el Cuerpo (Body Centered Cubic)
CCI	cúbica centrada en el interior (CCI)
EPP's	Equipo de protección personal
AOP	Actividad Obra Proyecto
APR	Análisis preliminar de Riesgo
TFME	Tensión de fluencia mínima especificada

## BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS . (2015). *Construcción de redes de Gas*. La Paz.
- Agencia Nacional De Hidrocarburos. (2015). *ANEXO 1 - Diseño de Redes de Gas*. La Paz
- AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. (2016). *REGLAMENTO DE DISEÑO CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE REDES DE GAS NATURAL E INSTALACIONES INTERNAS (ANEXO 5)*.
- American Petroleum Institute (API) - 2201. (s.f.). *Procedures for welding or Hot Tapping on Equipment in Service*.
- American Petroleum Institute (API) 1104. (2005). *Soldadura en Oleoductos y Gasoductos e instalaciones Relacionadas*.
- American Petroleum Institute. (2018). *Specification for Line Pipe 5L*.
- American Welding Society. (2020). *Código de Soldadura Estructural - Acero*.
- ASME 31.4. (2012). *Tuberías de Transporte de Hidrocarburos líquidos y otros líquidos*.
- ASME B31.8. (2020). *Gas Transmission and Distribution piping systems*.
- D.S. 24721. (23 de Julio de 1997). *REGLAMENTO PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION Y ABANDONO DE DUCTOS EN BOLIVIA*. La Paz.
- E797/E797M – 15. (s.f.). *Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method*.



Facultad de Ingeniería. (2015). *Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos*. La Paz.

Instituto Chileno de Soldadura. (2007). *Inspector de Soldadura AWS QC1*.

Minilo, C. O. (2007). *Inspector de Soldadura AWS QC1: 2007*. Chile.

Santillan, J., & Salinas, J. (1 de Diciembre de 2018). *PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL*. Obtenido de PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL:  
[www.ssecoconsulting.com/procesamiento-de-gas-natural.ht](http://www.ssecoconsulting.com/procesamiento-de-gas-natural.ht)

Tecnología educativa S.R.L. - YPFB. (2014). *Manual de Supervisión de Red Primaria* .

## ANEXOS

### Anexo A: APR para interconexión a la red primaria (HOT TAP)

<b>Código AOP:</b>	<b>Descripción AOP:</b> Primeramente se realiza una excavación hasta llegar a la tubería de red primaria, se lijara la cañería principal para medir el espesor y marcar el punto de la perforación, seguidamente el amolador como el soldador calificado procederán con la soldadura del Niple de derivación y la montura a la cañería sin cortar el flujo de Gas Natural de la red principal, posteriormente el inspector de soldaduras realiza una inspección visual para verificar si se soldó correctamente luego se procederá a realizar ensayos no destructivos con tintas penetrantes, seguidamente se realizará el montaje de la válvula de servicio, posterior a ello se va a montar el Top Machine a la válvula para proceder con la perforación de la red primaria terminado la perforación de extraer el testigo, finalmente se colocara material de relleno y se repondrá todo el tramo intervenido.
<b>Magnitud del proyecto:</b> Categoría Industrial	
<b>Número de trabajadores:</b> 10	
<b>Numero de frentes de trabajo:</b> 2	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 14 días	
<b>Actividad:</b> Interconexión a la red primaria (HOT TAP)	

N°	Tarea trabajo que debe hacerse en tiempo limitado)	Peligro (Fuente condición insegura, acto inseguro)	Riesgo Laboral (evento o exposición peligrosa)	Nivel de Riesgo			Controles	Recursos necesarios para implementar los controles para la AOP
				B	M	A		
1	DEMOLICIÓN DE CONCRETO (ACERA)	Personal sin EPP de trabajo adecuado para la tarea	Exposición de la vista, rostro y trastornos de tejidos blandos		X		E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps así como lentes guantes en mal estado por nuevos. I: Verificación, control de epps antes y durante la actividad. A: Supervisar el use de epps al personal. EPP y BIO: Dotar protector facial y respiratorio.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 2 epps listos para su uso
		Mala manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X		E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Proyección de partículas al rostro en el momento de la demolición	Lesiones en el ojo, y en la cara		X		E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación. EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	1 rollo de cinta de señalización Herramientas de trabajo nuevas o con previa inspección. Reconocimiento del are te trabajo y el tipo de tierra a excavar.
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas al mismo nivel	X			E: Retiro de material comburento alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible. 4 parantes para señalización.
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contacto eléctrico directo e indirecto			X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección constante de equipos, extensiones y conexiones eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Guantes de seguridad.	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos
		Posturas ergonómicas inadecuadas	Posturas prolongadas, forzadas Sobrecargas y esfuerzos		X		E: Evitar posturas inadecuadas y prolongadas. S: El personal no levantara mayor a 25Kg de carga. I: Controlar la correcta postura en el trabajo. A: Capacitación del correcto levantamiento de cargas y posturas ergonómicas. EPP y BIO: No aplica a esta tarea.	Capacitación específica de posturas ergonómicas prolongadas, correcto levantamiento de cargas. Carrito para traslado de equipos y materiales.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Verificación de protocolo de bioseguridad en la obra. A: Capacitación, difusión de medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.

						70%.		
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	Control de temperaturas al personal, al inicio y final de la jornada laboral. Control de sintomatologías del personal.
2	APERTURA DE ZANJA (MANUAL )	Personal sin EPP de trabajo adecuado para la tarea	Exposición de la vista, rostro y trastornos de tejidos blandos			X	E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps en mal estado por nuevos. I: Verificación de lentes transparentes antes y durante la actividad. A: Reemplazo de epps dañado al personal. EPP y BIO: Dotar protector facial y respiratorio.	2 Protectores Faciales. 2 lentes de seguridad transparente 2 epps listos para su uso
		Defectuosos equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas			X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Reemplazo y Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Posturas ergonómicas inadecuadas	Posturas prolongadas, forzadas Sobrecargas y esfuerzos			X	E: Evitar posturas inadecuadas y prolongadas. S: El personal no levantara mayor a 25Kg de carga. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en el correcto levantamiento de cargas y posturas ergonómicas. EPP y BIO: No aplica a esta tarea.	Capacitación específica de posturas ergonómicas prolongadas, correcto levantamiento de cargas. Carrito para traslado de equipos y materiales.
		Proyección de partículas al rostro en el momento de la demolición	Lesiones en el ojo, y en la cara			X	E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación. EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre prevención ante trabajo civil. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad Señalización del área de trabajo Reconocimiento del are te trabajo y el tipo de tierra a excavar.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
3	PREPARACIÓN DE PIEZA DE METAL Y SOLDADURA	Personal sin Mascara o protector facial en el trabajo	Exposición de la vista, rostro y trastornos de tejidos blandos			X	E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps así como lentes guantes en mal estado por nuevos. I: Verificación el uso de faciales, guantes de soldar, en caso necesario mamparas de soldadura que sea ignífugas. I: Uso de máscaras de soldar y vidrios con filtro N° 11 y 12. A: Supervisar el use de epps al personal. EPP y BIO: Dotar protector facial y respiratorio.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 2 epps listos para su uso 2 Mascaras de soldadura 2 Pares de guantes de soldar 1 Mampara anti chisporroteo de soldadura 1 colete de soldadura
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Golpes y penetraciones por herramientas			X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. I: Controlar la adecuada posición del soldador. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas Rodilleras para soldadura Coderas para soldadura Facial y/o casco protector
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel			X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilizarían. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización 1 letrero de Señalización
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contactos eléctricos directos e indirectos			X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección de equipos, extensiones y conexiones	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos. Contar con un eléctrico especializado en equipos y

						eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Guantes de seguridad.	maquinarias de soldadura. Jabalina de puesta a tierra del equipo de soldar
		Proyección de chispas por corte y soldadura de pieza de metal	Quemaduras		X	E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps para trabajo en caliente en mal estado por otros en buena condición. I: Verificar que no exista material combustible ni fuga de gas durante el trabajo. I: Verificar el uso de guantes de soldadura adecuado y el uso de mascarara y facial de soldadura. A: Realizar charlas sobre prevención y medidas a tomar ante quemaduras. EPP y BIO: epps para trabajo en caliente.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles quemaduras. Tener un botiquín de primeros auxilios en la obra 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 2 epps listos para su uso 2 Mascaras de soldadura 2 Pares de guantes de soldar 1 Mampara anti chispas 1 colete de soldadura
		Posturas ergonómicas inadecuadas al soldar dentro la zanja	Posturas prolongadas al soldar Sobrecargas y esfuerzos		X	E: Eliminar piedras, escombros dentro la zanja. S: El personal no debe estar en un tiempo prolongado en una sola posición. I: Inspeccionar que la zanja o cámara, la cual tenga la suficiente profundidad para que el soldador pueda moverse libremente al momento de realizar su trabajo. A: control ante cualquier fatiga que pueda sufrir el soldar y suplir con todas las demandas del trabajador. EPP y BIO: No aplica	Capacitación específica sobre posturas ergonómicas prolongadas en el trabajo y correcto levantamiento de cargas. 1 Carrito para traslado de equipos y materiales.
		Inhalación de gases o sustancias Química (soldadura)	Tos y flema. Picazón en la garganta. Senos paranasales irritados. Dificultad para respirar. Dolores de cabeza. Picazón en los ojos.		X	E: Contar con ficha de seguridad de las gases tóxicos y químicos a usar en el trabajo. S: electrodos vencidos o en mal estado. I: Verificar que el personal encargado cuente con el protector respiratorio y mascar de soldar correspondiente. A: Medidas preventivas ante una intoxicación, transporte, almacenamiento adecuado materiales. EPP y BIO: Dotar protector respiratorio y protector facial.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles intoxicaciones. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 2 epps listos para su uso 2 Mascaras de soldadura 2 Pares de guantes de soldar
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	Control de temperaturas al personal, al inicio y final de la jornada laboral. Control de sintomatologías del personal. Pirómetro digital
4	APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES, PARTICULAS MAGNETICAS (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)	Proyección de líquidos (Líquidos de Tintas)	Contacto o ingestión		X	E: Tener a la mano la ficha de seguridad de cada tinta penetrante. S: No aplica para esta tarea. I: No aplica para esta tarea. A: Verificar que le personal encargado transporte y almacenamiento adecuado de las tintas penetrantes. EPP y BIO: Verificación Protector respiratorio.	Tener a la mano las fichas de Seguridad de las tintas penetrantes. Dotar protector respiratorio. Verificar el buen transporte y almacenamiento de las tintas penetrantes.
		Ingesta de partículas (Partículas de líquidos penetrante)	Contacto o ingestión		X	E: Contar con ficha de seguridad de las partículas a usar para la prueba de partículas magnéticas. S: no aplica para esta tarea. I: Verificar que el personal encargado cuente con el protector respiratorio correspondiente. A: Verificar el transporte y almacenamiento adecuado de los líquidos o tintes penetrantes. EPP y BIO: Dotar protector respiratorio.	El personal deberá estar en todo momento con sus epps de seguridad. Contar con la ficha de datos de seguridad del material de partículas
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Cáidas a distinto y mismo nivel		X	E: Retiro de material inflamable alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.

		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
5	ENSAYO DE GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)	Proyección de Rayos Gamma)	Contacto o exposición		X	E: Tener a la mano la ficha de seguridad de la fuente de Radiación S: No aplica para esta tarea. I: Controlar la exposición del personal a los rayos gamma A: Verificar que le personal encargado transporte y almacenamiento adecuado de las fuentes de Radiación. EPP y BIO: Verificación Protector respiratorio marca 3M y uso de dosímetro digital.	Tener a la mano las fichas de Seguridad de la fuente de radiación. Contar con los siguientes equipos. 1 Geiger 1 Dosímetro 1 Colimador 1 Contenedor Blindado de almacenaje
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a distinto y mismo nivel		X	E: Retiro de material inflamable alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización mínimo 10 metros. I: Control del uso de plomo para atenuación de la radiación de rayos I: Colocado de letreros de señalización A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización 1 cuadro de señalización especial de Rayos Gamma 1 escalera de 3 peldaños
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de uso de barbijos y alcohol en gel por aspectos de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	Control de temperaturas al personal, al inicio y final de la jornada laboral. Control de sintomatologías del personal.
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a distinto y mismo nivel		X	E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
6	PRUEBAS HIDROSTATICA Y NEUMATICA DE VALVULA Y TUBERIA	Proyección de líquidos o fragmentos a presión	Exposición de la piel, rostro y trastornos de tejidos blandos a causa de líquidos y golpes por fragmentos		X	E: El personal deberá contar con todos los epps de seguridad en todo momento. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: control de protector facial al personal encargado del trabajo. A: Calibración de equipos para la prueba hidráulica. EPP y BIO: Epps y protector facial de seguridad.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad
		Fisuras o imperfecciones en el cuerpo de la válvula	Fuga de fluido		X	E: Eliminar valvular usadas. S: implementar válvulas nuevas. I: Verificar que la válvula se encuentre en buen estado antes de realizar cualquier prueba. A: Control de fuga durante la prueba EPP y BIO: Dotar protector respiratorio, protector facial y detector de gas natural.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles intoxicaciones. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 1 Detector de fluidos (gas natural)
		Imperfecciones en el asiento de la válvula	Fuga de fluido		X	E: Eliminar valvular usadas. S: implementar válvulas nuevas. I: Verificar que la válvula se encuentre en buen estado antes de realizar cualquier prueba. A: Control de fuga durante la prueba EPP y BIO: Dotar protector respiratorio, protector facial y detector de gas natural.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles intoxicaciones. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 1 Detector de fluidos (gas natural)
		Imperfecciones, fisuras en el empaque	Fuga de fluido		X	E: Eliminar del empaque. S: implementar empaques nuevos nuevas. I: Verificar que el empaque se encuentre en buen estado antes de realizar cualquier prueba. A: Control de fuga durante la prueba EPP y BIO: Dotar protector respiratorio, protector facial y detector de gas natural.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles intoxicaciones. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad 1 Detector de fluidos (gas natural)
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a distinto y mismo nivel		X	E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización

		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.	
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.	
7	PRUEBA HIDRAULICA DE LA PIEZA Y LA TUBERIA	Falta de delimitación, orden y limpieza	caídas al mismo nivel		X		E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	
		Proyección de fragmentos a presión	Exposición de la piel, rostro y trastornos de tejidos blandos a causa de líquidos y golpes por fragmentos			X	E: El personal deberá contar con todos los epps de seguridad en todo momento. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Calibración de equipos para la prueba hidráulica. EPP y BIO: Epps de seguridad.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad	
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2				X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2				X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	Control de temperaturas al personal, al inicio y final de la jornada laboral. Control de sintomatologías del personal.
8	ENCOFRADO Y ENFERRADO DE CAMARA	Mala manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas			X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas	
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel			X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contacto eléctrico directo e indirecto				X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección de equipos, extensiones y conexiones eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Guantes de seguridad.	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos
		Proyección de partículas al rostro en el encofrado de la cámara	Lesiones en el ojo, y en la cara				X	E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación. EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre prevención ante trabajo civil. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad Señalización del área de trabajo Reconocimiento del área de trabajo y el tipo de tierra a excavar.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2				X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.

		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
9	VACIADO DE CAMARA CON CEMENTO	Falta de capacitación sobre sustancias peligrosas	Exposición a contaminantes		X	E: Colocar ficha de seguridad de cada sustancia peligrosa. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en manipulación de adecuada del cemento y lecciones de seguridad. EPP y BIO: Dotar Protector respiratorio.	Sustancias peligrosas con Ficha de Seguridad. Dotar protector respiratorio.
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel		X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilizarían. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Proyección de partículas al rostro vaciado de la cámara.	Lesiones en el ojo, y en la cara		X	E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación. EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre prevención ante trabajo civil. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad Señalización del área de trabajo Reconocimiento del are te trabajo y el tipo de tierra a excavar.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
10	RELLENO Y COMPACTADO	Falta de delimitación, orden y limpieza	caídas a mismo y distinto nivel		X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Personal no competente manipulando equipos	Atropellamientos, atrapamientos o daños por sistemas mecánicos		X	E: No circulara personal no autorizado cerca de la obra. S: Distanciamiento adecuado del personal no competente de la maquinaria. I: Inspección del mantenimiento programado de la maquinaria. A: la maquinaria lo manipulara solo el personal competente con licencia de conducir y operación.	Delimitar el paso peatonal y de circulación del personal. Se prohibirá la circulación de personas ajenas al trabajo u obra.
		Exposición de partículas al rostro	Lesiones en el ojo, y en la cara		X	E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación.	Capacitación específica sobre prevención ante trabajo civil. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad Señalización del área de trabajo Reconocimiento del are te trabajo y

						EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	el tipo de tierra a excavar.		
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.	
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.	
11	REPOSICIÓN CON CEMENTO	Falta de capacitación sobre sustancias peligrosas	Exposición a contaminantes		X		E: Colocar ficha de seguridad de cada sustancia peligrosa. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en manipulación de adecuada del cemento y lecciones de seguridad. EPP y BIO: Dotar Protector respiratorio.	Sustancias peligrosas con Ficha de Seguridad. Dotar protector respiratorio.	
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas al mismo nivel	X			E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas			X		E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Exposición de partículas al rostro	Lesiones en el ojo, y en la cara			X		E: Eliminación de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: Herramientas nuevas. I: Inspección del área de trabajo y auxilio inmediato al trabajador. A: Identificación de zonas de riesgo y delimitación. EPP y BIO: Dotación de guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre prevención ante trabajo civil. 2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad Señalización del área de trabajo Reconocimiento del are te trabajo y el tipo de tierra a excavar.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2				X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2				X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Remplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.

		PROBABILIDAD					
		BAJO	MEDIO	ALTO			
CONSECUENCIA	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	<b>RIESGO NO ACEPTABLE</b>	El riesgo es considerado no tolerable con los controles existentes. La actividad no puede realizarse sin antes poner en práctica métodos alternativos para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencias. Reanalizar el riesgo de manera que se obtenga riesgo menor.	
	MEDIO	BAJO	MEDIO	ALTO	<b>RIESGO MODERADO</b>	Deben analizarse/evaluarse controles adicionales para obtener una reducción de los riesgos e implementar aquellos considerados practicable siguiendo el concepto "ALARP" ("tan bajo como sea razonablemente factible").	
	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	<b>RIESGO ACEPTABLE</b>	El riesgo es considerado tolerable. No hay necesidad de medidas tolerables.	

Fuente: Elaboración propia



## Anexo B: APR para la Interconexión – Reparación

<b>Código AOP:</b>	<b>Descripción AOP:</b> Primeramente se realiza una prueba hidráulica a la pieza de tubería nueva de 6m., la cual será utilizada para el remplazo de la sección a cambiar en la red primaria, luego se realizara una excavación hasta llegar a la tubería de red primaria, seguidamente personal de YPFB se encargara de cerrar las válvulas correspondientes para luego desalojar el gas que se encuentra en la sección red primaria a intervenir, se delimitara aproximadamente 2.50 m. en la red primaria, después de que el personal de YPFB haya desalojado por completo el gas natural, se procederá con el corte de la sección delimitada mencionada anteriormente, tras esa actividad también se cortar aproximada 2.50 m. de la tubería nueva esta pieza será utilizada para reemplazar la sección cortada en la red primaria, después incorporar la pieza nueva a la red primaria, tanto el amolador como el soldador calificado procederán con la soldadura de la pieza, posteriormente el equipo de gammagrafia tomara placas radiográficas de la soldadura, tras que estas demuestren un buen resultado, se realizara una perforación a la red primaria para proporcionar gas a la empresa Avícola Sofia, continuando con el trabajo, se cubrirá con primer y cinta polyken a la sección reemplazada, tras realizar un buen trabajo, el personal de YPFB rehabilitara en flujo de gas natural en la red primaria.
<b>Magnitud del proyecto:</b> Categoría Industrial	
<b>Número de trabajadores:</b> 10	
<b>Numero de frentes de trabajo:</b> 2	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 14 días	
<b>Actividad:</b> Interconexión – Reparación	

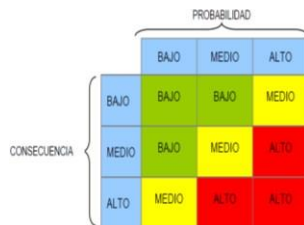
N°	Tarea (Trabajo que debe hacerse en tiempo limitado)	Peligro (Fuente condición insegura, acto inseguro)	Riesgo Laboral (evento o exposición peligrosa)				Controles E: Eliminación S: Sustitución I: Ingeniería A: administrativos, señalización EPP y BIO: Protección personal y bioseguridad	Recursos necesarios para implementar los controles para la AOP
				B	M	A		
2	APERTURA DE ZANJA (MANUAL)	Personal sin EPP de trabajo adecuado para la tarea	Exposición de la vista, rostro y trastornos de tejidos blandos		X		E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps en mal estado por nuevos. I: Verificación de lentes transparentes antes y durante la actividad. A: Reemplazo de epps dañado al personal. EPP y BIO: Dotar protector facial y respiratorio.	2 Protectores Faciales. 2 lentes de seguridad transparente 2 epps listos para su uso
		Defectuosos equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X		E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Reemplazo y Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitación específica sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Posturas ergonómicas inadecuadas	Posturas prolongadas, forzadas Sobrecargas y esfuerzos		X		E: Evitar posturas inadecuadas y prolongadas. S: El personal no levantara mayor a 25Kg de carga. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en el correcto levantamiento de cargas y posturas ergonómicas. EPP y BIO: No aplica a esta tarea.	Capacitación específica de posturas ergonómicas prolongadas, correcto levantamiento de cargas. Carrito para traslado de equipos y materiales.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
3	PREPARACIÓN DE PIEZA DE METAL Y SOLDADURA	Personal sin Mascara o protector facial en el trabajo	Exposición de la vista, rostro y trastornos de tejidos blandos		X		E: Charla diaria de coordinación y analisis de riesgos. S: Cambio de protector facial en mal estado por nuevos. I: Verificación de del protector facial antes y durante la actividad. A: Dotación de epps al personal. EPP y BIO: Dotar protector facial y respiratorio.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Golpes y penetraciones por herramientas		X		E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel		X		E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No	1 rollo de Cinta de señalización visible. 4 parantes para señalización

						aplica.			
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contactos eléctricos directos e indirectos			X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección de equipos, extensiones y conexiones eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Dotación de guantes de seguridad.	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos	
		Proyección de chispas por corte y soldadura de pieza de metal	Quemaduras			X	E: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. S: Cambio de epps para trabajo en caliente en mal estado por otros en buena condición. I: Verificación de la existencia de material combustible alrededor del área de trabajo. A: Charlas de prevención y medidas a tomar ante quemaduras. EPP y BIO: Verificación epps para trabajo en caliente.	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante posibles quemaduras. Tener un botiquín de primeros auxilios en la obra.	
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Verificación de protocolo de bioseguridad en la obra. A: Capacitación, difusión de medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.	
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Remplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.	
4	<b>APLICACIÓN DE TINTAS PENETRANTES, (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)</b>	Proyección de líquidos (Líquidos de Tintas)	Contacto o ingestión			X	E: Tener a la mano la ficha de seguridad de cada tinta penetrante. S: No aplica para esta tarea. I: No aplica para esta tarea. A: Verificar que el personal encargado transporte y almacenamiento adecuado de las tintas penetrantes. EPP y BIO: Verificación Protector respiratorio.	Tener a la mano las fichas de Seguridad de las tintas penetrantes. Dotar protector respiratorio. Verificar el buen transporte y almacenamiento de las tintas penetrantes.	
		Ingesta de partículas (Partículas de líquidos penetrante)	Contacto o ingestión			X	E: Contar con ficha de seguridad de las partículas a usar para la prueba de partículas magnéticas. S: no aplica para esta tarea. I: Verificar que el personal encargado cuente con el protector respiratorio correspondiente. A: Verificar el transporte y almacenamiento adecuado de los líquidos o tintes penetrantes. EPP y BIO: Dotar protector respiratorio.	El personal deberá estar en todo momento con sus epps de seguridad. Contar con la ficha de datos de seguridad del material de partículas	
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a distinto y mismo nivel				X	E: Retiro de material inflamable alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2				X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2				X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Remplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
5		<b>PRUEBAS HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA DE VALVULA Y TUBERIA</b>	Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a distinto y mismo nivel			X	E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización

		Proyección de líquidos o fragmentos a presión	Exposición de la piel, rostro y trastornos de tejidos blandos a causa de líquidos y golpes por fragmentos		X		E: El personal deberá contar con todos los epps de seguridad en todo momento. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: control de protector facial al personal encargado del trabajo. A: Calibración de equipos para la prueba hidráulica. EPP y BIO: Epps y protector facial de seguridad.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
6	<b>PRUEBA HIDRAULICA DE LA PIEZA Y LA TUBERIA</b>	Falta de delimitación, orden y limpieza	caídas al mismo nivel		X		E: Retiro de material comburente alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Proyección de fragmentos a presión	Exposición de la piel, rostro y trastornos de tejidos blandos a causa de líquidos y golpes por fragmentos		X		E: El personal deberá contar con todos los epps de seguridad en todo momento. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Calibración de equipos para la prueba hidráulica. EPP y BIO: Epps de seguridad.	2 Protectores Faciales 2 lentes de seguridad
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	Control de temperaturas al personal, al inicio y final de la jornada laboral. Control de sintomatologías del personal.
7	<b>HOLLIDAY DETECTOR</b>	Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas al mismo nivel y distinto nivel		X		E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	Señalizaciones prohibitivas de advertencia, obligación e información. Aplicación del método de las 5S.
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contactos eléctricos directos e indirectos			X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección de equipos, extensiones y conexiones eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Guantes de seguridad.	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos
		Presencia de ajeno a la actividad (No competente)	Exposiciones a radiaciones no ionizantes		X		E: No permitir personal ajeno. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: Verificación de personal competente para la actividad. A: Calibración de equipos para Holliday. EPP y BIO: Epps en especial guantes de seguridad	Capacitación específica sobre prevención y medidas a tomar ante Radiaciones no ionizantes. Tener un botiquín de primeros auxilios en la obra.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.

8	ENCOFRADO Y ENFERRADO DE CAMARA	Mala manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas	
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel		X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	
		Cables de equipos y extensiones en mal estado y sin aislamiento	Contacto eléctrico directo e indirecto			X	E: Retiro de equipos con conexión eléctrica y extensiones en mal estado del proyecto. S: Cambio de conexión de cables y extensiones en mal estado por un técnico competente. I: Inspección de equipos, extensiones y conexiones eléctricas. A: Identificación de tomas de energía eléctrica seguros. EPP y BIO: Guantes de seguridad.	2 pares de Guantes dieléctricos Inspección y mantenimiento de equipos y materiales eléctricos
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
9	VACIADO DE CAMARA CON CEMENTO	Falta de capacitación sobre sustancias peligrosas	Exposición a contaminantes		X	E: Colocar ficha de seguridad de cada sustancia peligrosa. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en manipulación de adecuada del cemento y lecciones de seguridad. EPP y BIO: Dotar Protector respiratorio.	Sustancias peligrosas con Ficha de Seguridad. Dotar protector respiratorio.	
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas a mismo y distinto nivel		X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas	
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2			X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2			X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
		Falta de delimitación, orden y limpieza	caídas a mismo y distinto nivel		X	E: Retiro de señalizaciones en mal estado del proyecto. S: Cambio de señalizaciones en mal estado con poca visibilización. I: No aplica para la tarea A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización	

10	<b>RELLENO Y COMPACTADO</b>	Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Personal no competente manipulando equipos	Atropellamientos, atrapamientos o daños por sistemas mecánicos		X	E: No circulara personal no autorizado cerca de la obra. S: Distanciamiento adecuado del personal no competente de la maquinaria. I: Inspección del mantenimiento programado de la maquinaria. A: la maquinaria lo manipulara solo el personal competente con licencia de conducir y operación.	Delimitar el paso peatonal y de circulación del personal. Se prohibirá la circulación de personas ajenas al trabajo u obra.
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislar al personal. S: Se reemplazará al trabajador por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura y desinfección de herramientas y personal. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.
11	<b>REPOSICIÓN CON CEMENTO</b>	Falta de capacitación sobre sustancias peligrosas	Exposición a contaminantes		X	E: Colocar ficha de seguridad de cada sustancia peligrosa. S: Charla diaria de coordinación y análisis de riesgos. I: No aplica para esta tarea. A: Capacitación en manipulación de adecuada del cemento y lecciones de seguridad. EPP y BIO: Dotar Protector respiratorio.	Sustancias peligrosas con Ficha de Seguridad. Dotar protector respiratorio.
		Falta de delimitación, orden y limpieza	Caídas al mismo nivel	X		E: Retiro de material comburento alrededor del área de trabajo. S: No aplica para la tarea. I: Delimitación del área de trabajo con cinta de señalización. A: Capacitación sobre el método de las 5s. EPP y BIO: No aplica.	1 rollo de Cinta de señalización visible 4 parantes para señalización
		Deficiente manipulación de equipos y herramientas	Cortes, golpes y penetraciones por herramientas		X	E: Retiro de equipos y herramientas en mal estado del proyecto. S: No usar herramientas o equipos en mal estado. I: Inspección de herramientas y mantenimiento de equipos. A: Capacitación de correcta manipulación de equipos y herramientas. EPP y BIO: guantes, lentes de seguridad.	Capacitaciones específicas al personal 2 veces a la semana sobre correcta manipulación de equipos y herramientas
		Incumplimiento de protocolo y medidas de bioseguridad	Exposición a SARS COV2		X	E y S: No se tiene alternativa por el momento. I: Señalizaciones de bioseguridad en la obra. A: Se capacitará y difundirá las medidas de bioseguridad. EPP y BIO: Dotación de Barbijos quirúrgicos, alcohol al 70%.	Dotación de Barbijos a los trabajadores. Verificación del cumplimiento del protocolo.
		Presencia del Trabajador con SARS COV2	Exposición a SARS COV2		X	E: Aislamiento del personal contagiado. S: Reemplazo del personal por otro que no tenga el virus. I: No aplica para esta tarea. A: Control de temperatura, desinfección del personal y desinfección herramientas. EPP y BIO: Dotar Barbijos Quirúrgicos.	1 Termómetro digital. Dotación de barbijos quirúrgicos 2 veces por día.



<b>RIESGO NO ACEPTABLE</b>	El riesgo es considerado no tolerable con los controles existentes. La actividad no puede realizarse sin antes poner en práctica métodos alternativos para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencias. Reanalizar el riesgo de manera que se obtenga riesgo menor.
<b>RIESGO MODERADO</b>	Deben analizarse/evaluarse controles adicionales para obtener una reducción de los riesgos e implementar aquellos considerados practicables siguiendo el concepto "ALARP" ("tan bajo como sea razonablemente factible").
<b>RIESGO ACEPTABLE</b>	El riesgo es considerado tolerable. No hay necesidad de medidas tolerables.

Fuente: Elaboración propia

### Anexo C: Permiso de trabajo de excavación

PERMISO DE TRABAJO DE EXCAVACIÓN						
Duración del trabajo	Fecha de inicio:		Hora de inicio: a.m. - p.m.			
	Fecha de fin:		Hora de finalización: a.m. - p.m.			
LUGAR DE TRABAJO:			Área:			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO						
TRABAJO EJECUTADO POR PERSONAL		INTERN O	EXTERNO .....(Nombre de la empresa prestadora deservicio)			
Emisor del Permiso:		LISTA DE PERSONAL:		CARGO	FIRMA	
		1.-				
Nombre completo: Firma		2.-				
		3.-				
Responsable del Trabajo		4.-				
		5.-				
Nombre completo: Firma		6.-				
		7.-				
Responsable de Liberar el PT		8.-				
		9.-				
Nombre completo: Firma		10.-				
		11.-				
<b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL Y SISTEMAS NEVESARIOS PARA EL TRABAJO</b>						
Casco de seguridad	Botines de seguridad	Protector facial	Botas de Goma			
Gafas de seguridad	Protector auditivo	Arnés de cuerpo entero	Otros.....			
Guantes	Protector respiratorio	Cinta Retráctil	.....			
<b>ASPECTOS GENERALES ANTES DE COMENZAR EL TRABAJO</b>				Si	N/A	<b>Observaciones</b>
1.- ¿Se tiene planos del lugar a escavar o se conoce la presencia de líneas subterráneas existentes?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.- ¿Se tiene el diseño de la excavación?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.- ¿Se clasifico el tipo de suelo?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.- ¿Es necesario el entubado o apuntalamiento de la excavación?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.- ¿La excavación está libre de agua?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.- ¿Es necesario realizar monitoreo de gases?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.- ¿El materia extraído de la excavación está a una distancia $\geq 1/2$ de la profundidad "H", con un mínimo de 0,6 m desde el borde de la excavación?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8.- ¿Se ha comunicado a los trabajadores que la distancia mínima de separación uno del otro es de 2 m?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9.- ¿Se ha delimitado y señalado el área de trabajo incluido los materiales?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10.- ¿El área de trabajo cuenta con iluminación?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11.- ¿La excavación cuenta con acceso? <b>Ver en IMPORTANTE , Acceso a excavación</b>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

12.- ¿Se cuenta con pasarelas o pasadizos? <b>Ver en IMPORTANTE, Pasarelas</b>				
<b>TRABAJO CON MAQUINARIA</b>	si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si	N/A
<b>Observaciones</b>				
1.- ¿El equipo/maquinaria cuenta con certificación vigente?				
2.- ¿El operador cuenta con certificación vigente?				
3.- ¿Se verifico que el área de trabajo se encuentra libre de obstáculos tanto aéreo como a nivel de suelo y se delimito a 2 m del radio de operación?				
4.- ¿Se cuenta con banderillero para apoyo en las actividades?				
<b>ITEMS A SER VERIFICADOS DESPUES DE CONCLUIR EL TRABAJO</b>		Si	No	Observaciones
1.- ¿El aislamiento del lugar fue removido?				
2.- ¿Lugar limpio, se retiró la suciedad generada en el trabajo?				
3.- ¿Todos los equipos para trabajos de excavación fueron retirados y colocados en su lugar?				
4.- ¿Se concluyó el trabajo levantado en el permiso de trabajo de excavación?				
<b>IMPORTANTE</b>				
Responsable del Cierre del PT:		<b><u>Especificaciones de Seguridad para el Permiso de Trabajo de Excavación</u></b>		
Nombre completo:		- Está terminantemente prohibido borrar o alterar este permiso		
Firma		- Este permiso queda anulado por inclusión de nuevas personas al trabajo, cambio en las condiciones ambientales (lluvias, granizadas, heladas, etc.) Incumplimiento a las medidas de seguridad definidas en este permiso y cuando no se tengan las condiciones de seguridad necesarias		
Responsable del Trabajo:		- Cualquier personal de la empresa al momento de realizar alguna inspección, podrá suspender el trabajo y/o cancelar el permiso emitido, por no cumplir con las disposiciones descritas en el permiso, no usar los equipos o elementos de seguridad definidos en el permiso, evidente fatiga del personal, si las condiciones del trabajo ponen en riesgo al personal, medioambiente y/o infraestructura.		
Nombre completo:		<b><u>Acceso a Excavación</u></b>		
Firma		- La excavación debe contar con medio de acceso y salida (rampas u otro).		
		- Cuando la excavación sea $\geq$ a 1 m de profundidad y no cuente con rampas, deberá tener instalada escaleras de acceso en intervalos de no más de 5 m.		
		- Cuando la excavación sea $>$ a 3 m de profundidad y no cuente con rampas, deberá tener instalada gradas de acceso con barandas y rodapiés en intervalos de no más de 5m.		
		- Las escaleras serán instaladas desde el fondo de la zanja hasta al menos 1m por encima de la superficie del suelo.		
		<b><u>Pasarelas</u></b>		
		- Excavaciones con profundidad $>$ 0, 8m deben contar con pasarelas sólidas de al menos 1m de ancho para el tránsito de personas y materiales, con una separación no $>$ 30 m entre pasarelas		
		- Las pasarelas deben contar con rodapiés y barandas sólidas ubicada entre 0,8 a 1m de altura con respecto al piso y otra baranda intermedia entre esas alturas.		
		- Las pasarelas deben contar con apoyo suficiente en el terreno (al menos 20cm en cada extremo de apoyo), que le permita soportar los sobreesfuerzos.		

**Fuente:** Elaboración propia

### Anexo D: Permiso de trabajo en caliente

PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE						
Duración del trabajo	Fecha de inicio:		Hora de inicio:		a.m. - p.m.	
	Fecha de fin:		Hora de finalización:		a.m. - p.m.	
LUGAR DE TRABAJO:			Área:			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: ..						
TRABAJO EJECUTADO POR PERSONAL			INTE RNO	EXTERNO .....(Nombre de la empresa prestadora de servicio)		
Emisor del Permiso:			<b>LISTA DE PERSONAL:</b>		<b>CARGO</b>	<b>FIRMA</b>
Nombre completo: Firma			1.-			
			2.-			
			3.-			
Responsable del Trabajo			4.-			
Nombre completo: Firma			5.-			
			6.-			
			7.-			
Responsable de Liberar el PT			8.-			
Nombre completo: Firma			9.-			
			10.-			
			11.-			
EQUIPOS DE TRABAJO A UTILIZAR						
MAQUINA SOLDAR	DE	AMOLADORA	CALENTADOR (ES)	OTROS..... .....		
EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL Y SISTEMAS NECESARIOS PARA EL TRABAJO						
CASCO		PROTECTOR AUDITIVO	COLETO DE CUERO	MASCARA PARA SOLDAR		
GUANTES SOLDADURA	DE	BOTINES SEGURIDAD	MANDIL DE CUERO	GUANTES DE CUERO		
GAFAS (APOYO)	OSCURAS	PROTECTOR FACIAL	PROTECTOR RESPIRATORIO	OTROS..... ....		
ASPECTOS GENERALES ANTES DE COMENZAR EL TRABAJO				SI	N/A	Observaciones
1.- ¿El área se encuentra debidamente delimitada?						
2.- ¿Los equipos de protección personal son los adecuados y están en buenas condiciones?						
3.- ¿La red eléctrica se encuentra fuera del alcance del andamio, escalera, elevador aéreo o canastillo (>3mts.)?						
4.- ¿El personal está entrenando en el plan de emergencia interno de planta?						
5.- ¿Se cuenta con el extintor en el área de trabajo con clasificación de acuerdo a los materiales existentes?						
6.- ¿El área de trabajo se encuentra libre de polvos combustibles y limpia?						
7.- ¿Equipo de soldadura se encuentra aterrado a la toma industrial o con varilla de cobre a tierra?						
8.- ¿Equipo de corte y soldadura en buen estado (cables sin empalmes, resguardos, clavija industrial, etc.)?						
9.- ¿En caso de trabajar en tanques o espacios confinados, estos se encuentran limpios y ventilados?						
10.- ¿Se deshabilitaron equipos y/o válvulas en la zona de trabajo (aplicar candados/tarjetas del bloqueo)?						
11.- ¿Fue identificado el activador de emergencia más cercana al lugar de trabajo?						
12.- En caso de trabajo en altura, ¿se protegieron los materiales combustibles hasta 15 m. a la redonda?						



13.- ¿Se protegieron (con manga ignífuga y otro elemento no ignífugo) todos los tableros, cable canales o material que no puede aislarse del lugar de trabajo?			
14.- ¿Se identificó la dirección del viento?			
15.- ¿Los líquidos inflamables se encuentran en envases cerrados y los materiales combustibles protegidos en la zona de trabajo?			
16.- ¿El área cuenta con algún medio de ventilación natural o artificial en caso de que sea un área cerrada?			
17.- ¿Los botellones de gases usados por trabajos en caliente se encuentran sujetos (cadena o estructura sólida) y en posición vertical?			

<b>TRABAJOS EN AREAS DE ALTO RIESGO</b>	<b>Si</b>	<b>N/A</b>	<b>Observaciones</b>
---	-----------	------------	----------------------

1.- ¿Se protegieron los materiales combustibles a 15 m a la redonda del lugar de trabajo?			
2.- ¿Se protegió pisos y/o paredes del ingreso de chispas a 15 m a la redonda del lugar de trabajo?			
3.- ¿El área de trabajo se encuentra libre de gases inflamables o vapores (monitoreo de gases)? (*)			
4.- ¿El área de trabajo se encuentra libre de gases combustible (monitoreo de gases)? (*)			

<b>TRABAJOS EN AREAS DE RIESGO MEDIO</b>	<b>Si</b>	<b>N/A</b>	<b>Observaciones</b>
--	-----------	------------	----------------------

1.- ¿Se protegieron los materiales combustibles a 11 m. a la redonda del lugar de trabajo?			
2.- ¿Se protegió pisos y/o paredes del ingreso de chispas a 11 m. a la redonda del lugar de trabajo?			

<b>ITEMS A SER VERIFICADOS DESPUES DE CONCLUIR EL TRABAJO</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
---	-----------	-----------	----------------------

1.- ¿Lugar limpio y sin residuos generados por el trabajo?			
2.- ¿El aislamiento del lugar fue removido?			
3.- ¿Se concluyó el trabajo levantado en el permiso de trabajo en caliente?			

**IMPORTANTE**

<p>Responsable del Cierre del PT:</p>     <p>Nombre completo: _____ Firma _____</p>	<p><b>Especificaciones de Seguridad para el Permiso de Trabajo</b></p> <p>Observador de incendios de Trabajo: Asignado cuando solo si existen combustibles ordinarios y no hay ningún riesgo inusual de incendio cerca del lugar de trabajo. Trabajo cerca del sitio y puede ayudar en dicho trabajo. Observador de incendios de No trabajo: Asignado para áreas donde un incendio puede extenderse muy rápidamente, tales como las Áreas de alto riesgo.</p> <p>El observador está dedicado a observar incendios y no realiza ningún otro tipo de trabajo o tarea. Verificación después de concluido el trabajo: El observador de trabajo o de no trabajo, deberá realizar una inspección del lugar durante 30 minutos de finalización de la tarea (o designar a una persona para que realice dicha inspección), para identificar posibles causas de incendio y/o explosión y condiciones inseguras que pudieran presentarse en el lugar donde se realizó el trabajo, el mismo deberá registrar la hora de verificación.</p> <p>Especificaciones de seguridad para el permiso de trabajo en caliente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se identifica posibles vapores o gases inflamables en áreas de riesgo medio, se debe realizar una medición de gases para habilitar trabajo (Responsable emisor PT), si esta condición se confirma la zona se considera de alto riesgo.</li> <li>- Está terminantemente prohibido borrar o alterar este permiso.</li> <li>- Este permiso queda anulado por (inclusión de nuevas personas al trabajo, cambio en las condiciones ambientales, incumplimiento a las medidas de seguridad definidas en este permiso y cuando no se tenga las condiciones de seguridad necesarias.</li> </ul>
<p>Responsable del Trabajo:</p>     <p>Nombre completo: _____ Firma _____</p>	

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo E: Ficha de seguridad del Nital**

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (MSDS)  
NITAL DE 2 % A 5%**

**SECCIÓN 1: Identificación**

**Identificación del producto:** Reactivo de ataque Nital, 2% a 5%

**Otro (s) nombre (s):** Nital

**Uso:** Reactivo para pruebas de metales.

**Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:**

ES Laboratory, LLC

2041 E. Gladstone St. Unidad N Glendora, CA 91740 USA

Tel: 626-208-9011

**Número telefónico de emergencia:** Pedir ayuda en Hospital más cercano

**SECCIÓN 2: Identificación de peligros**

**Clasificación peligrosa de la sustancia o la mezcla:**

Clase de peligro	Categoría código
Líquido inflamable:	2
Corrosión de la piel:	1A
Daño ocular grave:	1
Toxicidad aguda (oral):	3
Toxicidad aguda (inhalar):	3
Toxicidad específica para órganos diana - Exposición individual:	1

**Palabra de advertencia:** Peligro

**Pictograma:**



**Declaraciones de peligros:**

H225

Líquido y vapores muy inflamables.

H314

Provoca quemaduras severas en la piel y lesiones en los ojos.

H301 + H331

Tóxico por ingestión o inhalación.

H370

Causa daño a los órganos.

**Declaraciones de precaución:**

- P210 Mantener alejado del calor / chispas / llamas abiertas / superficies calientes - No fumar.
- P260 No respirar el polvo / el humo / el gas / la niebla / los vapores / el aerosol.
- P280 Use guantes de protección / ropa de protección / protección ocular / protección facial.

**Declaración (es) de respuesta:**

- P303 + P361 + P353 SI EN LA PIEL (o pelo): quitar / quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuaga la piel con agua / ducha.
- P305 + P351 + P338 SI EN LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quite las lentes de contacto, si están presentes y fáciles de hacer. Continúe enjuagando.
- P301 + P330 + P331 + P310 EN CASO DE INGESTIÓN: enjuagar la boca. No induzca el vómito. Llame inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o un médico.

**Condiciones de almacenamiento:**

- P403 + P233 + P235 Conservar en un lugar bien ventilado. Guardar en un recipiente herméticamente cerrado. Manténgalo fresco
- P405 Almacene cerrado.

**Declaración (es) de desecho:**

- P501 Eliminar el contenido / recipiente de acuerdo con las regulaciones locales / regionales / nacionales / internacionales.

**Peligro (s) no clasificado (s):** Sin información.

**Índices de la etiqueta:** Ver tablas arriba

**Clasificaciones HMIS:**

- Salud :3
- Inflamabilidad :3
- Reactividad :1

**Clasificaciones NFPA:**

- Salud :3
- Inflamabilidades :3
- Reactividad :1
- Peligro especial : Ninguno



**SECCIÓN 3: Composición / Información sobre los Ingredientes**

Ácido nítrico blanco: 2-5 ml

Alcohol metílico o etílico (98% o absoluto) (También alcohol amílico): 100 ml

**SECCIÓN 4: Medidas de Primeros Auxilios**

**Contacto con los ojos:** Enjuagar los ojos inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Quite las lentes de contacto, si es fácil de hacer. Obtener Ayuda médica inmediatamente.

**Inhalación:** Llevar al aire fresco. Si no respira, administre respiración artificial. Si la respiración es difícil, proporcione oxígeno. Obtenga ayuda médica inmediatamente.

**Contacto con la piel:** Lavar las áreas de contacto con agua durante al menos 15 Minutos mientras se quita la ropa y los zapatos contaminados. Obtenga ayuda médica inmediatamente.

**Fuente:** Presi (Fichas de Datos de Seguridad)

**NOMBRE DEL AUTOR:** WILMER EDSON CAMPOVERDE QUISPE

**CORREO ELECTRÓNICO:** [wecampoverde@gmail.com](mailto:wecampoverde@gmail.com)

**NÚMERO DE CELULAR:** 74022610



DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2485/2023  
La Paz, 8 de Septiembre del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 5 de Septiembre del 2023, por **WILMER EDSON CAMPOVERDE QUISPE** con C.I. N° 8408841 LP., con número de trámite DA 1295/2023, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: "**APLICACIÓN DE ATAQUE QUÍMICO A GOLPE DE ARCO GENERADO EN LA SOLDADURA DE LÍNEA EN SERVICIO (HOT TAP)**", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "*Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración.*"

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "*Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión.*". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "*la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios.*"



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Tells.: 2115700  
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación (Uujarro),  
N° 29, Edif. Bicentenario.  
Tells.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Tells.: 4414403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 58,  
Zona 16 de Julio.  
Tells.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casi esq. Urrilagotia,  
Zona Parque Bolívar.  
Tells.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 243.  
Tells.: 72019286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre N° 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 14.  
Tells.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Tells.: 72018160

www.senapi.gob.bo

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

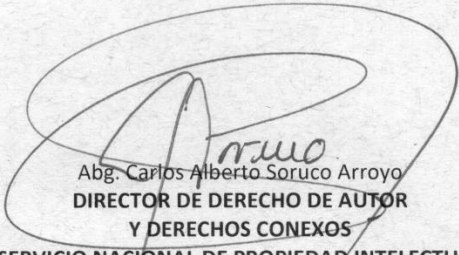
**POR TANTO**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"APLICACIÓN DE ATAQUE QUÍMICO A GOLPE DE ARCO GENERADO EN LA SOLDADURA DE LÍNEA EN SERVICIO (HOT TAP)"**, a favor del autor y titular: **WILMER EDSON CAMPOVERDE QUISPE** con **C.I. Nº 8408841 LP.**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

  
Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
**SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL**



CASA/Imq  
c.c.Arch:



**"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"**

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, Nº 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 215700  
219276 - 219251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
Nº 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, Nº 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4404403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2560  
Edif. Multicentro El Feibo  
Ltda. Piso 2, Of. 58,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2441001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, Nº 366  
casi esq. Urriolagoitia,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, Nº 263.  
Telf.: 72015386

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre Nº 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 16.  
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. A.M. Salinas Nº 262,  
Primer Piso, Of. 11.  
Telf.: 72018160

[www.senapi.gob.bo](http://www.senapi.gob.bo)