

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“INSPECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA CORROSIÓN  
EN TUBERIAS ENTERRADAS UTILIZANDO PINTURA  
EPOXI DE ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

ELABORADO POR:

**LUIS JUNIOR LEON LOPEZ**

ASESOR:

**Dra. KARIN PAUCAR CUBA**

**LIMA – PERÚ**

**2021**



**“INSPECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA CORROSIÓN  
EN TUBERIAS ENTERRADAS UTILIZANDO PINTURA  
EPOXI DE ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS”**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a mi Abuelita  
Mercedes, mi Mami Meche la estrella más alta y hermosa allá en el cielo.

**Luis Junior Leon Lopez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, quien me permitió llegar hasta esta etapa de mi vida cumpliendo mis objetivos trazados al lado de las personas que más amo, mis padres, mi esposa, mis hermanos y sobre todo mis hijos, los pilares para seguir siempre adelante.

**Luis Junior Leon Lopez**

## RESUMEN

La corrosión es un proceso de degradación que padecen la mayor parte de metales como no metales, a causa de una acción química o electroquímica del ambiente circundante.

En el caso del rubro de la construcción, en proyectos del sector minería, refinería, energía, entre otros; este fenómeno provoca grandes pérdidas económicas y, en ocasiones, catástrofes, es por ello por lo que se considera muy importante la prevención de la corrosión por medio de pinturas anticorrosivas, las cuales tienen como función principal la protección y durabilidad del elemento a recubrir.

El presente informe de suficiencia está basado en la experiencia y conocimiento adquirido en el área de calidad en la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. , para los proyectos de Mantenimiento en el sistema de transmisión de gas natural de Camisea - Líneas de gas natural (GN) y los líquidos de gas natural (LGN) y Mejora de Sistema Drag Reducer para la estación de bombeo PS2, ambos proyectos ubicados en la Amazonia Peruana y como parte de su alcance se describe el proceso de la aplicación de pintura líquida epóxica con alto contenido en sólidos para tuberías enterradas, en campo y taller, teniendo participación en aproximadamente 50 km entre ambos proyectos.

El área de Calidad es la encargada de realizar la inspección, seguimiento, monitoreo y ejecución de actividades de control de calidad y aseguramiento de calidad en la disciplina de pintura, respetando cada etapa del plan de inspección y ensayos de acuerdo a las especificaciones del proyecto y normas SSPC, NACE e ISO, utilizando para nuestro caso específico, la categoría Im3 de la norma ISO 12944 – 2, la cual describe diversas alternativas de sistemas de pintura anticorrosiva para elementos enterrados expuestos bajo corrosión normalmente de naturaleza local.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE SIGLAS .....	xi
<b>CAPÍTULO I: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Sector industrial al que pertenece .....	1
1.2 Línea de productos .....	1
1.3 Cultura organizacional .....	1
1.3.1 Misión .....	1
1.3.2 Visión .....	1
1.3.3 Valores .....	2
1.3.4 Política de gestión .....	2
1.3.5 Principios para el logro de la calidad.....	3
1.4 Organigrama.....	4
1.5 Normativa empresarial .....	4
1.6 Medio ambiente, seguridad y salud.....	11
1.7 Gestión de impactos ambientales.....	11
<b>CAPÍTULO II: CARGOS Y FUNCIONES.....</b>	<b>13</b>
2.1 Cargo dentro de la organización .....	13
2.2 Responsabilidades .....	13
2.3 Personal a su cargo y sus responsabilidades .....	14
2.4 Función ejecutiva y/o administrativa .....	15
<b>CAPÍTULO III: TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO .....</b>	<b>16</b>
3.1 Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus funciones .....	16
3.2 Actividades técnicas de su especialidad importantes desarrolladas como bachiller .....	17

3.2.1 Inspección y evaluación de documentos .....	17
3.2.2 Pruebas e inspecciones de inicio de proyecto .....	19
3.2.2.1 Inspección de equipos y herramientas.....	19
3.2.2.2 Inspección de materiales .....	21
3.2.3 Preparación de superficie .....	26
3.2.4 Aplicación de recubrimiento de pintura.....	34
3.2.5 Inspección y evaluación final del recubrimiento de pintura .....	39
3.2.6 Aprobación final .....	42
3.2.7 Proyectos relacionados como bachiller.....	43
3.2.7.1 Descripción del Proyecto N° 01.....	43
3.2.7.1.1 Información general del Proyecto N° 01.....	44
3.2.7.1.2 Antecedentes del Proyecto N° 01.....	46
3.2.7.1.3 Desarrollo del plan de puntos de inspección del Proyecto N° 01 ...	47
3.2.7.1.4 Actividades desarrolladas del Proyecto N° 01 .....	48
3.2.7.2 Descripción del Proyecto N° 02.....	54
3.2.7.2.1 Información general del Proyecto N° 02.....	54
3.2.7.2.2 Antecedentes del Proyecto N° 02.....	56
3.2.7.2.3 Desarrollo del plan de puntos de inspección del Proyecto N° 02 ...	56
3.2.7.2.4 Actividades desarrolladas del Proyecto N° 02.....	56
3.3 Informes o reportes presentados como resultado de las actividades realizadas... ..	61
<b>CAPÍTULO IV: CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO V: FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL .....</b>	<b>64</b>
5.1 Planteamiento de la realidad problemática en cada actividad .....	64
5.2 Antecedentes referencial y objetos de cada actividad.....	64
5.2.1 Objetivo general.....	65
5.2.2 Objetivos específicos .....	65
5.3 Marco teórico de los conocimientos técnicos requeridos .....	65
5.3.1 Conceptos generales.....	65
5.3.1.1 Corrosión.....	65



5.3.1.2 Corrosión en suelos.....	66
5.3.1.3 Corrosión atmosférica.....	67
5.3.1.4 Control de la corrosión.....	68
5.3.1.5 Protección por capa de barrera.....	68
5.3.1.6 Protección por pigmentos inhibidores.....	69
5.3.1.7 Protección galvánica.....	69
5.3.2 Propiedades de la pintura anticorrosiva.....	69
5.3.2.1 Adhesión.....	69
5.3.2.2 Permeabilidad.....	70
5.3.2.3 Humectación.....	70
5.3.2.4 Dureza.....	71
5.3.4 Tipos de recubrimientos para tuberías y juntas de campo.....	71
5.3.4.1 Epóxico líquido de alto contenido de sólidos.....	72
5.3.5 Componentes de las pinturas.....	72
5.3.5.1 Resina.....	73
5.3.5.2 Pigmento.....	74
5.3.5.3 Solvente.....	74
5.3.6 Fallas en los sistemas de pintura.....	75
5.3.6.1 Fallas en pinturas alquídicas.....	76
5.3.6.2 Fallas en pinturas epóxicas.....	76
5.3.6.3 Fallas en pinturas inorgánicas ricas en zinc.....	77
5.4 Objetivo de uso de la teoría propuesta.....	79
5.5 Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones.....	79
5.5.1 Cálculo de la concentración equivalente de sales totales en la superficie a partir de la conductividad.....	80
5.5.2 Cálculo de espesor de la película húmeda.....	81
5.5.3 Cálculo del rendimiento teórico y práctico.....	81
5.5.4 Óptimo consumo de pintura.....	84
5.6 Resultados y aportes técnicos de cada actividad.....	86
5.6.1 Resultados de las actividades en ambos proyectos.....	86
5.7 Análisis de resultados.....	94
5.8 Evaluaciones y decisiones tomadas.....	95

CAPÍTULO VI: ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS .....	97
6.1 Actividades de investigación o innovación realizados como bachiller.....	97
6.2 Participación en unidades o grupos de seguridad industrial .....	97
CAPÍTULO VII: CONTRIBUCIONES AL DESARROLLO DE LA EMPRESA .....	99
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	100
8.1 Conclusiones .....	100
8.2 Recomendaciones.....	101
CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFIA .....	102
CAPÍTULO X: ANEXOS.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tolva utilizada para la preparación de superficie.....	21
Figura 2: Evaluación de conductividad.....	25
Figura 3: Prueba de calidad de aire.....	26
Figura 4: Preparación de superficie SSPC-SP11 .....	30
Figura 5: Medición del perfil de rugosidad según estándar ASTM D4417 ...	31
Figura 6: Análisis de sales sobre superficies según SSPC Guía 15 .....	33
Figura 7: Medición de espesores en película seca .....	40
Figura 8: Identificación de discontinuidades según estándar NACE SP0188 .....	42
Figura 9: Esquema de sistema de transporte de GN .....	45
Figura 10: Esquema de sistema de transporte de LGN.....	46
Figura 11: Vista panorámica de la planta de Gas de Camisea.....	47
Figura 12: Materiales para aplicación de recubrimiento SP 4888 en campo.	48
Figura 13: Daño tipo D a la tubería de fluido GN .....	49
Figura 14: Preparación de superficie SSPC-SP11 a tubería de fluido LGN..	50
Figura 15: Medición de perfil de rugosidad en Línea LGN.....	51
Figura 16: Medición de temperatura en superficie expuesta de Línea LGN .	51
Figura 17: Medición de espesores en película húmeda en Línea LGN .....	52
Figura 18: Medición de espesores en película seca en Línea LGN .....	53
Figura 19: Inspección de discontinuidades en tramo de Línea LGN.....	53
Figura 20: Sistema del agente Drag Reducer en la estación de bombeo PS255	
Figura 21: Preparación de superficie a tubería de código 2”-A-02012-A1C.	57
Figura 22: Medición del perfil de rugosidad a Línea 2”-A-02012-A11 .....	58
Figura 23: Medición de condiciones ambientales - taller Kiteni .....	58
Figura 24: Medición de espesores en película seca a Línea de aire.....	59
Figura 25: Inspección de discontinuidades en Línea de aire .....	60
Figura 26: Capa de barrera atacada por la corrosión .....	68
Figura 27: Componentes de la pintura .....	73
Figura 28: Curva esfuerzo - deformación .....	75
Figura 29: Tubería de 24” utilizada como probeta .....	83

Figura 30: Diagrama para visualizar el volumen muerto.....84  
Figura 31: Cuadro para cálculo de volumen muerto.....85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales estándares aplicables al proceso.....	18
Tabla 2: Datos del compresor .....	20
Tabla 3: Tipos de daños de recubrimiento.....	22
Tabla 4: Condiciones de oxidación según SSPC .....	23
Tabla 5: Irregularidades más comunes en elementos en fierro negro.....	27
Tabla 6: Descripción de guías visuales SSPC.....	28
Tabla 7: Principales normativas para la preparación de superficie.....	28
Tabla 8: Sistema de pintura para el Proyecto N°01 .....	36
Tabla 9: Sistema de pintura para el Proyecto N°02 .....	36
Tabla 10: Niveles de medición según estándar SSPC-PA2 .....	40
Tabla 11: Desarrollo de actividades según participación de proyectos .....	62
Tabla 12: Resistividad del suelo .....	66
Tabla 13: Principales fallas en recubrimiento.....	77
Tabla 14: Resultados del proyecto N°01 .....	87
Tabla 15: Resultados del proyecto N°02 .....	90

## ÍNDICE DE SIGLAS

ANSI: American National Standards Institute  
ASME: American Society of Mechanical Engineers  
ASTM: American Society of Testing Materials  
COGA: Compañía Operadora de Gas del Amazonas  
COV: Compuestos Orgánicos Volátiles  
EPH: Espesor en Película Humeda  
EPS: Espesor en Película Seca  
FBE: Fusion Bonded Epoxy  
ISO: International Organization for Standardization  
MSDS: Material Safety data Sheet  
NACE: National Association of Corrosion Engineers  
OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series  
PS2: Pump Station N° 02  
SSPC: Steel Structures Painting Council  
TGP: Transportadora de Gas del Perú

## **CAPÍTULO I: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA**

### **1.1. Sector industrial al que pertenece**

Con una trayectoria de más de 65 años y 22000 empleados, Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. ha realizado más de 3.500 proyectos en el sector de la construcción desde el diseño hasta la puesta en marcha, cuidando el medio ambiente y el bienestar de las comunidades cercanas.

### **1.2. Línea de productos**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. provee servicios de Ingeniería, Suministros, Construcción, Operación y Gerenciamiento de proyectos complejos a nivel global.

### **1.3. Cultura organizacional**

#### **1.3.1. Misión**

La misión de Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. es brindar valor a sus accionistas y clientes a través de la prestación de servicios de ingeniería, suministros, construcción, operación y gerenciamiento de proyectos de infraestructura, industriales y energéticos. La capacitación de sus recursos humanos es fundamental para construir conocimiento en forma permanente. Están comprometidos con la seguridad de sus colaboradores y con el desarrollo de los países donde actúan, buscando el bienestar de las comunidades y cuidando el medio ambiente.

#### **1.3.2. Visión**

Ser la empresa de Ingeniería y Construcción líder en lo que respecta a método de trabajo, patrimonio tecnológico y capacidades de sus recursos humanos.

### **1.3.3. Valores**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. se ha consolidado en el mercado básicamente por sus siguientes valores fundamentales:

- Compromiso con la seguridad de las personas, con el cuidado del medio ambiente y con el desarrollo de las comunidades.
- Arraigo local y respeto por la diversidad cultural en el marco de una visión global de los negocios.
- Desarrollo de los recursos humanos y construcción de conocimiento.
- Transparencia y profesionalismo en la gestión.
- Énfasis en los procesos y la previsibilidad.

### **1.3.4. Política de gestión**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. está fuertemente orientada a la mejora continua de los procesos, con el fin de satisfacer y superar las expectativas de los clientes, accionistas, colaboradores, proveedores y las comunidades en las que desarrollan su trabajo.

Para concretar esta política nos basamos en:

- Hay que considerar que todos los incidentes y accidentes que pongan en peligro la salud y seguridad de las personas, el medio ambiente o la calidad de los procesos de producción y de soporte pueden y deben ser prevenidos.
- Establecer que la administración de la empresa es responsable de la gestión y del resultado del desempeño en salud y en seguridad, así como de la protección ambiental.
- Trabajar con altos estándares de seguridad, protección ambiental y calidad como condición de empleo para todos los integrantes de la Empresa, incluyendo a subcontratistas y proveedores.



- Incorporar la responsabilidad social como una dimensión clave a tener en cuenta en todas nuestras operaciones, promoviendo el desarrollo sostenible, y el respeto y promoción de las comunidades con las que interactuamos.
- Desarrollar recursos humanos altamente calificados y competentes.
- Involucrar y comprometer a todos los mandos de la Empresa en el sistema de gestión.
- Potenciar la creatividad a fin de obtener soluciones integrales para sus clientes.
- Mantener la transparencia de su gestión y una fluida comunicación interna y externa.
- Aplicar las más actualizadas técnicas de ingeniería, construcción, instalación y gestión, y así agregar valor a cada uno de los procesos.
- Identificar y cumplir con todos los requerimientos legales y reglamentarios aplicables.

Esta Política refleja su convicción y compromiso para incrementar el liderazgo de la Empresa, y el crecimiento profesional y personal de cada uno de los que la conforma.

### **1.35. Principios para el logro de la calidad**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. promueve una cultura de calidad a través de la implementación de un sistema de gestión que facilita el cumplimiento de los objetivos del negocio. Utiliza como base un modelo de procesos y un ciclo de mejora continua en sus cuatro etapas: planificación, implementación, chequeo y revisión.

El área de Calidad desarrolla actividades con el fin de:

- Controlar de manera sistemática el cumplimiento de todas las metodologías establecidas para desarrollar los procesos de la organización.

- Verificar los requerimientos de calidad de los productos para cumplir con los estándares más altos del mercado, asegurando su confiabilidad, lo que redundará en relaciones de negocios a largo plazo.
- Cumplir con las necesidades y expectativas de los clientes.
- El Sistema de Calidad de Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. está certificado de acuerdo con la norma ISO-9001 desde 1996.

#### **1.4. Organigrama**

El organigrama de la organización se divide en tres grandes áreas, las cuales son las tres regiones del territorio peruano, sector costa, sector sierra y sector selva, esto ocurre debido a que las líneas de GN y LGN recorren las regiones antes mencionadas.

El organigrama ubicado en el anexo N° 01 muestra los cargos por sector, los cuales cumplen de manera transversal la misma función y jerarquía.

#### **1.5. Normatividad empresarial**

Durante más de una década, Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. ha implementado una base normativa que establece las directrices que rigen la relación de la Compañía con sus empleados, clientes, proveedores, socios y terceros. Este conjunto de normas, en su versión actualizada, integra en la actualidad el Programa de Cumplimiento de Conducta Empresarial.

#### **Código de conducta**

El Código de Conducta establece los principios éticos que sientan las bases para las relaciones entre la Compañía y sus empleados, sus clientes y proveedores, y define directrices de integridad y transparencia.

El Código está en vigencia desde el año 2005 y fue actualizado por última vez en el año 2016 para aclarar conceptos de las versiones anteriores y añadir nuevas pautas. Las directrices principales son:

**i. Cumplimiento de la ley**

Todos los empleados deberán siempre cumplir con la ley.

**ii. Gestión transparente**

La información debe ser exacta y las decisiones transparentes.

**iii. Informes y registros precisos**

Los libros y registros deben reflejar las transacciones en conformidad con las normas contables aplicables. Todos los empleados son responsables de la creación y el mantenimiento de registros precisos.

**iv. Declaración de conflictos de intereses**

Los empleados deben actuar de forma justa, leal y honesta, siempre de acuerdo con los objetivos de la Compañía y sus valores fundamentales.

**v. Obsequios y entretenimiento**

Ningún empleado debe ofrecer, prometer, dar, solicitar o aceptar regalos excesivos o inadecuados.

**vi. Uso de activos**

Los activos de la Compañía deben ser utilizados con cuidado y responsabilidad.

**vii. Seguridad de la información**

El acceso a la información está limitado al personal autorizado. La difusión indebida está prohibida.

**viii. Confidencialidad**

La información que no deba ser divulgada por cuestiones legales debe mantenerse en estricta confidencialidad.

**ix. Información privilegiada**

El intercambio de información privilegiada está estrictamente prohibido.

**x. Uso de recursos tecnológicos**

El hardware y software deben ser utilizados solamente para fines de la Compañía.

**xi. Derechos de propiedad intelectual**

Todo el know-how desarrollado en el entorno laboral tiene derechos de autor reservados a la empresa.

**xii. Ambiente de control**

Todo el personal, en sus respectivas funciones, es responsable de la definición y del adecuado funcionamiento de los controles internos.

**xiii. Prohibición de soborno**

La Compañía no consentirá, en ninguna circunstancia, el ofrecimiento o recepción de sobornos o cualquier otra forma de pago indebido a un tercero.

**xiv. Incentivos comerciales**

Los incentivos comerciales deben ajustarse a las leyes aplicables y las prácticas de mercado.

**xv. Protección de la competencia**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. está comprometida con los valores de justicia, honestidad y competencia transparente, prohibiendo las restricciones comerciales injustificadas.

**xvi. Entorno de trabajo**

La discriminación ilegal en las relaciones laborales está prohibida.

**xvii. Relaciones con la comunidad**

Las relaciones políticas en nombre de la Compañía están restringidas y existen normas que regulan la relación con funcionarios del gobierno.

**xviii. Respeto a la legislación medioambiental**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. expresa formalmente su compromiso en la reducción del impacto ambiental de sus operaciones a través del uso eficiente de recursos, la planificación del transporte, la reducción de residuos y emisiones, y un cuidadoso manejo de sustancias peligrosas.

**Política de conducta empresarial**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. tiene una Política de Conducta Empresarial que destaca su compromiso con las regulaciones antisoborno de cada uno de los países donde opera o realiza negocios la Compañía. Nuestra Política abarca los siguientes temas:

**i. Prohibición de pagos por conductas indebidas**

Ninguna persona podrá proponer, ofrecer, prometer, pagar o entregar (o autorizar a cualquier otra persona a hacerlo), directa o indirectamente, ninguna cosa de valor a un funcionario público para inducirlo a llevar a cabo alguna conducta indebida.

**ii. Prohibición de efectuar pagos facilitadores**

Los pagos a funcionarios públicos para acelerar o asegurar la realización de una actividad administrativa de rutina no están permitidos.

**iii. Restricciones a la realización de pagos en efectivo**

Los pagos en efectivo y los pagos realizados a terceros distintos al tercero a quien se adeuda el pago están prohibidos.

**iv. Gastos admisibles**

Existen restricciones para la ejecución de ciertos pagos relacionados con terceros (gastos de viaje y alojamiento, pagos a consultores o asesores, pagos requeridos por la ley local, contribuciones benéficas, entre otros).

**v. Diligencia requerida al contratar empleados**

Directrices para la evaluación de empleados y representantes previo a su contratación (considerando las calificaciones de los candidatos, razones legítimas para su selección, reputación, credenciales, experiencia, aprobaciones internas, aceptación de la Política y el Código de Conducta, etc.).

**vi. Señales de advertencia**

Directrices para ayudar a evaluar situaciones específicas y concientizar en la identificación de señales de advertencia. El incumplimiento de la Política por parte de empleados o terceros será motivo razonable para el despido o terminación de contrato, según corresponda.

**Procedimientos específicos**

Existen procedimientos específicos que fijan reglas para cumplir con los principios anticorrupción establecidos en la Política de Conducta Empresarial.

**i. Asociaciones, empresas conjuntas y consorcios**

Para asegurar que los socios comerciales comparten y se adhieren a los valores y a las disposiciones antisoborno de Techint Ingeniería y Construcción S.A.C., la Compañía les solicita la aceptación de su Código de Conducta y Política de Conducta Empresarial y el cumplimiento de un proceso de evaluación, que incluye información facilitada por el potencial socio, información requerida a terceros y la verificación de antecedentes de otras fuentes.

**ii. Representantes y asesores**

Las terceras partes involucradas en el otorgamiento de permisos, licencias, autorizaciones, etc., por parte de entidades gubernamentales son debidamente evaluadas en relación con su integridad y transparencia. El proceso incluye la aceptación del marco ético y anticorrupción de la Compañía, y la recopilación de información y documentación del tercero y de otras fuentes, comprobaciones de antecedentes y referencias comerciales, entre otros. Cualquier señal de advertencia que surja durante la evaluación será analizada y resuelta por el Oficial de Cumplimiento de Conducta Empresarial, quien deberá también prestar asistencia, cuando sea requerida, durante el proceso.

**iii. Contribuciones benéficas**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. está comprometida con el desarrollo de las comunidades y contribuye al crecimiento y a la mejora de la calidad de vida de las personas relacionadas con sus proyectos. Sin embargo, para prevenir que una donación encubra un pago ilegal, la norma requiere la realización de una evaluación de la integridad y la ética del donatario, examinando su perfil, personas clave y su historial. Los directores corporativos deben aprobar las contribuciones en todos los casos.

**iv. Política de transparencia en las relaciones con terceros**

Publicada en el año 2005, establece los compromisos básicos que los empleados deben asumir para evitar que los intereses personales prevalezcan sobre los intereses de la Compañía, estableciendo normas específicas para actuar de manera transparente, ética y honesta.

La Política abarca:

- Conflictos de interés
- Deber de no competencia
- Regalos de terceros a empleados
- Reporte de violaciones

**v. Regalos, comidas de cortesía y gastos de viaje**

Condiciones para la aceptación y aprobación de gastos razonables y de buena fe relacionados con terceros (incluidos los importes máximos admisibles, circunstancias y motivos, frecuencia, número de huéspedes, cumplimiento de la legislación local, registros y autorizaciones).



## **1.6. Medio ambiente, seguridad y salud**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. está comprometida con el desarrollo sustentable, preservando el medio ambiente y velando por el bienestar físico de sus colaboradores y el correcto funcionamiento de sus instalaciones y equipos.

Establece altos estándares de prevención en seguridad, salud y protección ambiental para obtener resultados de excelencia que impulsen el crecimiento de la empresa e impacten positivamente en el entorno. El objetivo es cero daños.

La Compañía está convencida de que todos los incidentes y accidentes pueden y deben prevenirse. En línea con esto, la Empresa establece normas de conducta basadas en el comportamiento responsable de quienes se esmeran en construir una cultura de trabajo seguro como parte de su rutina cotidiana.

El enfoque es la mejora continua, mediante la implementación de las mejores prácticas y la incorporación de la autogestión en todas sus actividades. La compañía actúa así en conformidad con las normas internacionales como ISO 14001:2004 (Gestión de Medio Ambiente) y OHSAS 18001:2007 (Seguridad y Salud Ocupacional).

## **1.7. Gestión ambiental sustentable**

### **Desempeño ambiental**

Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. se siente responsable de la preservación del ambiente y del desarrollo sustentable; se compromete con sus empleados, clientes, contratistas y con la comunidad a minimizar el impacto ambiental y social de sus operaciones y evitar efectos adversos al medio ambiente.

Desde el año 2005, la empresa cuenta con un Sistema Integrado de Gestión, que incorpora el aspecto ambiental en todas sus actividades y adopta y asegura un sistema de identificación, gestión, notificación y validación de los compromisos ambientales. Anualmente, se realiza la revisión del SIG y se definen las mejoras en medio ambiente, seguridad y salud de manera integrada. En los proyectos, la

gestión ambiental es planificada desde el inicio, a través del Plan de Gestión Ambiental Sustentable, que considera las particularidades de la obra, la estructura documental de la compañía, la legislación aplicable, los documentos del proyecto y otros compromisos asumidos con clientes y socios para asegurar la implementación en forma exitosa de las medidas de protección ambiental durante el desarrollo de las actividades. La base documental de la compañía contiene los principales documentos ambientales, que describen los lineamientos para las distintas actividades. Estos guían la implementación de la gestión ambiental sustentable.

Los programas de gestión ambiental del proyecto son implementados y controlados mediante el monitoreo de las distintas variables del medio ambiente y las herramientas de control operativo. Estas últimas hacen referencia al conjunto de actividades que garantizan la prevención, recomposición, mitigación, compensación y remediación de los impactos ambientales de la obra, especialmente entre aquellos actores más sensibles.

La Compañía está comprometida con el Medio Ambiente, la Salud y la Seguridad, por ello cuenta con las certificaciones ISO 9001 (Calidad), ISO 14001 (Medioambiente), OHSAS 18001 (Salud Ocupacional y Seguridad). También cuenta con un Sistema Único Integrado de Gestión, para lograr un objetivo de cero accidentes mediante la adopción de un sistema preventivo y Programas de protección ambiental y soluciones técnicas para la sustentabilidad de las operaciones.

## **CAPÍTULO II: CARGOS Y FUNCIONES**

### **2.1 Cargo dentro de la organización**

El cargo que desempeñé en la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. fue el de “Inspector de Calidad” en la disciplina de recubrimiento de pintura para el área de tubería (piping), la asignación a dicho cargo fue debido a los años de experiencia alcanzada en los diferentes proyectos desarrollados en el interior y exterior del país.

### **2.2 Responsabilidades señaladas en el manual de la organización y funciones**

Las responsabilidades dentro de la empresa están descritas en el plan de calidad y se mencionan a continuación:

#### **Inspector QA/QC**

Es el responsable del control, monitoreo y ejecución de actividades de Control de Calidad y Aseguramiento de Calidad en la disciplina de pintura en campo, mediante la participación en trabajos operativos, así como el responsable del control, monitoreo, archivo, y seguimiento de la documentación generada en obra, asistiendo al Jefe de Calidad en los mecanismos de control documentario.

Asegurará la aplicación de los estándares de calidad:

- Hará cumplir en campo los procedimientos corporativos y los especificados por el cliente.
- Realizará el seguimiento de todas las actividades desarrolladas en cada uno de los sectores.
- Controlará y hará seguimiento documentario de actividades de recubrimiento de pintura a fin poder sustentar dichas obras.

- Desarrollará los planes de inspección y ensayo sugeridos para las actividades desarrolladas y definidas por la supervisión.
- Verificará y controlará instrumentos y equipos (calibraciones, estado, etc.).
- Asegurará que los subcontratistas cumplan las especificaciones de calidad solicitadas.
- Asegurará la aplicación de los estándares de calidad en la recepción de materiales.
- Responderá por el control documentario de las actividades desarrolladas en obra.
- Asistirá al Ingeniero de Calidad QA/ Control Documentario en auditorías internas.

Tendrá excelente comunicación oral y escrita, buenas relaciones interpersonales, una alta capacidad analítica en la resolución de problemas, y capacidad de respuesta ante trabajos de alta presión cuando se requiera.

### **2.3 Personal a su cargo y sus responsabilidades**

El Inspector de calidad cuenta con personal a cargo, el cual se describe a continuación:

#### **Asistente documentario**

- Gestionar los documentos del Sistema de Calidad de acuerdo con lo especificado en el SGC, asegurándose de su elaboración, aprobación distribución y almacenamiento de forma controlada, para lo cual establecerá flujogramas de control de documentos y bases de datos para poder asegurar la trazabilidad de la información.
- Gestionar las comunicaciones entre el contratista y el cliente mediante el procedimiento de comunicación específico a ser elaborado por ambas partes.

## **2.4 Función ejecutiva y/o administrativa**

El área de Calidad de Techint desarrolla actividades con el fin de:

- Controlar de manera sistemática el cumplimiento de todas las metodologías establecidas para desarrollar los procesos de la organización.
- Verificar los requerimientos de calidad de los productos para cumplir con los estándares más altos del mercado, asegurando su confiabilidad, lo que redundará en relaciones de negocios a largo plazo.
- Cumplir con las necesidades y expectativas de los clientes.

## **CAPÍTULO III: TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO**

### **3.1 Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus funciones**

Los siguientes cursos de pregrado, forman parte de los conocimientos desarrollados durante la formación del ingeniero químico, así mismo son de vital importancia para la realización de las funciones realizadas en la etapa laboral.

- Sistemas de Información y Reportes Técnicos (PI-118): Proporciona conocimientos de cómo elaborar informes y/o reportes.

Este curso ofrece información sobre la elaboración de informes técnicos claros y bien estructurados aplicando reglas gramaticales y utilizando un lenguaje de ingeniería basado en ecuaciones, gráficos, diagramas, planos, entre otros.

- Industria de los Procesos Químicos (PI-318): Visitas técnicas a diversas empresas, analizando el mejoramiento tecnológico de los procesos químicos.

Este curso ofrece información sobre la comprensión y el análisis del proceso químico más común e importante en la industria moderna, cabe mencionar que entre los procesos analizados esta la industria del recubrimiento mediante pintura líquida.

- Materiales Industriales (PI-513): Brinda conocimientos para la selección de materiales de acuerdo con el entorno de trabajo.

Este curso ofrece información sobre la aplicación de principios básicos de ciencia y tecnología de materiales en ingeniería, hace énfasis en los criterios para su elaboración y comportamiento en servicio en función de su clase, propiedades y aplicaciones.

- Corrosión (PI-515): Brinda conocimientos sobre los tipos de corrosión y cómo prevenirlo con el uso de recubrimientos (pintura).

Este curso ofrece información sobre la identificación, análisis, prevención y control de la corrosión, así como su impacto técnico y económico en la industria, una manera de la prevención de la corrosión es el uso de los recubrimientos de pintura.

### **3.2 Actividades técnicas de su especialidad importantes desarrolladas como Bachiller**

A continuación, se describe cronológicamente toda actividad técnica desarrollada por el área de control de calidad durante la ejecución de los procesos realizados por el área de construcción en la etapa de recubrimiento de pintura para tuberías enterradas en los proyectos:

- Mantenimiento en el sistema de transmisión de Gas Natural de Camisea, Líneas GN y LGN el cual será llamado posteriormente Proyecto N°01.
- Mejora de Sistema Drag Reducer para Estación de Bombeo PS2, el cual será llamado posteriormente Proyecto N°02.

La inspección de las actividades que se muestran a continuación no necesariamente se realiza para ambos proyectos, debido a que, para el primer proyecto mencionado, las actividades se realizaron en campo y por el contrario para el segundo proyecto el gran parte del proceso se realizó en taller.

#### **3.2.1 Inspección y evaluación de documentos**

Los estándares ASTM, SSPC, NACE e ISO para preparación de superficie, aplicación de recubrimiento de pintura y afines son fundamentales para la inspección, evaluación y determinación de aceptabilidad del desarrollo de las actividades para realizar, estos documentos, los cuales se reflejan en la tabla 1 toman un papel fundamental en cada etapa del proceso de inspección.

Tabla 1: Principales estándares aplicables al proceso

Organización	Estándar	Descripción
ASTM	D7393	Práctica estándar para indicar aceite en abrasivos.
ASTM	D4940	Método de prueba estándar para el análisis conductimétrico de la contaminación iónica soluble en agua de los abrasivos de chorro.
ASTM	D4285	Método de prueba estándar para indicar aceite o agua en aire comprimido.
ASTM	D4417	Métodos de prueba estándar para la medición de campo del perfil de superficie de acero limpiado con chorro.
SSPC	SP1	Limpieza con solvente.
SSPC	SP3	Limpieza mecánica.
SSPC	SP10	Limpieza con chorro de abrasivo. Granallado Semi-Blanco.
SSPC	SP11	Limpieza de herramientas eléctricas para metal desnudo.
SSPC	GUIA15	Métodos de campo para la extracción y análisis de sales solubles en sustratos de acero y otros sustratos no porosos.
SSPC	PA2	Medición del espesor del recubrimiento seco con medidores magnéticos.
NACE	SP0188	Pruebas de discontinuidad (Holiday) de nuevos recubrimientos protectores en sustratos conductores.
NACE	SP0169	Control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas enterradas o sumergidas.

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 1: Principales estándares aplicables al proceso (continuación)

Organización	Estándar	Descripción
ISO	8502-3	Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados. Pruebas para la evaluación de la limpieza de la superficie. Parte 3: Evaluación del polvo en las superficies de acero preparadas para pintar (método de cinta sensible a la presión).
ISO	12944-2	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
ISO	12944-5	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2 Pruebas e inspecciones de inicio de proyecto

Las pruebas que se describen a continuación son las llamadas pruebas de arranque de obra y se realizan a todo equipo y material involucrado antes de iniciar la parte operativa de la actividad, dichas pruebas tienen la finalidad de conocer el estado de la superficie y con ello realizar las mejoras necesarias que pueda optimizar el proceso.

En la mayoría de los casos el fabricante de pinturas es el encargado de realizar dichas pruebas.

#### 3.2.2.1 Inspección de equipos y herramientas

##### i. Compresor

Equipo utilizado para la limpieza post preparación superficial, estimación del consumo del abrasivo utilizado y alimentador de presión para equipos para aplicación de pintura (Airless).

Como parte de la inspección del equipo, se registran los datos para llevar la trazabilidad de este equipo, ver tabla 2.

**ii. Tolva**

Equipo el cual permite proyectar diferentes tipos de abrasivos como escoria, granalla y arena (aunque este último no es recomendado por su insalubridad), normalmente la función de este equipo es recibir el abrasivo que cae luego de impactar al elemento procesado, se debe tener en cuenta que este tanque (ver Figura 1) es fabricado bajo normas y especificaciones internacionales como ASME y ANSI, el cual garantiza la seguridad y buena funcionalidad del equipo.

**iii. Herramientas para aplicación de pintura**

Para la aplicación en particular de esta pintura, según la hoja técnica del fabricante solo es posible con la utilización de brocha, ya que debido a las propiedades específicas de la pintura esta no es posible poder aplicarla con un equipo convencional o Airlees por ser una pintura de 100% sólidos y tener un tiempo de secado muy corto.

TABLA 2: Datos del Compresor

MARCA	
CAUDAL DE AIRE (cfm)	
MODELO	
PULMÓN DE CONDENSADO	SI ..... NO .....
PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 1 (psi)	PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 2 (psi)
CALIDAD DE AIRE MANGUERA 2	
CALIDAD DE AIRE MANGUERA 1	
BOQUILLA 1 (N°.....)	% Desgaste .....
BOQUILLA 2 (N°.....)	% Desgaste .....

Fuente: Elaboración propia



Figura 1: Tolva utilizada para la preparación de superficie

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.2 Inspección de materiales

#### i. Condición inicial de la superficie

Para conocer el estado inicial de los elementos antes de la preparación de superficie nos basamos en documentos aprobados por el cliente.

Para el caso del proyecto Mantenimiento para el sistema de transmisión de gas natural de Camisea, Líneas GN y LGN, se consideraron los tipos de daños establecidos en el procedimiento operativo de código COG001IINPR0001 por parte del cliente, la aplicación de la pintura epoxi líquida con alto contenido de sólidos es aplicada solo a los tipos de daños C y D, estos se describen en la tabla 3.

TABLA 3: Tipos de daños del recubrimiento

Tipo de Daño de Recubrimiento	Descripción
Tipo A	Revestimiento dañado cuya área resulte inferior a 300 cm <sup>2</sup> , sin exposición de metal o capa epóxica.  (El daño en el revestimiento no debe superar los 6 cm de ancho y 50 cm de longitud).
Tipo B	Revestimiento dañado cuya área resulte inferior a 10 cm <sup>2</sup> , con exposición de metal o capa epóxica.
Tipo C	Revestimiento dañado cuya área resulte superior a 300 cm <sup>2</sup> . y/o defectos que superen los 6 cm de ancho y 50 cm de longitud, sin exposición de metal o capa epóxica.
Tipo D	Revestimiento dañado cuya área resulte superior a 10 cm <sup>2</sup> , con exposición de metal o capa epóxica.

Fuente: Procedimiento operativo COG001IINPR0001

Con respecto al Proyecto Mejora de Sistema Drag Reducer para Estaciones de Bombeo PS2 nos apoyamos en el comentario SSPC-SP COM, este documento divide en tres categorías las condiciones iniciales de la superficie las cuales son: construcciones nuevas, mantenimiento y superficies contaminadas.

Debido que fue una construcción nueva se consideraron cuatro condiciones de superficie basadas en las clasificaciones de condiciones de oxidación. Estas condiciones iniciales, definidas en las referencias de consenso visual de SSPC, como son, SSPC-VIS 1, SSPC-VIS 3 y SSPC-VIS 4, se describen en la tabla 4.

TABLA 4: Condiciones de oxidación según SSPC

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
Condición de Óxido A	Superficie de acero cubierto por completo con cascarilla de laminación adherente; pequeño o no óxido visible.
Condición de Óxido B	Superficie de acero cubierta con incrustaciones y óxido.
Condición de Óxido C	Superficie de acero completamente cubierta con óxido poco o nada de picaduras visibles.
Condición de Óxido D	Superficie de acero completamente cubierta con óxido, picaduras visibles.

Fuente: SSPC-SP COM

## ii. Análisis del abrasivo

El abrasivo es el elemento fundamental para la preparación de superficie, la selección de éste elemento, estará en función de la estructura, lugar y grado de corrosión que presente dicho material, para el proyecto Mejora de Sistema Drag Reducer para Estaciones de Bombeo se utilizó granalla de acero, con la cual se realizó el granallado a los diferentes elementos, ésta tiene que estar en buenas condiciones para la optimización del proceso, es por ello que se le realizaron diferentes pruebas estipuladas en normas internacionales y se describen a continuación:

## iii. Análisis de grasa y aceite

Como parámetro básico para identificar algún contaminante en el abrasivo se utiliza el método que se describe a continuación.

Para esta prueba nos basamos en método de prueba estándar ASTM D7393, en el cual mediante la mezcla de granalla y agua limpia de caño podemos identificar visualmente si existe o no presencia de una película de aceite.

#### **iv. Evaluación de conductividad**

La evaluación de este parámetro nos sirve para identificar si el abrasivo está contaminado y se describe con el método de prueba estándar ASTM D4940, para realizar el análisis conductímetro de la contaminación iónica soluble en agua de los abrasivos del granallado.

Esta prueba consiste en agregar 300 ml de agua destilada a la granalla, se revuelve durante 1 minuto y se deja reposar durante 8 minutos; se vuelve a agitar nuevamente durante 1 minuto y luego se filtra y se desecha 10 ml de la solución del extracto a través de un papel filtro (de laboratorio).

Se filtra el extracto que resta y se procede a medir la conductividad de la solución usando un medidor de conductividad que compite con la temperatura, ver figura 2.

Los equipos para realizar esta prueba se presentan en un Kit y tienen un alcance para repetirla aproximadamente 25 veces.

Tener en cuenta que la granalla (metal ferroso) utilizada para realizar el proceso de granallado normalmente es un mix operativo que contiene granalla esférica (S) y granalla angular (G).

La norma SSPC en la sección de abrasivos nos muestra 03 especificaciones (SSPC-AB1, SSPC AB2 y SSPC AB3) que nos ayudan a realizar la inspección de la limpieza de abrasivos metálicos ferrosos y minerales-escoria.



Figura 2: Evaluación de conductividad

Fuente: Elaboración propia

#### v. Prueba de calidad de aire

Para realizar esta prueba, nos apoyamos en el estándar ASTM D 4285, la cual nos describe los pasos para la verificación de la limpieza del aire comprimido (exenta de aceite y/o agua) que será usado en el proceso de limpieza abrasiva, aire de granallado y en la aplicación del recubrimiento de pintura.

La prueba se inicia colocando un papel absorbente en una determinada zona fija, luego se centra el papel en mención en la corriente de aire de descarga a una distancia de 60 cm por un tiempo aproximado de un minuto, ver figura 3.

Finalmente se examina el papel expuesto para detectar si hay presencia de aceite y/o agua, como evidencia de la prueba se registra una imagen con los resultados obtenidos.

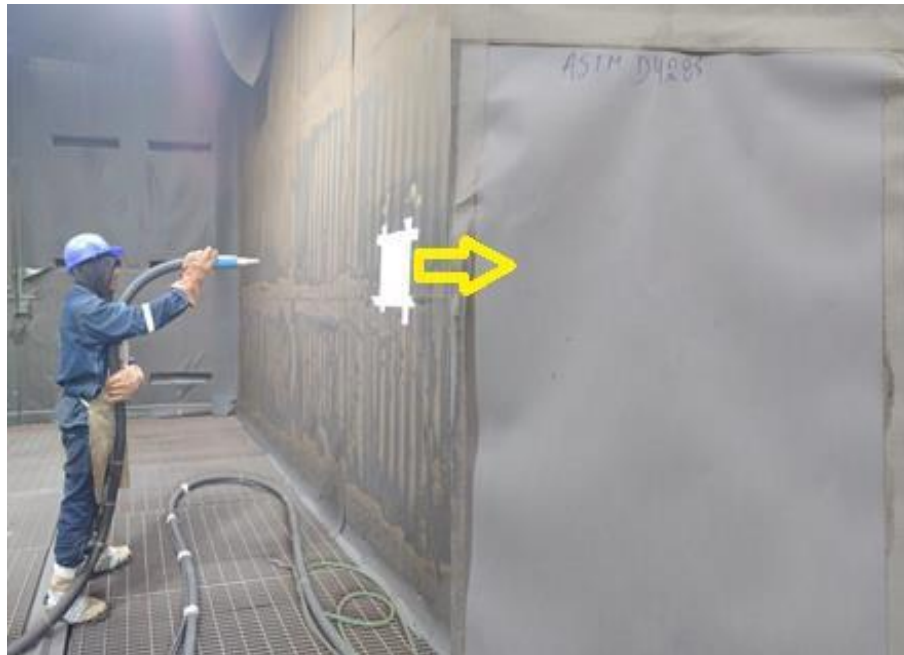


Figura 3: Prueba de calidad de aire.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3 Preparación de superficie

Una de las etapas más importantes o para muchos la más importante de un sistema de pintura es la preparación de superficie, ya que esta etapa afecta directamente el desempeño del sistema de pintura a diferencia de cualquier otra variable.

La importancia de la preparación de superficie se manifiesta de dos formas: en forma mecánica debido al perfil de anclaje y en forma química debido al contacto muy cercano entre el recubrimiento de pintura y el sustrato metálico.

Para realizar cualquier limpieza de superficie, se tiene en cuenta la siguiente secuencia:

#### i. Limpieza previa

Esta limpieza se realiza con el fin de retirar el polvo, suciedad, grasa o aceite que se encuentre en la superficie del elemento, estos contaminantes son removidos utilizando como referencia la norma SSPC-SP1 (desengrasado que incluye limpieza con solventes, limpieza con flujo de vapor, limpieza con álcalis, y limpieza con agua y detergente), la cual es usada antes de realizar cualquier tipo de preparación de superficie listada por la organización SSPC.



En esta etapa es también donde se eliminan y/o corrigen todo tipo de irregularidades en la superficie del metal, en la tabla 5 se indica las irregularidades más comunes con su respectiva descripción.

Tabla 5: Irregularidades más comunes en elementos en hierro negro

IRREGULARIDAD	DESCRIPCIÓN
Filos cortantes	Todos los filos del elemento deben ser redondeados.
Zonas de difícil acceso	Como esquinas o cajones de difícil acceso para la preparación de superficie, el acceso debe ser sencillo.
Hendiduras y cavidades	Se comportan como zonas anódicas, por ello son sensibles a la corrosión.
Juntas de soldadura	Deben ser libre de discontinuidades (escoria, picaduras, etc.).

Fuente: Elaboración propia.

## ii. Limpieza con herramientas mecánicas y con chorro abrasivo

De acuerdo con el tipo de preparación de superficie determinada en la especificación del proyecto se utilizará normas visuales según la organización SSPC, las cuales indicaran el grado alcanzado, estas no necesariamente son obligatorias ya que normalmente se utilizan de manera referencial.

En la tabla 6 se puede identificar que la organización SSPC preparó guías para poder identificar el nivel de limpieza.

Tabla 6: Descripción de guías visuales SSPC

GUÍA	DESCRIPCIÓN
SSPC – VIS1	Patrón Visual para superficies limpiadas con chorro abrasivo metálicos y no metálicos
SSPC – VIS2	Patrón Visual de evaluación de grado de corrosión en superficies pintadas
SSPC – VIS3	Patrón Visual de referencia de limpieza de superficie de acero con herramientas manuales y motrices
SSPC – VIS4 / NACE VIS 7	Guía y referencia fotográfica para limpieza de superficie de acero con agua a presión (high andultra high presure wáter jetting)
SSPC – VIS5 / NACE VIS 9	Guía y referencia fotográfica para limpieza de superficies con abrasivo húmedo (wet abrasive blast cleaning)

Fuente: Elaboración propia

Para nuestro caso las guías utilizadas para los proyectos fueron los estándares SSPC- VIS 1 (para el Drag Reducer) y SSPC- VIS 3 (para las líneas GN y LGN). Existen diversos métodos de preparación de la superficie, pero las normas más utilizadas y reconocidas por las organizaciones SSPC y NACE, son las que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Principales normativas para la preparación de superficie

ESTANDAR SSPC	ESTANDAR NACE	DESCRIPCIÓN
SP1	-----	Limpieza con solventes
SP2	-----	Limpieza con herramientas manuales / Cepillos, lijas, etc.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Principales normativas para la preparación de superficie (continuación)

ESTANDAR SSPC	ESTANDAR NACE	DESCRIPCIÓN
SP3	-----	Limpieza con herramientas manuales mecánicas / Herramientas eléctricas o neumáticas
SP5	NACE 1	Limpieza con chorro abrasivo / Granallado metal blanco
SP6	NACE 3	Limpieza con chorro abrasivo / Granallado comercial
SP7	NACE 4	Limpieza con chorro abrasivo / Granallado ligero
SP10	NACE 2	Limpieza con chorro abrasivo / Granallado semi - blanco
SP11	-----	Limpieza manual con herramientas mecánicas / Limpieza metal desnudo con rugosidad mínima de 25 micrones

Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto Mantenimiento para el sistema de transmisión de gas natural de Camisea, Líneas GN y LGN utilizamos la limpieza SSPC-SP 11 (ver figura 4), ya que el proceso se realizaba in situ y para estas líneas solo se aplicaba reparaciones parciales a la tubería, es decir se aplicaba la preparación de superficie y aplicación de pintura solo a la zona afectada por diferentes daños los cuales conllevaban al retiro total de la tricapa por completo, cabe resaltar que este recubrimiento anticorrosivo llamado tricapa viene de fábrica, ya con la tubería, el cual consiste en una primera capa de Fusión Bonded Epoxy (FBE) que permite una protección contra la corrosión para alargar la vida útil de los ductos, viene seguido por un Copolímero Adhesivo y una protección exterior de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), la que entrega una protección mecánica a las tuberías.

Con respecto al proyecto Mejora de Sistema Drag Reducer para Estaciones de Bombeo se utilizó el tipo de limpieza SSPC-SP10 para toda tubería enterrada, ya que la tubería utilizada era nueva y el proceso se realizaba en un taller cercano a la obra.



Figura 4: Preparación de superficie SSPC-SP 11

Fuente: Elaboración propia

### iii. Perfil de anclaje

Una vez limpio el elemento, este se ve alterado y con una superficie de textura uniforme, ya que para el caso del granallado las partículas abrasivas afiladas golpean al acero con alta velocidad, generando pequeñas cavidades de impacto, es esta textura la que se llama perfil de anclaje.

La importancia de esta variable radica en el aumento del área de la superficie y su rugosidad (en referencia a los picos y valles generados) a la que el recubrimiento de pintura puede adherirse.

Generalmente, cuanto más elevado sea el perfil de anclaje, mejor será la adhesión del recubrimiento de pintura, pero teniendo en cuenta que también el excesivo perfil puede ocasionar oxidación en picos (pinpoint rusting).

La medición del perfil de anclaje puede evaluarse por varios métodos, los más comunes según ASTM D4417 son los siguientes: Comprador de cupones (Método A), micrómetro de profundidad (Método B) y cintas replicas (Método C).

El método utilizado para ambos proyectos fue el método C, el cual consiste en aplicar a la superficie preparada abrasivamente un pedazo de cinta que contiene una pequeña área cuadrada de espuma comprimible fijada a una película de plástico (ver figura 5), con el lado mate hacia abajo; posterior a ello se usa un objeto rígido y de geometría redonda, para realizar presión en la espuma sobre la superficie granallada produciendo que la espuma forme una réplica del perfil real. La medición cuantitativa de esta cinta se realiza usando un micrómetro el cual mide el espesor de la espuma y del plástico.



Figura 5: Medición del perfil de rugosidad según estándar ASTM D4417

Fuente: Elaboración propia

#### iv. **Análisis de sales sobre superficie**

Este análisis se realiza según la guía SSPC-Guía 15 método A1, la cual tiene entre uno de sus métodos el llamado Parche Bresle, que se realiza mediante la siguiente secuencia:

### Paso 01: Recolección de muestra

- Seleccionar el área para realizar la prueba la cual debe estar libre de contaminantes visibles y retirar el adhesivo de la parte posterior del parche.
- Adherir el parche a la superficie que se desea evaluar y apriete con firmeza en todo el perímetro del parche para garantizar el sellado completo.
- Insertar una jeringa vacía por el perímetro de la esponja de espuma absorbente del parche y aspirar el aire de la zona de ensayo, que se alojó realizando el paso anterior, tirando el émbolo de la jeringa hacia atrás.
- Extraiga la jeringa del parche, sostenga la jeringa con la aguja apuntando hacia arriba y expulse el aire, luego llene la jeringa con 3 ml de agua des ionizada (solución extractora).
- Inserte la jeringa nuevamente por el perímetro de la esponja de espuma absorbente del parche e inyecte los 3 ml de la solución extractora en el parche (no sacar la jeringa).
- Retire la aguja del centro de la celda (pero no el perímetro de la espuma esponjosa) y frote suavemente la parte superior de la celda durante 15 segundos para fomentar la disolución de sales solubles.
- Finalmente, aspirar el líquido con la jeringa y vuelva a re-inyectar el líquido de extracción un mínimo de tres veces, no olvide realizar el Paso anterior en cada ciclo de aspirado/re-inyección, aspire la mayor cantidad posible de solución extractora y extraiga la jeringa.

### Paso 02: Análisis de muestra – Conductividad de sales totales

- Se realiza la calibración del conductímetro usando una solución estándar. Se enciende el equipo y se agrega unas gotas de la solución estándar de 1,41 mS/cm verificando que aparezca el valor requerido.
- Luego de la verificación de la calibración limpiar el medidor con agua desmineralizada y remover el agua residual que pudiera haber.

- Antes de realizar la medición seleccionar las unidades en las que se desea obtener los resultados (mS/cm o uS/cm) presionando el botón CAL/MODE indicando las unidades.
- Inyecte la muestra directamente en la celda censored. Enjuague la célula varias veces con la solución a medir antes de realizar la lectura para obtener el resultado.

### Paso 03: Criterio de aceptación

- Para las aplicaciones sumergidas, la conductividad debida a las sales solubles (total iónico) no debe superar los 30  $\mu\text{S/cm}$  (ver figura 6). Para aplicaciones no sumergidas, la conductividad debida a las sales solubles no debe superar los 70  $\mu\text{S/cm}$ .



Figura 6: Análisis de sales sobre superficie según guía SSPC guía15

Fuente: Elaboración propia

### v. Limpieza final

Como etapa final de la preparación de superficie se realiza una limpieza con aire presurizado en todo el elemento con el fin de ser removidos el polvo y partículas extrañas de la superficie, para ello se realiza la inspección según los pasos del estándar ISO 8502-3.

Para realizar esta prueba, se necesita cinta especial adhesiva transparente, sensible a la presión de 1 pulgada de ancho, un rodillo especial tensado por resorte, una lupa iluminada 10X y un respaldo blanco (por ejemplo, papel blanco); la norma no requiere el rodillo tensado por resorte a menos que se cuestione el procedimiento de prueba o los resultados. El rodillo se puede reemplazar por la presión del pulgar aplicada al cono, como se describe a continuación:

- Se desecha tres vueltas completas de cinta del rollo.
  
- Se retira un trozo de cinta de prueba de aproximadamente 8 pulgadas de largo, asegurándose de tocar solo los dos extremos (1 pulgada en cada extremo), presionamos aproximadamente 6 pulgadas de la cinta (excluyendo los dos extremos de 1 pulgada) a la superficie.
  
- Hacemos presión de la cinta hacia la superficie colocando el pulgar en un extremo de la cinta, luego se mueve el pulgar a lo largo de la longitud de la cinta (a velocidad y presión constantes) tres veces en cada dirección (cada golpe debe tomar entre 5 y 6 segundos para completar). Deje los dos extremos de 1 pulgada de la cinta fuera de la superficie. solo se deben colocar las 6 pulgadas centrales de la cinta.
  
- Retiramos la cinta de la superficie en un ángulo de 180 ° (a la superficie) y pegamos la cinta pelada a un respaldo blanco.
  
- Calificamos la cantidad de polvo adherida a la cinta usando la cifra de clasificación de cantidad de polvo provista en el estándar y compare los resultados con los requisitos de especificación para la clasificación máxima de polvo.

#### **3.2.4 Aplicación de recubrimiento de pintura**

Para la inspección de esta actividad, consideramos los siguientes aspectos, los cuales se dan de manera cronológica de la siguiente manera:



### **i. Sistema de pintura**

Los sistemas de pintura para cualquier tipo de proyecto están determinados en la especificación técnica del mismo, el objetivo de estos sistemas es proteger efectivamente el acero en todos los ambientes donde la velocidad de corrosión sea menor a 50 mils (1250  $\mu\text{m}$ ) por año. Para mayores velocidades de corrosión la mejor alternativa sería el cambio por un material más resistente.

El comportamiento de un sistema de pinturas depende básicamente al medio al que estará sometido, la naturaleza del sustrato, la preparación de la superficie, consideraciones de diseño de la superficie, la compatibilidad entre las capas si es un sistema multicapa, el espesor total de película seca, condiciones ambientales al que es aplicada la pintura, entre otras.

Para la identificación de la severidad del medio de exposición como primer paso para determinar la selección del sistema con respecto a los proyectos expuestos en este informe, se acude a distintas referencias de organismos internacionales especializados en la actividad, como son ISO, NACE, entre otras.

Para el caso del sistema de recubrimiento externos para tuberías enterradas tomamos las siguientes referencias:

. Z245.20-06/Z245.21-06

. ISO 12944-2 (Categoría Im3)

. NACE SP 0169

Las tablas 8 y 9 muestran los sistemas de pintura de ambos proyectos, donde se puede identificar que la diferencia de ambos proyectos es la preparación de superficie.

Tabla 8: Sistema de pintura para el Proyecto N°01

Proyecto	Mantenimiento para el Sistema de Transmisión de Gas Natural de Camisea – Líneas de GN y LGN.					
Sistema	Preparación de Superficie	1° Capa	2° Capa	Espesor por Capa	Espesor total	Color
Tuberías enterradas	SSPC-SP11	SP 4888	SP 4888	15-20	30-40	Marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Sistema de pintura para el Proyecto N°02

Proyecto	Mejora para el Sistema Drag Reducer para la estación de Bombeo PS2.					
Sistema	Preparación de Superficie	1° Capa	2° Capa	Espesor por Capa	Espesor total	Color
Tuberías enterradas	SSPC-SP10	SP 4888	SP 4888	15-20	30-40	Marrón

Fuente: Elaboración propia

## ii. Conocimiento e interpretación correcta de las hojas de seguridad y hojas técnicas

Las Hojas Técnicas de Seguridad de los Materiales (MSDS) son documentos elaborados por los propios fabricantes de materiales, los cuales tienen el fin de informar a los usuarios sobre todo tipo de riesgo del producto.

El inspector de calidad debe tener en cuenta que la información de dicho documento deba estar asimilada de la mejor manera por el usuario ya que estas hojas también incluyen la acción apropiada a tomarse en caso de un derrame, incendio o contacto peligroso.

Las hojas técnicas del producto de los fabricantes de pintura están elaboradas para poder identificar datos técnicos relacionados con el material y mostrar sus propiedades de aplicación.

Los datos más representativos y tomados en cuenta por el inspector del proceso son los siguientes:

- . Descripción del producto
- . Preparación de la superficie requerida
- . Espesor recomendado
- . Aplicación
- . Preparación de la mezcla
- . EPS y EPH recomendados
- . VOC
- . Punto de inflamación
- . Vida útil (Pot life)

### **iii. Preparación de pintura**

Generalmente cuando se mezclan los componentes de una pintura, es recomendable usar un agitador de tamaño largo para poder llegar a la base del recipiente con el fin de remover todo el sedimento, el inspector se basa en lo indicado en la hoja técnica de la pintura para que esta logre obtener un mezclado homogéneo.

Para algunos recubrimientos de altos sólidos (viscosidad alta), como es el caso de ambos proyectos por la utilización de un epóxico de altos sólidos, el uso de un agitador mecánico es obligatorio y requerido por la especificación y por la hoja técnica del fabricante. En estos casos, la mezcla manual no fue recomendada ni permitida.

Para la mezcla de cantidades parciales, es importante resaltar que los materiales fueron agitados antes de medirse y que la medición se hizo con precisión (según recomendación del fabricante). Sólo se mezcló la cantidad

requerida de pintura y cualquier material restante que quedó mezclado fue dispuesto adecuadamente, ya que ninguna mezcla fue devuelta en su envase original.

Las brochas u otras herramientas de aplicación se limpiaron inmediatamente después del uso con el solvente recomendado, para el caso particular de la pintura epóxica líquida con altos sólidos, en el mayor de los casos las brochas fueron desechadas en su segundo uso debido al poco tiempo de la vida de la mezcla.

#### **iv. Inspección durante el recubrimiento**

Juntamente con el personal operativo (aplicadores de pintura y colaboradores) se aseguró el monitoreo del espesor de película húmeda (EPH) durante la aplicación en referencian al estándar ASTM D 4414 (Práctica estándar para la medición del espesor de película húmeda mediante muescas), ya que este es vital para determinar el espesor de película seca una vez que el recubrimiento se encuentre lo suficientemente seco.

El espesor aplicado no puede ser tan grueso ni tan delgado, ya que estos eventos pueden conllevar a la presencia de defectos, para el caso del exceso de espesores ocurre el fenómeno del agrietamiento (mudcracking), y con respecto a una capa delgada el resultado más común es la falla prematura debido a una erupción de óxido.

Otros de los factores importantes en la inspección de la aplicación se describen a continuación:

- Cumplimiento con el tiempo especificado para pintar después del tiempo de limpieza.
- Cumplimiento con el intervalo de tiempo de repintado especificado.
- Inspección de la temperatura de superficie especificada.
- Inspección del sistema aplicado según la especificación del proyecto.
- Que no se exceda el tiempo de vida útil de la mezcla (“pot life”).
- Verificación de los tiempos de secado.

### **3.2.5 Inspección y evaluación final del recubrimiento de pintura**

Una vez que el inspector aseguró que el proceso haya cumplido con todas las especificaciones y estándares del proyecto, se verifica que el recubrimiento de pintura se encuentre seco y curado.

La inspección realizada a las tuberías enterradas en ambos proyectos se realizó de la siguiente manera:

#### **i. Inspección visual**

Esta inspección busca identificar cualquier tipo de protuberancias, hendiduras o cualquier otra irregularidad que conlleve a una discontinuidad en la superficie del revestimiento; teniendo en cuenta que debido a que la aplicación de este recubrimiento se realizó mediante el uso de brocha el acabado no tuvo la homogeneidad deseada (esto es en comparación con el uso de máquina para aplicación de pintura Airless).

#### **ii. Medición de EPS con medidores magnéticos**

Entre las normas más utilizadas para medir espesores en película seca (EPS) no magnéticos sobre superficies de metal magnético ferroso, tenemos la ASTM D7091 y la SSPC PA2, esta última fue la que se utilizó en ambos proyectos.

La especificación técnica para recubrimientos de pintura del proyecto, indica que la norma a utilizar sea la SSPC-PA2, como alternativa el área de calidad con un acuerdo con el cliente se propuso un método para la frecuencia de la calibración y de la cantidad de las mediciones.

Los requisitos de SSPC-PA 2 son: Cinco mediciones (promedio de tres lecturas) para cada 10 m<sup>2</sup> (100 pies<sup>2</sup>). Note que las lecturas individuales no están sujetas a una regla, pero se incluyen en el promedio para la medición en un “punto”.

El promedio de 5 mediciones en un punto (es decir, 15 mediciones individuales) será ni más ni menos el espesor especificado.

Cabe resaltar que ninguna medición individual de un punto puede ser menor del 80% del espesor especificado ni mayor del 120%, ver figura 7. Esto último según lo menciona el estándar en su nivel N°03, teniendo en cuenta que dicho estándar cuenta con cinco niveles de medición, ver tabla 10.



Figura 7: Medición de espesores en película seca

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Niveles de medición según estándar SSPC-PA2

Espesor	Medición puntual	Medición de área
Nivel 1		
Mínimo	Especificado	Especificado
Máximo	Especificado	Especificado
Nivel 2		
Mínimo	Especificado	Especificado
Máximo	120% del máximo	Especificado
Nivel 3		
Mínimo	80% del máximo	Especificado
Máximo	120% del máximo	Especificado
Nivel 4		
Mínimo	80% del máximo	Especificado
Máximo	150% del máximo	Especificado
Nivel 5		
Mínimo	80% del máximo	Especificado
Máximo	Especificado	Sin restricción

Fuente: SSPC-PA2

### **iii. Identificación de discontinuidades**

Para la detección de discontinuidades se utiliza el llamado método del Holidays (ver figura 8), los tipos generales de detectores por este método son los siguientes:

- Bajo voltaje
- Alto voltaje

La finalidad de este método consiste en identificar puntos de alfiler, cortes u otras discontinuidades en la película del recubrimiento. Este método es utilizado comúnmente para interiores de tanques, tuberías enterradas u otros elementos donde se considere que el recubrimiento estará sometido a condiciones críticas y/o severas, es por ello por lo que es de suma importancia la corrección de estas discontinuidades.

Debido a los altos espesores aplicados a los elementos mencionados en este informe se utilizó el método de holiday de alto voltaje según el estándar NACE SP 0188, teniendo en consideración que para realizar esta prueba los recubrimientos que no están curados pueden mostrar discontinuidades falsas. Por ejemplo, el solvente que queda en el recubrimiento puede crear zonas débiles (de resistencia eléctrica baja), que un detector de alto voltaje puede romper, creando una discontinuidad donde no había ninguna.

El estándar NACE SP 0188 para alto voltaje normalmente es usado en películas mayores a los 20 mils, el instrumento utilizado para este estándar está compuesto por una batería, electrodo de prueba, cable a tierra y el indicador.

Si bien el equipo usa alto voltaje, se tiene en cuenta que el amperaje de corriente es bajo, es por ello por lo que este trabajo se realiza con las medidas de seguridad correspondientes.

Una vez indicado el voltaje en el instrumento, se deben seguir las instrucciones del fabricante de pintura, ya que un voltaje muy alto puede dañar la película de pintura, esto es debido que el voltaje está en relación directa con el espesor total del sistema de pintura.

La velocidad del método recomendada por el estándar es de 0,3 m/s, en un pase simple que es ejecutado por personal debidamente capacitado.



Figura 8: Identificación de discontinuidades según estándar NACE SP0188

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6 Aprobación final

Una vez realizada todas las inspecciones involucradas en la actividad, se realiza la identificación de las no conformidades (en el caso que haya existido una o más) halladas durante el proceso y que han sido corregidas, lo antes mencionado se tiene que plasmar en la documentación preestablecida en la especificación del proyecto.

Para la evidencia de la inspección final para aprobación en conformidad con la especificación del proyecto, se presenta un dossier como evidencia con todos los registros involucrados en el proceso y firmados por parte de cliente.



### **3.2.7 Proyectos relacionados como bachiller**

#### **3.2.7.1 Descripción del Proyecto N°01**

“Mantenimiento para el sistema de transmisión de gas natural de Camisea – Líneas GN y LGN”

Como parte del mantenimiento de los sistemas de ductos, están comprendidas las reparaciones realizadas a tuberías y/o accesorios enterrados, en donde se requiere reparar el revestimiento por deterioro o cualquier otro trabajo adyacente que pudiera haber afectado al elemento, de los ductos operados por COGA, la pintura epóxica líquida de altos sólidos llamada SP 4888 es aplicada para daños de tipo C y D según el procedimiento operativo Reparación de revestimiento para tuberías y accesorios metálicos enterrados de código COG001IINPR0001, este documento especificado por el cliente indica que la aplicación de este recubrimiento será realizada en la zona selva, debido a que en esta zona la humedad relativa a la que está sometido el elemento es mayor al 85%.

Las resinas epoxi líquidas son de aplicación directa sobre el sustrato metálico, específicamente para su aplicación en superficies de acero secas o húmedas, por ende, la superficie externa de la tubería no necesita calentamiento previo para poder aplicar dicho recubrimiento.

El caso específico de esta pintura es que se caracteriza por ser libres de componentes volátiles e isocianatos. Asimismo, estas pinturas podrán ser aplicadas en superficies preparadas según SSPC-SP11 o SSPC-SP3 según sea el requerimiento en campo, como para el caso del Proyecto N°01.

Considerando que no se han desarrollado hasta el momento normativas internacionales que detallen los requerimientos de selección y aceptación de pinturas epoxi líquidos de alto contenido de sólidos, el cliente tiene en cuenta las recomendaciones, lineamientos y rangos de aceptación presentados en la normativa CAN/SCA Z245.20-06.

### **3.2.7.1.1 Información general del Proyecto N°01**

El proyecto Mantenimiento para el sistema de transmisión de gas natural de Camisea, Líneas GN y LGN tiene como alcance las actividades de mantenimiento de ductos, instalación de superficie, equipos rotativos, entre otros, atendiendo caminos cerca de 800 kilómetros desde la selva hasta la costa peruana.

El presente informe se enfoca básicamente en la reparación de recubrimiento para las tuberías que corresponden al mantenimiento de ductos de las Líneas de gas natural (GN) y los líquidos de gas natural (LGN) en la zona selva.

El gasoducto Camisea está considerado como uno de los proyectos de mayor envergadura a nivel de Latinoamérica, el transporte de este hidrocarburo está formado por dos ductos, uno de gas natural y el otro de líquidos de gas natural, ambos ductos nacen en Malvinas, en el distrito de Megantoni, provincia de la Convención, departamento de Cusco.

El Gas Natural (GN) es extraído en los yacimientos del Lote 88 (en la década de 1990 llamado Lote 38) y es procesado en la planta de separación de Malvinas, es allí donde se llegan a separar los líquidos de gas natural (LGN), y el agua e impurezas son eliminados.

El gasoducto de gas natural (GN) recorre aproximadamente 834 Km con diámetros de tubería de 32", 24" y 18", partiendo desde la planta de Malvinas hasta el City Gate en Lurín, desde donde es distribuido a Lima y Callao.

Las presiones de operación de estos ductos varían entre los 80 y 147 bar, teniendo como presión de entrega 40 bares en el City Gate en Lurín.

La figura 9 muestra un esquema representativo del gasoducto GN.



Figura 9: Esquema del sistema de transporte de GN

Fuente: [http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep\\_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO\\_2do\\_SEM\\_2012.pdf](http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO_2do_SEM_2012.pdf)

Los líquidos de gas natural (LGN), son transportados a través de un ducto desde la planta criogénica de Malvinas hasta la planta de fraccionamiento ubicada en la playa Loberia, provincia de Pisco. En esta última planta es donde se obtendrán productos de calidad comercial, dando origen a combustibles como el GLP el cual es distribuido al mercado.

Este ducto tiene un recorrido paralelo al del gas natural, es decir tienen el mismo origen, hasta el punto de derivación cerca de Humay, desde allí toma otro recorrido hasta la planta de fraccionamiento en Pisco.

El sistema tiene una longitud total de 561 km aproximadamente y al igual que el gasoducto de GN es un ducto telescópico, pero de 14" y 10" de diámetro.

La figura 10 muestra un esquema representativo del gasoducto LGN.



Figura 10: Esquema del sistema de transporte de LGN

Fuente: [http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep\\_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO\\_2do\\_SEM\\_2012.pdf](http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO_2do_SEM_2012.pdf)

### 3.2.7.1.2 Antecedentes del Proyecto N°01

En octubre de 2000, se adjudicaron las concesiones para el transporte de gas natural y líquidos de gas natural al City Gate en Lurín y la planta de fraccionamiento en Pisco respectivamente, el contrato de concesión del gas natural tiene una vigencia de 33 años para realizar el transporte de este servicio, es por ello que la empresa concesionaria construyó un ducto para trasladar el gas natural desde los yacimientos de Camisea hasta la capital, ver figura 11.

La concesión del Sistema de Transporte de GN y LGN desde la Amazonía peruana hasta la costa está a cargo de la empresa Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP), los cuales contrataron a la Compañía Operadora de Gas del Amazonas (COGA) para la operación de los sistemas de transporte y a la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. para el mantenimiento operativo de las líneas antes mencionadas.

A mediados del 2015, COGA en su calidad de operador del sistema de transporte de gas natural y líquidos de gas natural (propiedad de TGP), adjudicó al

consorcio Techint - Graña y Montero un nuevo contrato para prestar los servicios de Atención y Mantenimiento del sistema de Transporte por ductos proveniente del campo Camisea, por un plazo de 5 años, iniciando en enero de 2016, la confianza puesta en Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. por parte de TGP es debido a que esta empresa ha prestado servicios ininterrumpidos desde el inicio de las operaciones del gasoducto en el año 2014.

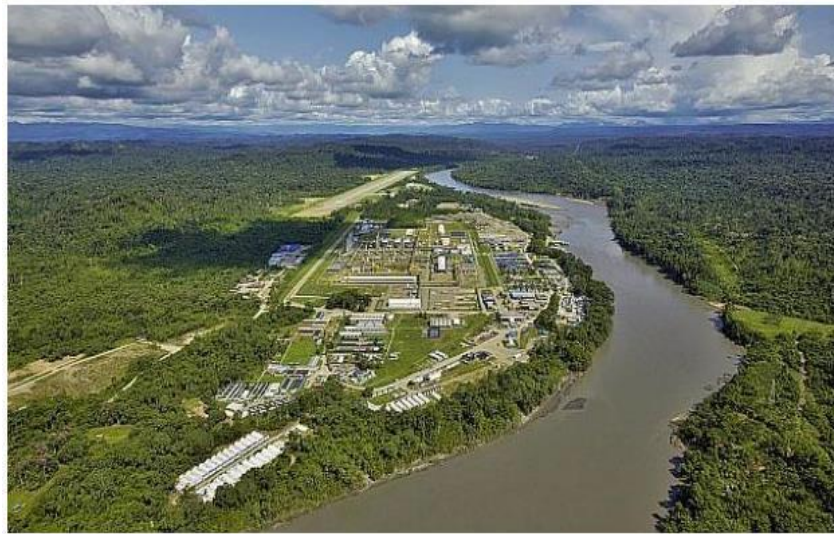


Figura 11: Vista panorámica de la planta de gas de Camisea

Fuente:[http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep\\_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO\\_2do\\_SEM\\_2012.pdf](http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO_2do_SEM_2012.pdf)

### 3.2.7.1.3 Desarrollo del plan de puntos de inspección del Proyecto N°01

Los trabajos de recubrimiento de pintura realizados por la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. se realizaron de acuerdo con el Plan de inspección y ensayo de código 3809-Q-PI-000003 Rev.0, la elaboración de dicho documento estuvo a mi cargo y el responsable del área de calidad, ver anexo N°02.

### 3.2.7.1.4 Actividades desarrolladas del Proyecto N°01

#### i. Inspección de materiales

Con respecto a los materiales involucrados en el proceso de recubrimiento de pintura se tuvieron los siguientes resultados:

. Según la hoja técnica del producto, la pintura solo es posible aplicarla con brocha o rodillo, para cada aplicación se tuvo que contar con materiales nuevos ya que, debido a su viscosidad y tiempo de vida, su manipulación de este producto muy compleja.

. Se registraron los números de lotes y las fechas de vencimiento de las pinturas (ver figura12), en ningún caso se identificaron pinturas fuera de su fecha de expiración. Se realizó esta verificación según el estándar SSPC PA1, teniendo en cuenta el correcto almacenaje de la pintura.

. Se inspeccionaron los guantes utilizados para la aplicación de pintura, los cuales son impermeables y con protección frente a todo tipo de riesgo químico para la manipulación de este tipo de pinturas.

. Todo instrumento utilizado para el proceso de inspección contó con su certificado vigente de calibración.



Figura 12: Materiales para aplicación de recubrimiento SP 4888 en campo

Fuente: Elaboración propia

## ii. Identificación del daño

La aplicación de la pintura epóxica de altos sólidos solo es aplicable para los daños tipo C y D según el procedimiento operativo del proyecto.

La figura 13 muestra un daño tipo D en la Línea de fluido GN, este daño es producido debido a las fuerzas de tracción y compresión provenientes del suelo de la selva amazónica.



Figura 13: Daño tipo D a la tubería de fluido GN

Fuente: Elaboración propia

## iii. Limpieza inicial

Se realizó la limpieza SSPC-SP1 como limpieza previa al elemento con el fin de eliminar sustancias solubles del acero. En los casos donde se identificó este tipo de contaminantes se utilizó solvente para eliminar el aceite, grasa, suciedad y otros contaminantes solubles visibles.

#### iv. Preparación de superficie

Debido a que el proceso de mantenimiento a los ductos se realiza en campo, se utilizó el equipo Bristle Blaster para realizar la preparación de superficie SSPC-SP11, ya que este equipo es de fácil maniobra y se pudo llegar a un perfil de rugosidad mínimo de 2,8 mils.

En la figura 14 se puede identificar la preparación de superficie obtenida y comparada con el estándar SSPC-VIS 3.



Figura 14: Preparación de superficie SSPC-SP11 a tubería de fluido LGN

Fuente: Elaboración propia

#### v. Perfil de rugosidad

El perfil promedio obtenido con el equipo Blíster Blaster fué 3,1 mils (ver figura 15), este valor se encuentra dentro del rango recomendado por el fabricante de pintura, la medición del perfil se realizó según el estándar ASTM D4417-C.





Figura 15: Medición del perfil de rugosidad en la Línea LGN

Fuente: Elaboración propia

#### vi. Condiciones ambientales

Toda aplicación de recubrimiento se realizó bajo condiciones ambientales favorables teniendo en cuenta la temperatura de superficie que se encontró dentro del rango recomendado por el fabricante ( $10^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ ) y obviando la humedad relativa, ver figura 16.

Se consideró también la debida calibración de todos los instrumentos involucrados en el proceso de inspección, los certificados correspondientes son añadidos en el informe final.



Figura 16: Medición de temperatura de superficie expuesta de la Línea LGN

Fuente: Elaboración propia

### vii. Aplicación del revestimiento

Se utilizaron 02 capas para llegar al espesor de película seca establecido en el plan de inspección y ensayos (30-50 mils), se midieron los espesores en película húmeda para mejor determinación del espesor final, ver figura 17. Se utilizó el estándar ASTM D4414 para la medición de dicha película.



Figura 17: Medición de espesores en película húmeda a la Línea de LGN

Fuente: Elaboración propia

### viii. Curado

Antes de proceder con la actividad de tapado (cubrir nuevamente la tubería con el mismo material retirado), se respetó el tiempo de curado indicado en la hoja técnica, esto ocurrió en todos los casos similares a este proceso.

### ix. Medición de espesores en película seca

La medición de espesores en película seca se realizó según el estándar SSPC- PA2 nivel 5, teniendo en cuenta lo mencionado en el procedimiento operativo con respecto a las mediciones horarias, ver figura 18.

El instrumento utilizado para la inspección fue un medidor de espesores en película seca de marca Elcometer, el cual realiza la medición con sondas integradas, las cuales son ideales para tomar mediciones con una sola mano, debido a que la base ancha de la sonda integrada es adecuada para proporcionar

una mayor estabilidad durante las mediciones, lo que permite resultados mucho más precisos.



Figura 18: Medición de espesores en película seca a línea LGN

Fuente: Elaboración propia

#### x. **Discontinuidades en el revestimiento**

Se verificó la continuidad del revestimiento de pintura mediante el holiday detector en todos los casos, ésta se realizó posterior al secado al tacto. El estándar utilizado para dicha prueba fue NACE SP 0188, ver figura 19.



Figura 19: Inspección de discontinuidades a tramo de Línea LGN

Fuente: Elaboración propia

## **xi. Informe Final**

Al finalizar las inspecciones y ensayos de todo el proceso se genera un informe con todos los datos obtenidos durante cada etapa, este informe fue presentado ante el cliente COGA.

### **3.2.7.2 Descripción del Proyecto N°02**

“Mejora de Sistema Drag Reducer para la estación de bombeo PS2”

El sistema Drag Reducer consiste en la inyección de DRA (Drag reducing agent) a la estación de bombeo PS2 (PS, por sus siglas en inglés) con la finalidad de aumentar la capacidad de transporte de LGN.

El sistema comprende la instalación del Rampa (Skid) de Inyección, Tanque de Drag, Bomba de Traslase y las facilidades para el funcionamiento óptimo del sistema cumpliendo con los estándares de seguridad y medio ambiente.

Como parte de esta mejora, la ingeniería incluyó la interconexión de tuberías entre los equipos y canalizadores, en ellas se ubica una línea parcialmente enterrada de aire de acero al carbono de TAG 2”-A-02012-A1C (ver anexo N°03) cercana al tanque TK – 5291.

Al igual que el Proyecto N°01 la pintura utilizada fue SP 4888, la principal diferencia es con respecto a la preparación de superficie, ya que en el Proyecto N°02 la aplicación se realizó en taller (distrito de Kiteni) y la preparación de superficie fue según el estándar SSPC-SP10 utilizando como abrasivo granalla metálica.

#### **3.2.7.2.1 Información general del Proyecto N°02**

La Estación de Bombeo PS2 se encuentra ubicada en la provincia de La Convención, en el departamento del Cusco (ver figura 20), dicha estación pertenece al grupo de estaciones instaladas en el sistema de transporte de líquidos de gas natural (LGN), las cuales tienen como función proporcionar la presión necesaria al fluido para llegar al punto más alto ubicado en Apacheta a 4864 msnm. (ver anexo N°04).

El fluido Drag Reducer tiene el objetivo de reducir la fricción del líquido de gas

natural con las paredes del ducto, con ello se consigue reducir la turbulencia y poder así llegar a aumentar la capacidad y permitir que el transporte de líquidos de gas fluya de manera más eficiente, este agente presenta las siguientes características básicas:

- Composición:
  - . Alquilo Alcohol 17-46%
  - . Hexilenglicol 24- 53%
  - . Alfa – olefina 1 – 5%
- Color: Blanco
- Olor: Leve dulce
- Estado físico: Líquido

En el anexo N°05 se puede identificar el arreglo general de la estación de bombeo PS2 incluyendo el sistema de mejora del Drag Reducer.



Figura 20: Sistema del agente Drag Reducer en la estación de bombeo PS2

Fuente:[http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep\\_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO\\_2do\\_SEM\\_2012.pdf](http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO_2do_SEM_2012.pdf)

### **3.2.7.2.2 Antecedentes del Proyecto N°02**

El proyecto fue adjudicado en el año 2014 a la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C. como un proyecto EPC (desde la procura hasta la puesta en marcha), las labores de construcción se llevaron a cabo para fines del año 2015 y finalizadas en Julio del 2016.

### **3.2.7.2.3 Desarrollo del plan de puntos de inspección del proyecto N°02**

Los trabajos de recubrimiento de pintura involucrados en el proyecto fueron realizados por la empresa Techint Ingeniería y Construcción S.A.C., la mayoría de éstos se realizaron en el distrito de Kiteni y la ejecución fue de acuerdo con el plan de inspección y ensayo de código 3529-Q-PI-000015 rev.0.

Cabe mencionar que todas las pruebas involucradas al análisis del abrasivo se realizaron al inicio del proyecto, obteniendo resultados positivos, idóneos para el arranque del proceso de pintura.

### **3.2.7.2.4 Actividades desarrolladas del proyecto N°02**

#### **i. Inspección de materiales**

Con respecto a los materiales involucrados en el proceso de recubrimiento se tuvieron los siguientes:

- Como se mencionó anteriormente, la aplicación de la pintura SP 4888 solo es factible realizarla con herramientas manuales, como son brocha y rodillo, estos fueron inspeccionados antes de cada aplicación.
- Se registraron lotes, sellado, nombre y las fechas de vencimiento de las pinturas utilizadas, y no se identificaron pinturas fuera de su fecha de expiración.
- Se verificó el estado del equipo a utilizar para el proceso de granallado, este contó con el visto bueno antes del inicio de cada proceso.

## ii. Limpieza inicial

Se realizó la limpieza SSPC-SP1 a la tubería de código 2"-A-02012-A1C, como limpieza previa obligatoria según la SSPC antes de realizar la limpieza SSPC-SP10, esta limpieza manual se realizó con el fin de eliminar todo tipo de contaminante o elemento extraño adherido al elemento.

## iii. Preparación de superficie

En todos los casos la limpieza alcanzada en la superficie de cada elemento fue según SSPC-SP 10 (semi blanco), ésta se verificó utilizando el estándar SSPC-VIS-1 seguidamente al término del proceso, ver figura 21.

Se debe tener en cuenta que para los casos puntuales donde se identificó que la preparación solicitada no fue alcanzada, se tuvo que incidir en la zona, hasta llegar al grado de limpieza requerido.



Figura 21: Preparación de superficie a tubería de código 2"-A-2012-A1C

Fuente: Elaboración propia

## iv. Perfil de anclaje

El perfil promedio que se obtuvo fue de 2,9 mils., valor del rango admisible (se utilizó el estándar ASTM D4417 para la medición), ver figura 22.

Se verificó la limpieza post abrasión (prueba de polvo, según estándar ISO 8502-3), antes de la aplicación del recubrimiento de pintura.



Figura 22: Medición del perfil de rugosidad a Línea 2"-A-02012- A11

Fuente: Elaboración propia

#### v. Condiciones ambientales

Para todos los casos la temperatura de superficie de los elementos se encontró en el rango aceptable para aplicación ( $10^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$ ), para este tipo de recubrimiento no se considera la humedad relativa debido que puede ser aplicada para cualquier tipo de valor medido.

La figura 23 muestra las condiciones ambientales tomadas antes de la aplicación de pintura, para esta medición se utilizó el instrumento debidamente calibrado llamado termo higrómetro de la marca Elcometer.



Figura 23: Medición de condiciones ambientales taller Kiteni

Fuente: Elaboración propia



**vi. Preparación de pintura**

La pintura cuenta con dos partes, una base y un endurecedor, las preparaciones de pintura se realizaron en envases limpios, siendo estas mezclas homogéneas y uniformes, siguiendo las instrucciones de la hoja técnica del producto.

**vii. La aplicación de pintura**

La pintura fue aplicada en 2 capas a las tuberías para llegar al espesor en película seca establecido en el plan de inspección y ensayos, se tuvo en cuenta el tiempo de repintado indicado en la hoja de datos del producto y se realizó las mediciones en película húmeda para poder llegar al espesor final requerido.

**viii. Medición de espesores en película seca**

Esta medición se realizó según el estándar SSPC-PA2 nivel 5, las zonas con bajo espesor fueron repasadas nuevamente con pintura hasta llegar al espesor requerido en el plan de inspección (ver figura 24), para ello también se respetó el tiempo de repintado indicado en la hoja técnica del producto (16 horas).



Figura 24: Medición de espesores en película seca a Línea de aire.

Fuente: Elaboración propia

**ix. Inspección visual**

En esta inspección se consideró que la aplicación de pintura presente una superficie lisa y homogénea, contrastando el color (RAL) con la cartilla brindada por el fabricante de pinturas.

**x. Detección de discontinuidades**

Para la evaluación de la continuidad de la película se utilizó el estándar NACE SP 0188, la relación del voltaje fue de cada 100V por 1 mils., ver figura 25.



Figura 25: Inspección de discontinuidades en Línea de aire

Fuente: Elaboración propia

**xi. Reparaciones de pintura**

En ocasiones cuando se identificaron zonas con sobre espesores, porosidad u otro daño, se repararon hasta proporcionar una superficie uniforme y con el EPS según el plan de inspección y ensayos.

### **3.3 Informes o reportes presentados como resultado de las actividades realizadas**

Se generaron informes de las actividades realizadas para ambos proyectos, en el anexo N°06 se describe el informe realizado al Proyecto N°02, donde se evidencia la inspección de manera cronológica de toda la actividad, de acuerdo con los estándares solicitados por el proyecto.

Estos documentos son presentados al cliente COGA y forman parte del dossier final, donde se detallan todas las actividades involucradas en el proyecto.

## CAPÍTULO IV: CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES

Las actividades desarrolladas durante el periodo como bachiller se muestran en la tabla 11, en esta tabla se describe el inicio y fin de mi participación en el área de control de calidad para el recubrimiento de pintura por cada proyecto.

Tabla 11: Desarrollo de actividades según participación de proyectos

Empresa	Proyecto	Cliente Final	Actividades Desarrolladas	Inicio	Fin
SSK Montajes e Instalaciones	Estación de Bombas y tubería	Minera Chinalco	Inspector de Calidad	07 oct. 2013	20 mayo 2015
Techint Ingeniera y Construcción	Ampliación Gasoducto Ayacucho	TGP	Inspector de Calidad	12 oct. 2015	31 dic. 2016
	Mejora del Sistema Drag Reducer- PS2	TGP	Inspector de Calidad		
Técnicas Metálicas	Modernización Refinería Talara	Petroperú	Inspector de Calidad	12 jul. 2016	30 nov. 2016
Consorcio Stork - TMI	Modernización Refinería Talara	Petroperú	Inspector de Calidad	20 nov. 2017	30 jun. 2018
Serpetbol Perú	MOA	Pluspetrol	Inspector de Calidad	06 jul. 2018	01 oct. 2018

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Desarrollo de actividades según participación de proyectos  
(continuación)

Empresa	Proyecto	Cliente Final	Actividades Desarrolladas	Inicio	Fin
Ingeci	Planta de ácido sulfúrico - Proyecto de conversión DCDA API / SPCC- OIT	Southern Perú	Inspector de Calidad	10 oct. 2018	30 nov. 2018
GMI SA Ingenieros y consultores	Modernización de la Refinería Talara - División EPC	Petroperú	Inspector de Calidad	01 feb. 2019	Actual

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V: FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL**

### **5.1 Planteamiento de la realidad problemática en cada actividad**

El presente informe procura contribuir con el control de la corrosión mediante la aplicación de un recubrimiento de alto desempeño y sobre todo ecológico, brindando mayor durabilidad a tuberías para proceso de gas sometidas a esfuerzos y cambios en sus propiedades debido al contenido de humedad del suelo al que son enterradas, esto último conllevaría a que se produzcan diferentes tipos de consecuencias, como contaminación del suelo, pérdida de gas y sobre todo poner en riesgo vidas humanas.

Actualmente en el mercado de la industria de proyectos metalmecánicos, el nivel de inspección de recubrimiento industriales es muy exigente, ya que la inversión en estos proyectos es muy elevada y se tiene entre una de sus prioridades prolongar el tiempo de vida de los diversos activos de la empresa.

Es importante tener en cuenta que la protección mediante la aplicación de pinturas es con el fin de aislar completamente al metal base del medio agresivo al que está expuesto, con ello se entiende que todo elemento a recubrir no requiera ningún mecanizado posterior, ya que eso impactaría al recubrimiento aplicado. Es por ello por lo que para determinar los factores que pueden influir en cualquier falla de corrosión específicamente a las tuberías enterradas, se debe caracterizar el tipo de suelo, ésta es una recomendación establecida en diversos estándares dedicados al estudio de la corrosión en medios sumamente agresivos.

### **5.2 Antecedentes referenciales y objetivos de cada actividad**

Desde hace aproximadamente 100 años se dispone específicamente de diferentes tipos de pinturas para tuberías enterradas, con el paso de los años y el avance tecnológico, tanto las técnicas, equipos y materiales han ido evolucionando con el fin de lograr una mejora en la productividad y el control de la calidad, que cada vez ha sido más exigente en las distintas especificaciones de empresas petroleras, energía, mineras y demás, enfocándose en normativas internacionales.

Es por ello que con el fin de seguir con la mejora continua con respecto al control en el proceso de pintura, las empresas fabricantes y proveedoras de pinturas han implementado el servicio de asesoría técnica brindado por especialistas en el rubro y en su mayoría certificados por organismos internacionales como NACE y SSPC, ésta asesoría se desarrolla en los tantos talleres y obras donde se lleva a cabo este proceso, con el objetivo de realizar distintas capacitaciones a todo el personal involucrado en la actividad y tener la certeza de poder brindar la experiencia necesaria en los diferentes rubros: industrial, marino, vial, puentes, automotriz, entre otros., que permita poder identificar toda necesidad que pueda tener el usuario final y lo primordial, fomentar las buenas prácticas de preparación de superficie y aplicación de recubrimiento basados en estándares internacionales. Con las referencias antes mencionadas, a continuación, se describen los objetivos del presente informe.

#### **5.2.1 Objetivo general**

Realizar el correcto seguimiento a las etapas descritas según el plan de inspección y ensayos, para que la pintura aplicada a las tuberías sometidas bajo tierra se desempeñe de la mejor manera ante la corrosión subterránea y logre el tiempo de expectativa de vida requerido.

#### **5.2.2 Objetivos específicos**

- Documentar todas las pruebas de calidad desarrolladas en el proceso de preparación de superficie y aplicación de pintura.
- Desarrollar planes de mejora en base a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de calidad.

### **5.3 Marco teórico de los conocimientos técnicos requeridos**

#### **5.3.1 Conceptos generales**

##### **5.3.1.1 Corrosión**

El proceso de corrosión involucra el deterioro de una sustancia, generalmente un metal, o de sus propiedades debido a una reacción con su ambiente.

Esta definición es muy amplia y reconoce que los materiales diferentes al acero, tales como la madera, el concreto (hormigón) y los plásticos también están sujetos a la corrosión [NACE I, 2014, pág. 2-2]

Siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesario la oportuna utilización de la técnica de protección catódica.

### 5.3.1.2 Corrosión en suelos

La corrosión en este tipo de superficie es muy variable, y la intensidad dependerá de diferentes factores tales como la composición química, pH del suelo y contenido de humedad, siendo este último el principal factor, ya que la velocidad de corrosión es directamente proporcional con la humedad. El nivel de agresividad en este tipo de corrosión esta entre la corrosión atmosférica y la corrosión en inmersión.

Para el caso del suelo arcilloso donde el oxígeno de la atmósfera no penetra el suelo, el hidrógeno producido a consecuencia de la reacción catódica en la estructura enterrada puede llegar a ser oxidado por una acción microbiana, resultando de la actividad metabólica del proceso de un microorganismo, el cual logra su desarrollo a falta de oxígeno libre [Ávila & Genescá, 2002].

El proceso de oxidación del hidrógeno en esta clase de medios es debido que esta bacteria no utiliza el oxígeno libre, sino el ion sulfato<sup>2-</sup> (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) reduciéndolo a sulfuro (S<sup>2-</sup>), el resultado obtenido a lo antes mencionado es que la corrosión es progresiva y es denominada corrosión anaeróbica [Ávila & Genescá, 2002].

La corrosión en suelos es de tipo electroquímico o galvánico, por lo que la resistividad del terreno está ligada a la corrosividad, como lo señala la tabla 12.

Tabla 12: Resistividad del suelo

Resistividad ( $\Omega$ - m)	Grado de agresividad
< 10	Severo
10 – 100	Discreto
100 – 1000	Escaso
> 1000	Nulo

Fuente: Ávila & Genescá 2002



Tomando como ejemplo la tabla 12 en un suelo arcilloso con un 5% de humedad la resistividad del suelo es aproximadamente 10000 ohm-m, y para un porcentaje de 25% de humedad la resistividad del suelo es aproximadamente 100 ohm-m. Debido a lo expuesto anteriormente podemos decir que en suelos donde hay ausencia de humedad o el porcentaje es muy bajo no tendría lugar el proceso de corrosión. Sin embargo, en suelos arcillosos con alto porcentaje de humedad, como los que se encuentran en la selva baja de nuestro país, el proceso de corrosión es un factor muy importante, teniendo en cuenta que por estos suelos existen los sistemas de tuberías enterradas por donde fluye el gas natural que llega a la capital.

### **5.3.1.3 Corrosión atmosférica**

Es un proceso que se desarrolla en una película húmeda muy delgada (invisible a simple vista) sobre una superficie de metal, la velocidad de esta corrosión aumenta mediante los siguientes factores.

- Incremento en la humedad relativa
- Ocurrencia de la condensación
- Aumento en la cantidad de contaminación en la atmósfera

La temperatura del aire y la humedad atmosférica en una determinada zona de cualquier parte del mundo dependerán del clima que prevalezca en esa misma zona. Representa más del 50 % de las pérdidas totales por corrosión. Difícil de investigar por la dificultad de simular en el laboratorio las condiciones atmosféricas reales [Feliu & Andrade, 1991, pág. 24].

Este tipo de corrosión ocurre mayormente cuando el cloruro de sodio (NaCl, uno de los minerales más abundantes de la tierra), se incorpora a la atmósfera desde el océano, para otros casos, esta contaminación va a depender básicamente de la presencia de industrias, siendo el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) el contaminante principal, el cual deriva del uso de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre.

### 5.3.2 Control de la corrosión

En la actualidad existen diferentes maneras de combatir la corrosión, y podemos obtener información en diferentes fuentes, entre ellas tenemos a las organizaciones ISO, NACE, SSPC; consultores, pruebas de campo, software y diversos fabricantes de pintura.

Enfocándonos en las pinturas como medio de protección para el acero, éstas se dividen por medio de tres mecanismos: barrera, inhibición y sacrificio (galvánica).

#### 5.3.2.1 Protección por capa de barrera

Esta protección se logra aplicando pinturas de alto espesor, es decir, crear una capa o barrera que aisle el metal o sustrato del medio que lo rodea. Estas pinturas en su mayoría contienen resinas impermeables que usan distintos pigmentos, con el fin de prevenir el paso del oxígeno al metal y el paso de iones solubles al metal. Para proporcionar mayor durabilidad a la capa de barrera, las pinturas deben tener una combinación de espesores, impermeabilidad y libre de defectos.

La figura 26, nos muestra que esta capa una vez perforada, ocurre la formación de corrosión, creciendo por debajo del recubrimiento sano.



Figura 26: Capa de barrera atacada por la corrosión

Fuente: [www.tubacero.com.uy/soluciones.php](http://www.tubacero.com.uy/soluciones.php)

### **5.3.2.2 Protección por pigmentos inhibidores**

Los pigmentos inhibidores en realidad pasivan la superficie del metal formando una película fina, bien adherida o reforzando y tapando los defectos de las películas naturales formadas por secamiento al aire. Un ejemplo de este tipo de recubrimientos es un alquídico basado en molibdatos de zinc [NACE I, 2014, pág. 7-9].

### **5.3.2.3 Protección galvánica**

La protección catódica tiene como función reducir la corrosión de un metal, haciendo que la superficie de éste se comporte como cátodo, es decir la protección catódica convierte áreas anódicas en áreas catódicas.

El ejemplo más conocido de este tipo de protección, son las pinturas llamadas ricas en zinc, donde el zinc actúa como ánodo, protegiendo a la superficie de acero que actúa como cátodo.

## **5.3.3 Propiedades de la pintura anticorrosiva**

Muchas de las principales propiedades son específicas y dependen del tipo de pintura, a continuación, se describen las principales.

### **5.3.3.1 Adhesión**

Esta propiedad es para muchos la principal o más importante, debido a que toda pintura debe poseer al menos una adhesión al substrato o entre capas para proporcionar una mayor durabilidad, ya que, de no tener la propiedad en mención, la película de pintura corre el riesgo de no resistir los esfuerzos o cambios dimensionales durante el proceso de curado.

La adhesión en las pinturas se presenta de dos tipos: de naturaleza química o de naturaleza mecánica. En cualquier de los dos tipos, una superficie metálica limpia y con un mínimo anclaje es necesario para una buena adhesión.

Una prueba de adhesión común es realizada con una cuchilla o un equipo traccionador (pull-off) especializado. Toda prueba de adhesión es destructiva, tanto que el área de prueba debe ser reparado. Por lo tanto, es mejor realizar una

mínima cantidad de pruebas.

Las normas más utilizadas para evaluar la adhesión entre la película de pintura y el sustrato son la ASTM D 4541 (con equipos de adhesión mecánicos, los cuales

brindan resultados cuantitativos) y la ASTM D 3359 (corte con cuchilla y cinta adhesiva, las cuales brindan resultados cualitativos).

### **5.3.3.2 Permeabilidad**

Esta propiedad se define como la capacidad de un material para que un fluido lo penetre sin alterar su estructura interna. Se afirma en diversas publicaciones que todas las pinturas son permeables en cierto grado, teniendo en cuenta que para servicios en inmersión es importante que la pintura cuente con una baja permeabilidad.

Si bien películas de pintura con mayor espesor proporcionaran una mayor capa de barrera a diferencia de las películas con un espesor menor, se tiene que tomar en cuenta la retención del solvente y los esfuerzos internos.

### **5.3.3.3 Humectación**

Es el proceso por el cual un líquido se dispersa y entra en contacto íntimo sobre un sustrato, con respecto a la película de pintura, esta debe humectar muy bien al sustrato antes de que pueda adherirse.

Para que la película de pintura pueda humectar eficientemente al sustrato y se pueda adherir a él, deberá tener una tensión superficial mucho más baja que el sustrato.

La fuerza motriz para que un líquido pueda difundirse de manera continua sobre el metal, es el gradiente de tensión superficial entre las dos superficies, lo opuesto al flujo de un líquido son las fuerzas viscoelásticas (la viscosidad).

Generalmente una pintura debe tener una viscosidad considerablemente baja para que tenga la capacidad de ser bien aplicada y lo suficientemente alta para no chorrearse.

#### **5.3.3.4 Dureza**

Esta propiedad se manifiesta por ser la resistencia que ofrece un recubrimiento a la perturbación permanente mediante la aplicación de una fuerza mecánica como puede ser la presión o rayado.

La dureza del recubrimiento de pintura puede ser muy importante como un criterio para la culminación del curado.

La norma con la cual es conducida esta propiedad es la ASTM D3363, comúnmente llamada la prueba del lápiz, la aplicación de esta prueba consiste en que una serie de lápices arañen la pintura dando una medida de la dureza.

#### **5.3.4 Tipos de recubrimientos para tuberías y juntas de campo**

Se tienen diversos tipos de recubrimientos para las tuberías que normalmente transportan petróleo, gas y agua; para el caso de este informe, el fluido que se transporta es el gas que inicia su transporte desde la planta de procesamiento hasta su lugar de consumo.

Se utilizan recubrimientos en el exterior de la tubería con el fin de proporcionar protección contra la corrosión en la parte exterior del elemento, protección contra los químicos, bacterias y humedad del suelo al que están sometidos, mejora con respecto al medioambiente, salvaguarda la pureza del fluido al que transporta y sobre todo puede ser vital al evitar cualquier tipo de accidente a ser humano.

Los materiales utilizados para el recubrimiento de las tuberías varían mucho, dependiendo del producto transportado, el uso del servicio, el entorno en el que se está siendo operado, las circunstancias económicas y los requisitos de seguridad [NACE II, 2014, pág. 18-4].

#### **5.3.4.1 Epóxico líquidos de alto contenido de sólidos**

Este tipo de recubrimiento pertenece a la familia de las pinturas epóxicas, las cuales son el producto de la reacción de una resina epóxica y un agente de curado (amina o poliamida) y se caracterizan por ser de 02 componentes, adquiere su nombre de altos sólidos cuando el porcentaje de sólidos es mayor al 70% en volumen.

Normalmente se utiliza este recubrimiento para tramos cortos de tubería y otras configuraciones, su uso de aplicación dependerá básicamente de lo indicado en la hoja técnica del producto que se utiliza.

Los parámetros que el control de calidad tiene que verificar para utilizar este tipo de recubrimientos son los siguientes:

- Limpieza previa realiza correctamente
- La preparación de superficie cumple con la especificación
- Materiales en buen estado /operador entrenado
- Realizar una verificación del espesor en película seca
- Inspeccionar el área aplicada con el detector de discontinuidades usando el voltaje adecuado [NACE II, 2014, pág. 18-52].
- 

#### **5.3.5 Componentes de las pinturas**

Las pinturas en su gran mayoría están conformadas por tres componentes: la resina, el pigmento y el solvente. Si bien no todas las pinturas deben contener estos componentes, la resina es la única que se encuentra en la totalidad de las pinturas. Para muchos, las pinturas también se pueden dividir en dos partes: vehículo (solvente y resina disuelta) y pigmento (porción sólida), ver figura 27.

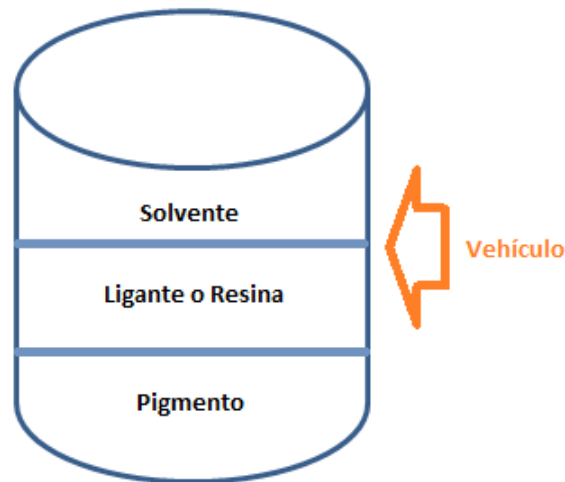


Figura 27: Componentes de la pintura

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que los sólidos totales están formados por la resina y el pigmento, y estos son los que brindan el espesor final de la pintura, con respecto al solvente, es el único componente que se pierde posterior a que la película de pintura seca y/o cura.

### 5.3.5.1 Resina

El ligante o resina son productos cuya misión es la de mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez esté seca la pintura [Alonso, 2013, pág. 6].

El nombre de la pintura generalmente se indica según su tipo de ligante utilizado, así como: epóxico, poliuretano, acrílico, entre otros, teniendo en cuenta que más de un ligante pueden combinarse y formar una pintura.

Este componente brinda principalmente las siguientes las siguientes propiedades:

- Mecanismo y tiempo de curado
- Desempeño en diferentes ambientes y sustratos
- Flexibilidad y dureza
- Adhesión

### **5.3.5.2 Pigmento**

Los pigmentos son compuestos orgánicos e inorgánicos cuya función es proporcionar a la pintura color y poder cubriente. Los pigmentos son opacos tanto en seco como en húmedo [Alonso, 2013, pág. 7]. Cabe resaltar que este es el componente más pesado de toda la composición.

Este componente brinda principalmente las siguientes propiedades:

- Color
- Ocultamiento
- Resistencia a la corrosión
- Nivel de brillo

### **5.3.5.3 Solvente**

Este componente de naturaleza orgánica se caracteriza por mejorar la productividad de la pintura, es usado para reducir la viscosidad de la pintura y poder llegar a disolver la resina.

Los solventes desempeñan un papel fugaz en los recubrimientos protectores. Una vez aplicado y curado, los solventes ya no cumplen ninguna función, de hecho, pueden provocar problemas de desempeño si no se evaporan de la película de recubrimiento [NACE I, 2014, pág. 7-6].

Una viscosidad elevada podría ocasionar defectos como piel de naranja y disminuiría la habilidad de la resina para humectar al metal (substrato) ocasionando fallas en la adhesión. Para una viscosidad muy baja ocasionaría defectos como las llamadas chorreaduras o descolgamientos y espesores bajos de pintura en superficies verticales y filos.

Es por lo antes expuesto que una mala elección de este componente podría conllevar a tener deficiencias la apariencia final y fallas en las propiedades protectoras.

Los solventes orgánicos más usados son las acetonas, ésteres, aromáticos, entre otros.



### 5.3.6 Fallas en los sistemas de pintura

Generalmente los recubrimientos de pintura actúan debido a que se adhieren de la mejor manera al metal y además estas poseen fuerzas de cohesión que los mantienen unidos, impidiendo el deterioro químico e impidiendo la permeabilidad de agentes corrosivos (sales, agua y el oxígeno).

Existen diversos factores para que una película de pintura falle, ya que éstas están sometidas a diferentes esfuerzos, y el exceso del nivel esperado de estas fuerzas es el origen de una determinada falla. Pero si la aplicación de la pintura fue deficiente o la formulación de la pintura fue mal fabricada y la pintura falla bajo esfuerzos normales (en el nivel esperado), quiere decir que existen otros factores diferentes de los esfuerzos antes mencionados.

Para un mejor entendimiento del comportamiento de la película de pintura, podemos apoyarnos en la figura 28, este grafico que representa la curva esfuerzo – deformación nos indica que hasta el punto de cedencia toda elongación se puede recuperar, eso quiere decir si el esfuerzo se deja de aplicar, la película de pintura regresara a su estado original, pero si la elongación supera el punto de cedencia, está ya no es recuperable y el estado de la película de pintura será deformada de manera permanente.

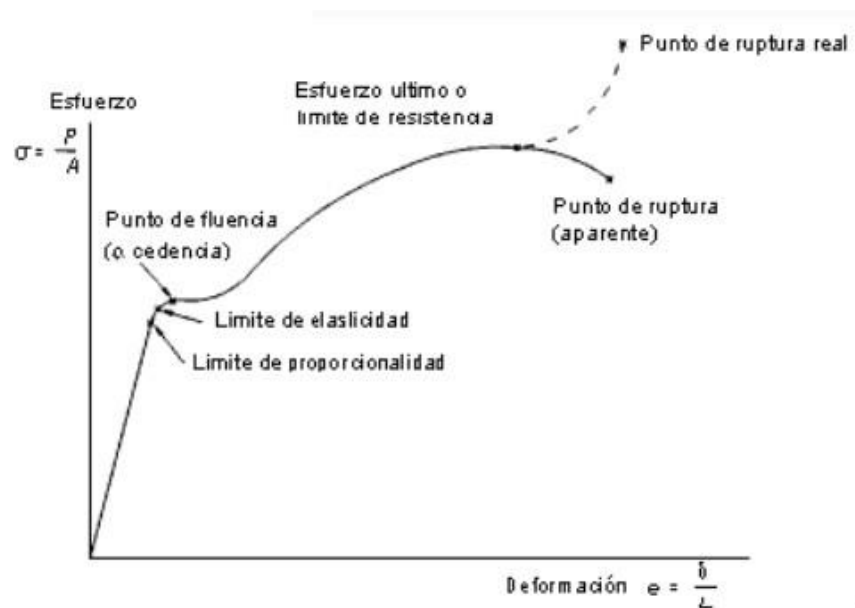


Figura 28: Curva esfuerzo - deformación

Fuente: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/10/propiedades-del-acero.html>

Dividiremos las fallas más comunes según el tipo de pintura:

#### **5.3.6.1 Fallas en pinturas alquídicas**

Entre las fallas más comunes para este tipo de pinturas está la llamada Saponificación, la cual ocurre debido a la presencia de condiciones alcalinas en el sustrato donde se realiza la aplicación de pintura.

Para este tipo de pinturas también es común la piel de cocodrilo, que ocurre cuando un recubrimiento duro y resistente es aplicado sobre una pintura más blanda y extensible. Algunos recubrimientos aplicados a muy altos espesores pueden formar la piel de cocodrilo al ser expuesto a la luz del sol [NACE I, 2014, pág., 20-10].

#### **5.3.6.2 Fallas en pinturas epóxicas**

La falla más relevante para este tipo de pintura es el Tizamiento (Calentamiento) y normalmente son repintados con un recubrimiento resistente a los rayos UV para servicios atmosféricos [NACE I, 2014, pág. 8-12].

Al iniciarse el proceso de mezclado de las partes A y B de la pintura epóxica, éstas ocasionan que el peso molecular y la viscosidad varíen durante este proceso y a su vez influyan en la fluidez de la pintura y generalmente afecte a la mojabilidad de la pintura.

Posterior al proceso de curado de la pintura y esfuerzos debidos al medio ambiente la probabilidad de fallas debido a esfuerzos internos es bastante alta. Se debe tener en cuenta que más del 50% de fallas son debido a errores de aplicación, entre ellas las más comunes son errores en la preparación de pintura, tiempo de inducción y agitación.

### 5.3.6.3 Fallas en pinturas inorgánicas ricas en zinc

Para el caso de este tipo de pinturas, las fallas más relevantes son la pobre cohesión, baja resistencia al impacto, pintura quebradiza, no pueden ser recubiertos por sí misma, fallas por falta de agitación y fallas debidas por el curado incompleto cuando se aplica en condiciones ambientales con humedad relativa menores a lo especificado en su hoja técnica.

A continuación, se describe mediante la tabla 13 las principales fallas, posibles causas y el modo de control de las fallas relacionadas directamente con la formulación y defectos relacionados con las fallas de la aplicación de pintura.

Tabla 13: Principales fallas en recubrimientos

Tipo de falla	Causa	Modo de control
Fallas relacionadas a la formulación		
Tizamiento (calentamiento)	Luz ultravioleta reacciona con las resinas en el aglutinante	Elección de resinas y pigmentos que protejan las resinas del sol
Erosión	Lluvia intensa, vientos fuertes o una combinación de ambas	Elección de resinas y pigmentos que protejan las resinas del sol

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Principales fallas en recubrimientos (continuación)

Tipo de falla	Causa	Modo de control
<b>Fallas relacionadas a la formulación</b>		
Agrietamiento (checking)	Mezcla de resinas y pigmentos que no se combinan adecuadamente durante la formulación	El recubrimiento debe ser formulado con resinas resistentes a la intemperie
Piel de cocodrilo	Esfuerzos internos que se establecen en la superficie del recubrimiento	El recubrimiento debe ser aplicado en capas delgadas y éstas deberán curar antes de la siguiente capa
<b>Fallas relacionadas a la aplicación</b>		
Espesor inadecuado	Para un espesor delgado, provoca puntos de alfiler / Para un espesor grueso, la película puede agrietarse	La aplicación debe hacerse de manera homogénea y uniforme, permitiendo que la pintura humecte toda la superficie
Punto de alfiler (Pinhole)	Aplicación de un recubrimiento orgánico grueso sobre una superficie porosa / evaporación rápida del solvente	Controlar la temperatura de la superficie a pintar, controlar la evaporación del solvente
Sobrerociado (Overspray)	Película rugosa que se adhiere pobremente a la superficie del recubrimiento	El aplicador debe asegurar que la pistola de atomización este correctamente ajustada y aplicar la pintura en pases múltiples delgados, traslapando al 50%
Discontinuidades (Holidays)	Puntos desnudos u omisiones, donde el sustrato está sin cubrir	La pintura debe ser aplicada en una película lisa y uniforme
Mano de obra deficiente	Generalmente la aplicación de capas sobre contaminación visible, demasiado gruesas, demasiado delgadas, puede evitarse con una mejor técnica de aplicación.	Pintores entrenados para que entiendan la naturaleza de los recubrimientos industriales
Piel de naranja	La pintura no fluye de manera adecuada	Aplicación, presión y viscosidad y espesores de la pintura deben ser óptimos

#### **5.4 Objetivo de uso de la técnica propuesta**

La alternativa del uso de la pintura epoxi de alto contenido de sólidos para tuberías enterradas fue propuesta por el Cliente TGP, ya que debido a su formulación este recubrimiento, fue desarrollado específicamente para ser aplicado en superficies de acero mojadas o húmedas, y adicionalmente también podría ser aplicado en superficies secas con iguales propiedades de alta protección contra la corrosión. Adicionalmente con respecto a los beneficios de este recubrimiento, cabe resaltar que no contiene compuestos orgánicos volátiles, está libre de isocianato, posee una excelente adhesión en superficies húmedas, secas y Epoxi Unido por Fusión (FBE), este último recubrimiento es el que poseen las tuberías nuevas de mayor diámetro utilizadas en el Proyecto N°01.

Con el objetivo de evitar que el contenido de oxígeno pueda formar células de corrosión en las tuberías subterráneas fue idóneo aplicar un recubrimiento de mayor espesor como la pintura SP-4888 para preservar el mayor tiempo posible la durabilidad de las tuberías que serán sometidas a un alto grado de corrosividad, teniendo en cuenta que según el estándar español EN 12944-2 categoriza a este ambiente como Im3 (tuberías enterradas).

Para evitar en lo posible cualquier dificultad en la aplicación de este recubrimiento el control de calidad acompaña el proceso en todas las etapas, ya que cumple una función importante en la aplicación, esta área es la encargada de llevar una documentación ordenada, la cual describa los resultados de todas las pruebas involucradas en dicho proceso y expuestas en el plan de inspección y ensayos del proyecto. Esto permite que la producción se realice de forma fluida y con pérdidas de tiempo mucho menores, con el fin de satisfacer al cliente en relación con los tiempos de entrega programados.

#### **5.5 Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones**

Durante el proceso se desarrollaron diferentes cálculos en la preparación de superficie y aplicación de pintura, los resultados de estos cálculos nos sirvieron de mucha utilidad para optimizar las pérdidas de pintura y el rendimiento de ésta.

### 5.5.1 Cálculo de la concentración equivalente de sales totales en la superficie a partir de la conductividad

Para obtener el valor de la concentración total de sales en la superficie, se utilizó el método A1 (parche bresle) de la guía SSPC-Guía 15, este parche es un envoltorio de látex con un área de 12,5 cm<sup>2</sup>.

Se extrae el volumen total de la muestra y se realiza la medición de la conductividad mediante un conductímetro tipo taza, se hace esta medición ya que la conductividad no es un valor cuantitativo. Con los valores descritos anteriormente se puede realizar un cálculo matemático para hallar la concentración de sales en la superficie, mediante la siguiente ecuación desarrollada por un comité ISO (ISO 8502-10).

$$E = 0,5 * S * V * A^{-1} \dots \dots \dots (\alpha)$$

Donde:

E: Concentración de cloruros en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

S: Conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$

V: Volumen de agua usada para recolectar una muestra de la superficie en mililitros.

A: Área de colección de muestra en  $\text{cm}^2$ .

Para nuestro caso, los valores del Proyecto N°02 fueron:

S: 12,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$

V: 2,5 mL

A: 12,5  $\text{cm}^2$

Reemplazando valores en la ecuación  $\alpha$ :

$$E = (0,5 * 12,0 \mu\text{S}/\text{cm} * 2,5 \text{ mL}) / 12,5 \text{ cm}^2$$

$$E = 1,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \text{ de sales solubles}$$

### 5.5.2 Cálculo de espesor de la película húmeda

Se requiere calcular este valor para que podamos tener un valor referencial con respecto al espesor de película seca al cual se requiere llegar.

La medición de la película se debe realizar inmediatamente luego de aplicar la pintura, ya que con esta medición el aplicador podrá definir variables como la cantidad de pasadas, velocidad de aplicación y otros factores los cuales puedan ayudar a obtener espesores de película seca acorde a los estipulado en el procedimiento de pintura.

Para calcular el espesor en película húmeda, se realiza la siguiente operación:

$$\text{EPH} = \text{EPS} (100 + \% \text{Dilución}) / \% \text{SV} \dots \dots (\text{£})$$

Donde:

EPH: Espesor en película húmeda

EPS: Espesor en película seca

SV: Sólidos en volumen

Reemplazando valores en la ecuación £, teniendo en cuenta que la pintura por ser 100% sólidos, no necesita dilución (según la hoja técnica) y que el espesor de película seca pertenece a la primera capa.

$$\text{EPH} = 20 \text{ mils} (100) / (100)$$

$$\text{EPH} = 20 \text{ mils}$$

### 5.5.3 Cálculo del rendimiento teórico y práctico

El rendimiento teórico es un factor fundamental a tener en cuenta en el proceso de pintura, ya que con este valor se puede establecer aproximadamente la cantidad de pintura necesaria para poder recubrir el elemento, teniendo en cuenta que este rendimiento se refiere al caso hipotético de superficies perfectamente lisas, sin pérdida alguna al momento de la aplicación, y suponiendo que el espesor de la película seca sea homogéneo.

La ecuación para hallar el rendimiento teórico se presenta de la siguiente manera:

$$R_t = 149,02 * \%SV * EPS^{-1} \dots\dots(\beta)$$

Donde:

R<sub>t</sub>: Rendimiento teórico en m<sup>2</sup>/galón

%SV: Porcentaje de sólidos en volumen

EPS: Espesor de película seca en mils

Para nuestro caso, los valores en ambos proyectos fueron:

%SV: 100%

EPS: 20 mils (promedio)

Reemplazando valores en la ecuación (β)

$$R_t = (149,02 * 1) / 20 \text{ mils}$$

$$R_t = 7,45 \text{ m}^2/\text{galón}$$

Para el caso del rendimiento práctico, los consumos son mucho mayores, debido a los siguientes factores:

- Derrames y pintura adherida en los recipientes
- Sobre espesores de pintura
- Zonas de difícil acceso
- Para el caso de la pintura 100% sólidos, la aplicación es mediante brocha, teniendo menos pérdida a diferencia de la aplicación mediante equipo airless.

La ecuación para hallar el rendimiento práctico se desarrolla de la siguiente manera:

$$R_p = R_t (\text{factor}) \dots\dots(\theta)$$

Donde:

R<sub>p</sub>: Rendimiento práctico m<sup>2</sup>/galón

P<sub>t</sub>: Rendimiento teórico m<sup>2</sup>/galón

**factor: 1 - %pérdida.....(δ)**



Debido a la complejidad de la pintura, no se pudo establecer el porcentaje de pérdida, es por ello por lo que se tuvo que hallar el rendimiento práctico de manera experimental, realizando el siguiente procedimiento.

Se preparó un kit de pintura (resina más catalizador) y se aplicó de manera uniforme a una probeta (tubería desnuda de 24") con una preparación superficial SSPC-SP11.

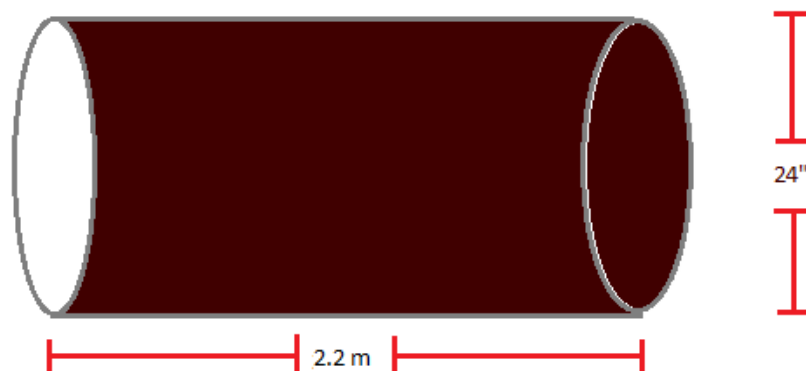


Figura 29: Tubería de 24" utilizada como probeta

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, la cantidad de pintura preparada (1 kit = 1 galón) alcanzó para pintar 2,2 m de tubería de 24", calculando el área total de la tubería recubierta se obtiene:

$$A = (2,2\text{m}) (\pi) (24'') (0,0254\text{m}/1'')$$

$$A = 4,21 \text{ m}^2$$

$$R_p = 4,21 \text{ m}^2/\text{galón}$$

Reemplazando en las ecuaciones  $\theta$  y  $\delta$ :

$$4,21 \text{ m}^2/\text{galón} = 7,45 \text{ m}^2/\text{galón} (\text{factor})$$

$$\text{factor} = 0,57$$

$$0,57 = 1 - \% \text{perdida}$$

$$\text{Pérdida} = 43\%$$

El porcentaje de pérdidas calculado para esta clase de pintura es aproximadamente 43%, se debe tener en cuenta que este valor puede variar, dependiendo de la rugosidad de la superficie, condiciones ambientales y sobre todo el espesor aplicado.

#### 5.5.4 Óptimo consumo de pintura

Para optimizar el consumo de pintura, se debe tener en cuenta la variable de rugosidad o el perfil de anclaje, ya que los cálculos obtenidos anteriormente se realizaron asumiendo una superficie completamente lisa y una superficie rugosa ciertamente necesitará mayor cantidad de pintura en la superficie, es allí donde recae la importancia de la granulometría del material utilizado en una limpieza de chorro abrasivo.

Tener una superficie áspera conlleva a un aumento considerable de la superficie real, es aquí donde se emplea la definición de volumen muerto, el cual es la cantidad de pintura utilizada para recubrir los valles conseguidos en la preparación de superficie, ver figura 30.

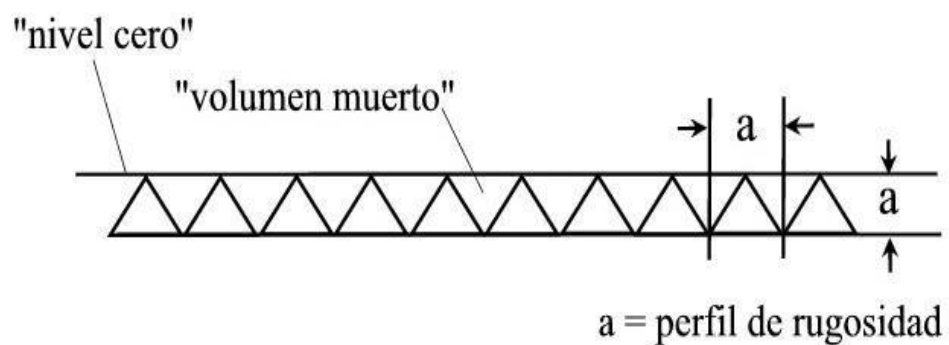


Figura 30: Diagrama para visualizar el volumen muerto

Fuente: Elaboración propia

Para realizar los cálculos correspondientes, se debe tener en cuenta el coeficiente de volumen muerto, que depende directamente del perfil de rugosidad, como se muestra en la figura 31.

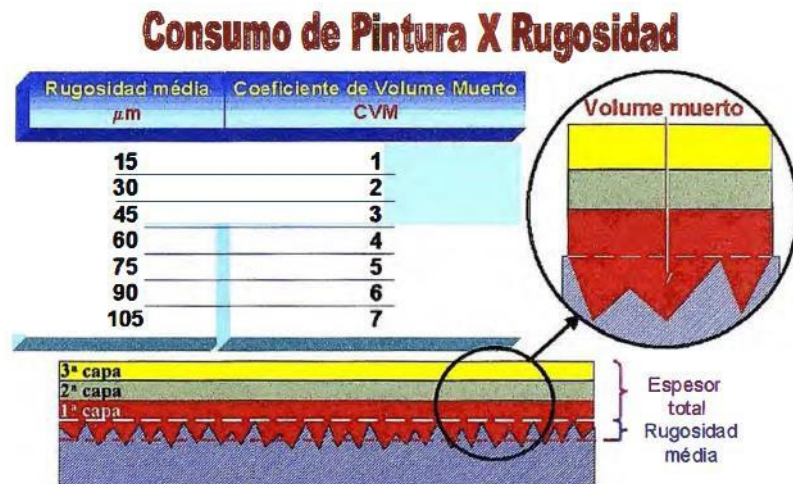


Figura 31: Cuadro para cálculo de volumen muerto

Fuente: Rendimiento de pinturas en campo – Sherwin Williams

Tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen pintura (litros)} = \text{CVM} / \text{SV (litros/m}^2\text{)} \dots\dots(\zeta)$$

Donde:

CVM: Coeficiente de volumen muerto

SV: Sólidos en volumen

Aplicando la fórmula para nuestro caso, teniendo un perfil de 2,8 mils como promedio de ambos proyectos y sabiendo que la pintura aplicada es de 100% solidos.

$$2,8 \text{ mils} = 71,1 \text{ micras}$$

De la imagen 31 podemos deducir que el coeficiente de volumen muerto es 4.

Reemplazando valores de la ecuación  $\zeta$ :

$$\text{Volumen muerto} = 4/100 \text{ (litros/m}^2\text{)}$$

$$\text{Volumen muerto} = 0,04 \text{ litros/m}^2$$

Con este valor hallado nos podemos dar cuenta que, si necesitamos pintar 100 metros cuadrados, el volumen muerto será:

$$100 \text{ m}^2 * 0,04 \text{ litros/m}^2 = 4 \text{ litros} = 1,1 \text{ galón de pintura}$$

## **5.6 Resultados y aportes técnicos de cada actividad**

### **5.6.1 Resultados de las actividades en ambos proyectos**

Se describen los resultados obtenidos de ambos proyectos en las tablas 14 y 15, en ellas se listan todas las actividades mencionadas en los documentos contractuales del proyecto, como son, el plan de inspección de ensayos, el procedimiento de preparación de superficie y aplicación de pintura, y todo documento establecido en dicho contrato.

Tabla 14: Resultados del Proyecto N°01

Evaluación/ Inspección	Técnica/ Instrumentos	Estándar/ Documento aplicado	Admisibilidad/ Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Revisión del procedimiento de pintura	N/A	Procedimiento de aplicación de pintura	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Revisión del plan de inspección y ensayos referente a la actividad	N/A	Plan de puntos de inspección	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Revisión de estándares del proyecto aplicados a la actividad	N/A	Estándares aplicados al proyecto	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Reunión previa al inicio de actividades	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Materiales	Visual	SSPC-PA1	Lotes menores a 1 año estado de materiales, almacenaje correcto y pintura adecuada	Cada nuevo lote de pintura y/o cada aplicación de pintura	En todos los casos los materiales involucrados fueron óptimos para el proceso de pintura
Identificación del daño	Visual	COG001IINPR0001	Aplicación de pintura es aplicada a los tipos de daños C y D	Antes de cada aplicación de pintura	Se procedió con la aplicación de pintura Epoxi para todos los daños tipo C y D.

Evaluación/ Inspección	Técnica/ Instrumentos	Estándar/ Documento aplicado	Admisibilidad/ Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Limpieza inicial	Visual	SSPC-SP1	Eliminación de todo aceite, grasa y/o elemento extraño	100% del elemento	Todo elemento estuvo exento de elementos extraños antes de cada aplicación de pintura
Preparación de superficie	SSPC-VIS3	SSPC-SP11	Según norma de referencia	Para cada inicio de aplicación de pintura	Antes de cada aplicación se comprobó la preparación de superficie con la técnica SSPC-VIS3
Perfil de anclaje	Micrómetro y cinta réplica	ASTM-D4417	2,5 - 3,5 mils	Para cada inicio de aplicación de pintura	El perfil promedio obtenido con el equipo Blíster Blaster fue 2,7 mils
Condiciones ambientales	Termohigrómetro	SSPC-PA1	Según hoja técnica de la pintura	Para cada inicio de aplicación de pintura	La pintura fue aplicada en condiciones adecuadas según la hoja técnica de la pintura
Preparación y aplicación de pintura	Visual	SSPC-PA1 / Hoja técnica de la pintura	Según hoja técnica de la pintura	Para cada inicio de aplicación de pintura	En todos los casos la preparación y aplicación de pintura se realizó según lo estipulado en el procedimiento de pintura

Evaluación/ Inspección	Técnica/ Instrumentos	Estándar/ Documento aplicado	Admisibilidad/ Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Medición de espesores en película húmeda	Péine metálico	ASTM-D4414	EPH = EPS (10+%DIL) /%SV	Durante la aplicación de las capas del sistema de pintura	En todos los casos el EPH estuvo dentro del rango admisible según la hoja técnica de la pintura
Curado	Tacto	Hoja técnica de la pintura	De acuerdo con el fabricante de pintura	Al finalizar cada aplicación de pintura	En todos los casos se respetó el tiempo de curado establecido en la hoja técnica de la pintura
Medición de espesores en película seca	Equipo eléctrico-magnético marca Elcometer	SSPC-PA2 / nivel 5	Según el procedimiento de pintura	En todo elemento del proyecto por capa de pintura	EPS según lo establecido en el procedimiento de pintura. En zonas por debajo del espesor requerido se procedió con la aplicación de una capa extra (respetando el tiempo de repintado)
Detección de discontinuidades	Equipo de alto voltaje (espesores mayores a 20 mils)	NACE SP-0188	Cero discontinuidades	Todo elemento sometido bajo tierra	No se identificaron discontinuidades en todo elemento liberado por el área de calidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resultados del Proyecto N°02

Evaluación	Técnica /Instrumentos	Estándar / Documento aplicado	Admisibilidad / Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Revisión del procedimiento de pintura	N/A	Procedimiento de aplicación de pintura	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Revisión del plan de inspección y ensayos referente a la actividad	N/A	Plan de puntos de inspección	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Revisión de estándares del proyecto aplicados a la actividad	N/A	Estándares aplicados al proyecto	N/A	Al inicio del proyecto	Se revisó toda documentación referente a la actividad
Reunión previa al inicio de actividades	N/A	N/A	N/A	N/A	Se produjo una reunión con la supervisión del cliente antes del inicio de actividades
Inspección de equipos y herramientas	Visual	N/A	Equipos y herramientas en buen estado, inspeccionados por el personal de mantenimiento	Al inicio del proyecto	Todo equipo y herramienta utilizado en el proceso estuvo bajo la inspección del personal de mantenimiento



Evaluación	Técnica /Instrumentos	Estándar / Documento aplicado	Admisibilidad / Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Materiales	Visual	SSPC-PA1	Lotes menores a 1 año estado de materiales, almacenaje correcto y pintura adecuada	Cada nuevo lote de pintura y/o cada aplicación de pintura	En todos los casos los materiales involucrados fueron óptimos para el proceso de pintura
Análisis del abrasivo	Conductímetro	ASTM D4940	< 1000 $\mu\text{s/cm}$	Al inicio del proyecto o cada nuevo lote	Valores dentro de lo admisible según estándar
	Visual	ASTM D7393	Sin presencia de película de aceite	Al inicio del proyecto o cada nuevo lote	No se identificaron elementos extraños en prueba
	Visual	SSPC PA1	Espacio cerrado libre de toda humedad	Al inicio del proyecto o cada nuevo lote	El abrasivo estuvo en una zona idónea, según el procedimiento
Limpieza de aire comprimido	Visual	ASTM D4285	Ningún rastro de aceite y/o agua	Para cada inicio de proceso de preparación de superficie	El aire utilizado estuvo exento de agua y/o aire
Limpieza inicial	Visual	SSPC-SP1	Eliminación de todo aceite, grasa y/o elemento extraño	100% del elemento	Todo elemento estuvo exento de elementos extraños antes de cada aplicación de pintura

Evaluación	Técnica /Instrumentos	Estándar / Documento aplicado	Admisibilidad / Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Preparación de superficie	SSPC – VIS1	SSPC-SP10 / NACE 2	Según norma de referencia	Para cada inicio de aplicación de pintura	Antes de cada aplicación se comprobó la preparación de superficie con la técnica SSPC-VIS1
Sales en la superficie	Parche Bresle	SSPC GUIA 15	< 3 µg/cm <sup>2</sup>	Al inicio del proyecto	Valores dentro de lo admisible según estándar
Perfil de anclaje	Micrómetro y cinta réplica	ASTM-D4417	2,5 - 3,5 mils	Para cada inicio de aplicación de pintura	El perfil promedio obtenido fue 2,9 mils
Nivel de polvo	Papel y cinta adecuados para la prueba	ISO 8502-3	Clase 1	Para cada inicio de proceso de aplicación de pintura	Los resultados estuvieron dentro de lo admisible
Condiciones ambientales	Termohigrometro	SSPC-PA1	Según hoja técnica de la pintura	Para cada inicio de aplicación de pintura	La pintura fue aplicada en condiciones adecuadas según la hoja técnica de la pintura
Preparación y aplicación de pintura	Visual	SSPC-PA1 / Hoja técnica de la pintura	Según hoja técnica de la pintura	Para cada inicio de aplicación de pintura	En todos los casos la preparación y aplicación de pintura se realizó según lo estipulado en el procedimiento de pintura

Evaluación	Técnica /Instrumentos	Estándar / Documento aplicado	Admisibilidad / Criterio de aceptación	Frecuencia	Resultado
Medición de espesores en película húmeda	Peine metálico	ASTM-D4414	EPH = EPS (100+%DIL) /%SV	Durante la aplicación de las capas del sistema de pintura	En todos los casos el EPH estuvo dentro del rango admisible según la hoja técnica de la pintura
Curado	Tacto	Hoja técnica de la pintura	De acuerdo con el fabricante de pintura	Al finalizar cada aplicación de pintura	En todos los casos se respetó el tiempo de curado establecido en la hoja técnica de la pintura
Medición de espesores en película seca	Equipo eléctrico-magnético marca Elcometer	SSPC-PA2 / nivel 3	Según el procedimiento de pintura	En todo elemento del proyecto por capa de pintura	EPS según lo establecido en el procedimiento de pintura. En zonas por debajo del espesor requerido se procedió con la aplicación de una capa extra (respetando el tiempo de repintado)
Detección de discontinuidades	Equipo de alto voltaje (espesores mayores a 20 mils)	NACE SP-0188	Cero discontinuidades	Todo elemento sometido bajo tierra	No se identificaron discontinuidades en todo elemento liberado por el área de calidad

Fuente: Elaboración propia

## 5.7 Análisis de resultados

Una vez que se cumplieron todas las actividades estipuladas en el plan de inspección y ensayos en ambos proyectos, los resultados de estas actividades estuvieron dentro del rango de aceptabilidad debido a los siguientes factores:

- a. El promedio del perfil de rugosidad en ambos proyectos estuvo dentro del rango especificado en la hoja técnica de la pintura, ya que para el caso del Proyecto N°01 se utilizó un equipo llamado Bristle Blaster, el cual puede proporcionar anclajes entre 1,6 – 4,7 mils, este rango es óptimo ya que debido a que los trabajos se realizan en campo, este equipo no genera ninguna clase de desechos.

Para el caso del Proyecto N°02, debido a que los trabajos se realizaron en taller con una mezcla de abrasivos de acero angular y esféricos (mix operativo), se obtuvo valores de perfil de anclaje dentro de lo establecido.

- b. Se removieron todo tipo de defectos metalmecánicos (cantos vivos, poros, salpicaduras de soldadura, entre otros) antes de iniciar el proceso de preparación de superficie, para ello se utilizaron herramientas de poder.
- c. Las sales solubles totales identificadas en la superficie granallada en el Proyecto N°02 no superaron la concentración máxima permitida ( $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), debido a que la conductividad de los abrasivos utilizados en la preparación de superficie estuvo dentro del valor admisible.
- d. La aplicación de pintura fue realizada por personal debidamente calificado y capacitado antes de iniciar el proyecto, esta capacitación estuvo a cargo por parte de un representante del fabricante de pinturas.
- e. Se respetó el intervalo de re-aplicación del revestimiento indicado en la hoja técnica del mismo, ya que el sistema completo consta de 02 capas de

pintura para poder llegar al espesor en película seca requerido según el procedimiento de pintura.

- f. Se aplicó la pintura SP 4888 a una probeta representativa para ambos proyectos, con el objetivo de inspeccionar el comportamiento y rendimiento de ésta, teniendo en cuenta que se le realizó una preparación de superficie SSPC-SP10 y que se llegaron a aplicar las dos capas de pintura hasta llegar al espesor en película seca especificado.
  
- g. Las discontinuidades detectadas por medio de la prueba de Holiday según estándar NACE SP-0188, fueron reparadas en todos los casos, considerando que dicha prueba se realizó al 100% de las tuberías.

## **5.8 Evaluaciones y decisiones tomadas**

Tanto al inicio como en el transcurso del proceso de recubrimiento se realizaron diferentes evaluaciones a toda actividad o elemento involucrado en el proceso. Para ello se efectuaron diversas coordinaciones con la supervisión con el fin de desarrollar el enfoque a la mejora continua.

Las decisiones más relevantes y fundamentales se realizaron en las siguientes actividades:

- a. Debido a que la pintura utilizada (recubrimiento epóxico de dos componentes y 100% sólidos) es aplicable específicamente para aplicaciones en superficies de acero mojadas o húmedas, no se tuvo en cuenta la humedad relativa del ambiente, es decir tanto en invierno, verano o cualquier condición adversa, esta pudo ser aplicada, siempre y cuando la temperatura de ambiente sea mayor a los 10°C y menor a 50°C, según la hoja técnica de la pintura.
  
- b. Antes de iniciar las actividades referentes a ambos proyectos (posterior a la adjudicación de contrato), se realizó una reunión previa entre las partes interesadas, esta reunión presidida por el representante del propietario busca comprobar que la contratista comprenda todos los requisitos de las especificaciones y demás documentos contractuales.

En esta reunión es donde se pudo resolver todo tipo de duda con respecto a la documentación, sistema de pintura, personal a cargo de la inspección, entre otros.

c. El sistema de pintura fue determinado por parte del representante del cliente (COGA), el cual estableció que para tuberías enterradas se use la pintura SP 4888, la complejidad de este recubrimiento se basó principalmente en el tiempo de vida útil (2 a 3 minutos) o también llamada pot life, por ello se optimizó el tiempo con respecto a la preparación de pintura con personal debidamente capacitado.

d. Debido a que la pintura provenía del extranjero, se tuvo otra alternativa en el caso que el stock en Perú de la pintura SP-4888 se llegue agotar, la alternativa fue la pintura JET POX SP 1000, un revestimiento epoxi – amina de buena resistencia química resistente a ambientes agresivos, se podría aplicar también sobre superficies mojadas, ya que no hay restricción de la humedad relativa y tiene 98% de sólidos por volumen, dicha pintura es fabricada y distribuida por la empresa QROMA, aplicada bajo el sistema de dos capas de la misma pintura a un espesor en película seca de 10 mils por capa y con un espesor en película seca final de 20 mils.

e. Se realizó una capacitación al personal directo en la aplicación de la pintura, esta capacitación fue realizada por un asesor técnico del fabricante de pinturas SP-4888, allí se lograron identificar todas las ventajas y desventajas producidas por este recubrimiento, enfocándose primordialmente en la preparación de superficie, ya que no se permitía por ningún motivo la formación de óxido en la tubería antes de realizar la aplicación, ya que si ocurriera esta formación de óxido, se tendría que preparar nuevamente la superficie de la tubería.

## **CAPÍTULO VI: ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

### **6.1 Actividades de investigación o innovación realizadas como bachiller**

Dentro de las actividades como inspector de calidad del área de recubrimiento de pintura, se generaron documentos involucrados a esta actividad, uno de ellos es la especificación de pintura para tuberías.

En la planta de gas de Malvinas (PLUSPETROL), para el proyecto Aseguramiento de la Operación Malvinas (Malvinas Operation Assurance MOA), se propuso pintar tuberías de acero aleación A335 P11 sin costura, las cuales iban a tener una temperatura de operación de 250 °C, estas tuberías iban a ser aisladas térmicamente y el cliente solicitó realizar un procedimiento de pintura para que éstas se encuentren protegidas bajo el aislamiento.

Para ello la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (NACE), mediante el estándar NACE SP 0198 nos proporciona la tecnología actual y las prácticas industriales para mitigar la corrosión bajo aislamiento térmico y materiales ignífugos, este estándar nos brinda las buenas prácticas para poder controlar un problema denominado corrosión bajo aislamiento (CUI), el cual ocurre durante el tiempo que el equipo caliente o frío ha estado aislado para protección térmica, conservación de energía o estabilización de procesos.

Ante lo descrito anteriormente, se generó una especificación técnica para pintura con respecto a esta clase de tuberías, basándose en estándares y normas de referencia del proyecto, ver anexo N°07.

### **6.2 Participación en unidades o grupos de seguridad industrial**

En los diferentes proyectos donde he participado, el tema de seguridad ha sido sumamente importante y vital para cualquier tipo de actividad a realizar, es por ello por lo que antes de iniciar la jornada laboral diaria fue obligatorio realizar las llamadas charlas de 5 minutos, en donde se busca informar y sensibilizar a los trabajadores sobre su seguridad y salud.

Por lo general, en estas charlas se tocan temas relacionados a los peligros y situaciones de emergencia que se pueden presentar en las áreas de trabajo, y conozcan cómo reaccionar y qué medidas tomar ante estos eventos, cabe resaltar que la importancia de estas charlas es debido a que nos permite generar en los trabajadores de la organización un compromiso con el Sistema Seguridad y Salud en el Trabajo, demostrándoles que nos importa su participación dentro de la empresa, y que son pieza fundamental para el desarrollo de ésta.



## **CAPÍTULO VII: CONTRIBUCIONES AL DESARROLLO DE LA EMPRESA**

El tiempo que permanecí en la empresa Techint Ingeniería y Construcción, estuve íntegramente dedicado al área de calidad, en donde logré desarrollar los siguientes documentos para el sistema de gestión de la empresa: cinco procedimientos operativos, ocho planes de inspección y ensayo, y veinticinco registros de observaciones para el área de seguridad.

Los procedimientos operativos son elaborados por el área de calidad, con ayuda de las áreas de construcción y de seguridad y/o prevención, estos documentos son herramientas básicas para poder minimizar todo tipo de error que conlleve a retrasos relacionados a la operatividad. Del mismo modo, los planes de inspección y ensayos son documentos que nos facilitan el control del proceso, detallando cada actividad de éste y siendo muy efectiva para poder llevar de una manera ordenada y detallada el desarrollo de toda la actividad.

Cabe resaltar que, en los procedimientos elaborados por mi persona con respecto a la elección de pinturas, lo que predominó para la elección del sistema de pintura (pintura epoxi) fueron que estas se encuentran con bajo compuesto orgánico volátil (COV) y también libres de isocianatos.

El compuesto orgánico volátil, es un elemento que se presenta durante el secado de los recubrimientos, el cual se eleva al aire en donde se une con otras sustancias químicas (óxidos de nitrógeno), y reaccionan para ozono, el cual causa problemas de salud en los seres humanos como en la vegetación del medio. Con referencia los isocianatos, estos compuestos mayormente son utilizados en los poliuretanos convencionales, está comprobado que las exposiciones de estos compuestos causan problemas respiratorios en el ser humano.

## **CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 Conclusiones**

- a. El presente informe intenta servir como una opción eficiente para proteger contra la corrosión toda tubería de acero enterrada, expuesta a suelos complejos como los de la amazonia peruana, donde el contenido de humedad natural es significativamente mayor que el óptimo contenido de humedad de compactación, utilizando para ello pintura epoxi de 100% sólidos de alta performance y libre de compuestos orgánicos volátiles.
  
- b. La pintura utilizada en este informe, al ser de 100% solidos, el espesor de película húmeda tiene el mismo valor que el espesor en película seca, debido a que la preparación de la pintura no lleva la adición de diluyente, siendo el espesor de película seca una variable muy importante en la inspección final de recubrimiento.
  
- c. El ensayo para detectar discontinuidades en la parte final del proceso de pintura, llamado Holiday, tiene alta relevancia, ya que esta prueba asegura que la tubería recubierta no presente ningún tipo de poro sobre la superficie antes de ser enterrada.
  
- d. Toda prueba o ensayo desarrollado antes, durante y posterior al proceso de preparación de superficie y aplicación de pintura, se basan en estándares o normas internacionales con un elevado nivel de exigencia, para esto se contó con equipos de medición debidamente calibrados, los cuales nos permitan acceder al mayor valor de confiabilidad posible.
  
- e. Los parámetros descritos en el presente informe para la inspección del proceso sirvieron como herramienta para asegurar que el sistema de recubrimiento aplicado se encuentre dentro de lo especificado para el

proyecto, evitando así fallas prematuras de la película protectora durante su puesta en servicio, consiguiendo así, una mayor durabilidad del sistema de pintura aplicado.

## **8.2 Recomendaciones**

- a. Toda reparación que se desee realizar una vez culminado el proceso de pintura, se deberá realizar de acuerdo con un procedimiento operativo y/o instructivo de resanes emitido por el fabricante de pintura y aprobado por el representante del cliente.
  
- b. Realizar los controles de calidad estipulados en el plan de inspección y ensayo de la actividad, teniendo en cuenta los estándares y normas vigentes, los cuales nos brindan los criterios de evaluación y en varios casos el método para realizar la prueba.
  
- c. Verificar toda la documentación contemplada en la última revisión de la solicitud de materiales antes del inicio de las operaciones, entre esta documentación se encuentran estándares internacionales, procedimientos operativos, hojas técnicas de las pinturas, entre otros.

## CAPÍTULO IX: BILIOGRAFIA

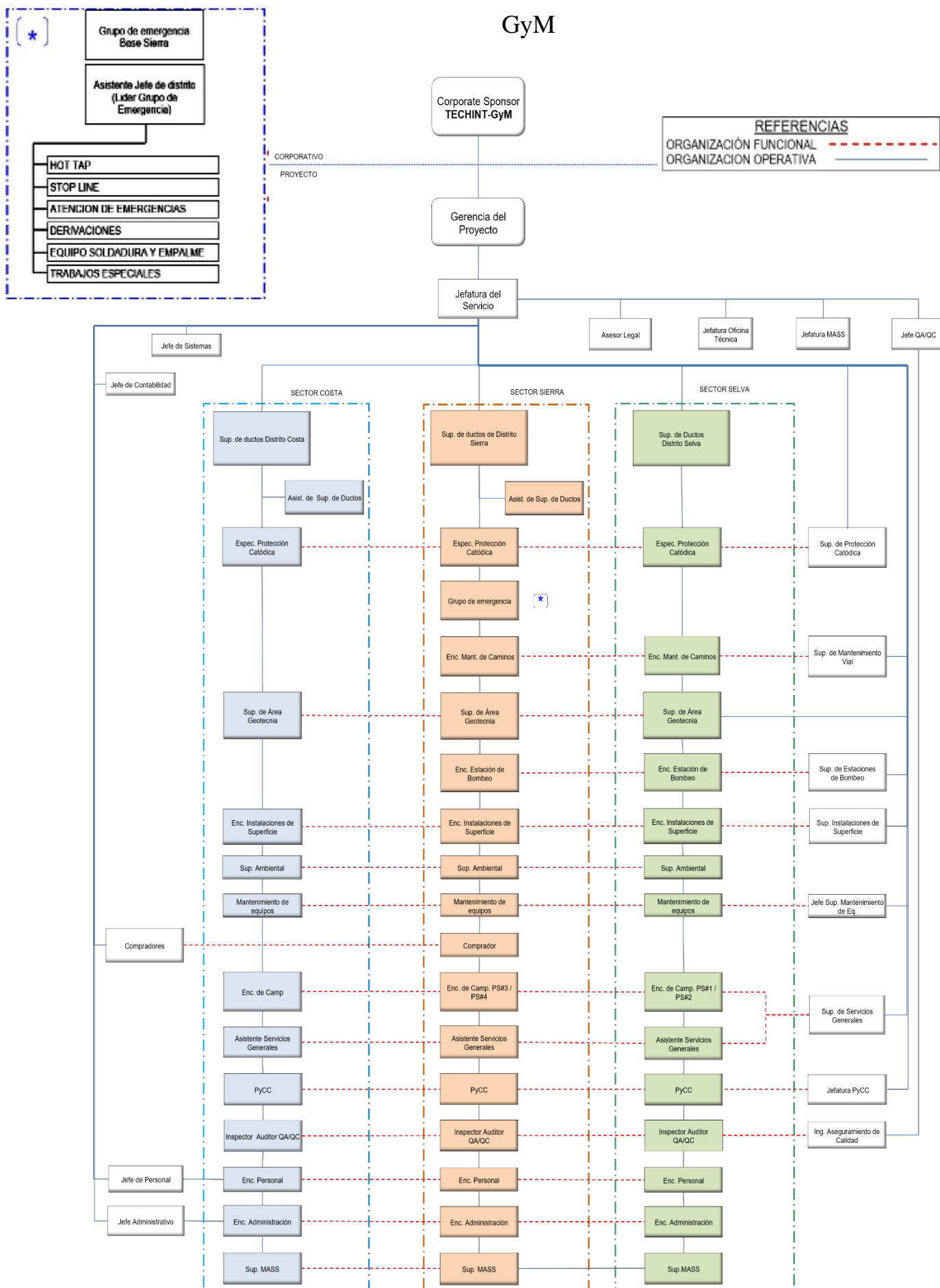
1. Avila, J., & Genescá, J. (2013). [QUIMICA-MasAllaDeLaHerrumbre2LaLuchaContraLaCorrosion]. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/masalla2.htm>
2. Especificación para la aplicación de pintura NO. 2- SSPC-PA2 (2018). *Fundamentos de Recubrimientos de Protección para Estructuras Industriales*. Texas, Estados Unidos: SSPC
3. Feliu, S., & Andrade, A. (1991). *Corrosión y Protección Metálicas*. España, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
4. Ingeniería Civil. (2013). Propiedades del Acero. Recuperado de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/10/propiedades-del-acero.html>
5. NACE Internacional. (2014). *Programa de inspectores de recubrimientos Nivel 1*. Texas, Estados Unidos: NACE Internacional.
6. NACE Internacional. (2014). *Programa de inspectores de recubrimientos Nivel 2*. Texas, Estados Unidos: NACE Internacional.
7. Sherwin Williams (2013). Rendimiento de pinturas en el campo. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/152720462/Rendimiento-de-Pinturas-en-Campo>

8. SSPC The Society For Protective Coating. (2012). *Fundamentos de Recubrimientos de Protección para Estructuras Industriales*. Texas, Estados Unidos: SSPC.
9. SSPC The Society For Protective Coating. (2004). *Surface preparation commentary for steel and concrete substrates*. Texas, Estados Unidos: SSPC.
10. TECHINT Ingeniería y Construcción (2013). *Manual de Gestión*. Lima, Perú
11. Transportadora de Gas del Peru. (2012). Gas Natural de Camisea. Reduperado de [http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep\\_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO\\_2do\\_SEM\\_2012.pdf](http://www.tgp.com.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/rep_2012/files/P%C3%A1ginas%20desdeReporte%20Cump%20Amb,%20Social,%20SSO_2do_SEM_2012.pdf)
12. Tubacero. (2019). *Soluciones Anticorrosivas*. Recuperado de <http://www.tubacero.com.uy/soluciones.php>





## **CAPÍTULO X: ANEXOS**

ANEXO N°01: ORGANIGRAMA CONCORCIO TECHINT -

GyM




**ANEXO N°02: DESARROLLO DEL PLAN DE INSPECCIÓN  
Y ENSAYOS DEL PROYECTO N°01**

	EMITIDO PARA APLICACION	12-03-2016	LEJ	VZB	ALX
	EMITIDO PARA APROBACIÓN	15-02-2016	LEJ	VZB	ALX
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORO	CONTROLADO	APROBO
	PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ATENCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL Y LÍQUIDOS DE GAS NATURAL POR DUCTOS				
	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD				
	REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS				
PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYO					
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CONSORCIO AMDP Y NO ESTÁ PERMITIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O MODIFICACIÓN SIN UNA PREVIA AUTORIZACIÓN ESCRITA.	Documento N°:	3809-Q-PI-000003			
	Esc. S/E	Job: N/A			REVISION

  
Luis Junior Leon Lopez



	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>	<b>Código</b>	3809-Q-PI-000003
		<b>Emisión</b>	12-03-2016
		<b>Revisión</b>	0

### 1. Objeto

Establecer la metodología de inspección y evaluación para la reparación de revestimiento para tuberías y accesorios metálicos enterrados.

### 2. Alcance

El alcance de este plan de inspección y ensayo cubre todos los aspectos operativos de pintura y revestimiento en válvulas, accesorios y ductos enterrados, las que se basan en los requerimientos de los siguientes documentos.

Denominación	Revisión	Descripción
ASTM E 337	-	Medición de las condiciones de ambiente
ASTM D 4940	-	Determinación de contaminantes en el material abrasivo
ASTM D 4417	-	Perfil de rugosidad de la superficie
ASTM D 4414	-	Medición del espesor de película húmeda
SSPC-PA-2	-	Determinación del espesor de película seca
ASTM D 4541	-	Prueba de adherencia
NACE RP0188-99 & ASTM G-62	-	Detección de discontinuidades en película seca
SSPC-AB-1	-	Materiales abrasivos e impurezas

### 3. Lista de Adjuntos

No	Adjunto No.	Rev.:	Descripción
1	COG001IIINFO0005	Sistema de pintado	Control de Calidad en la Rehabilitación de revestimientos de accesorios, válvulas enterradas utilizando epóxicos
2	COG001IIINFO0006	Sistema de pintado	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos
3	COG001IIINFO0007	Revestimiento de ductos	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando velas y parches.
4	COG001IIINFO0008	Revestimiento de ductos	Reparación de revestimiento mediante Stopaq

### 4. Lista de documentos de referencia

No	Adjunto No.	Doc. Ref.	Descripción
1	COG001IIININ0005	Sistema de pintado	Reparación de revestimiento de ductos y accesorios metálicos enterrados en servicio mediante revestimiento Stopaq
2	COG0001IIINPR0001	Sistema de pintado	Reparación de Revestimiento para tuberías y accesorios metálicos enterrados.

<b>Elaboró</b>	<b>Controló</b>	<b>Aprobó</b>	Este documento es propiedad intelectual Consorcio AMDP. Prohibida su reproducción.	Pág. 2 de 8
J. León	S. Vilcapaza	A. Mora		

	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>	Código: 3809-Q-PI-000003
		Emisión: 12-03-2016
		Revisión: 0
		Pag. 3 de 8

Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección		
						Responsable	AMDP	COGA

1. Reparación de revestimiento para tuberías y accesorios metálicos enterrados								
1.1	Control documental	Verificación y recopilación de documentos de referencia.	Salida de servicio COG001111NPR0001 Permiso de trabajo seguro	Salida de servicio vigente PTS emitido y firmado Documentos en última revisión	SDS PTS	Inspector QA/QC Supervisor COGA	W	W
1.2	Verificación de instrumentos, materiales, equipos	Verificar y registrar: fecha de fabricación, fecha de vencimiento que se emplearan. Recopilación y verificación de número de lote y certificados de materiales. Registro y recopilación de certificados de calibración de instrumentos que se emplearan Verificación del estado de funcionamiento de los equipos a emplear. Verificación de hojas técnicas del producto y hojas MSDS.	COG001111NPR0001	Los materiales deben ser empleados antes de la fecha de expiración del producto, y deben de contar con los certificados de materiales correspondientes. Los instrumentos empleados deben estar con calibración vigente. Los equipos deben estar en optimas condiciones de funcionamiento. Efectuar la toma de potencial suelo /ducto Muestreo de suelo Medición de PH / Medición MIC	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S
1.3	Limpieza inicial	Limpieza superficial del sector en evaluación.	COG001111NPR0001	El área de evaluación debe estar libre de impurezas o elementos contaminantes que puedan ocultar alteraciones o afectaciones del revestimiento y material base.	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S
1.4	Inspección preliminar	Inspección preliminar de verificación del daño o afectación incurrida sobre ductos, válvulas y accesorios enterrados y/o en evaluación. Verificación y registro de características de suelo	COG001111NPR0001 COG001111NIN0001 COG001111NIN0002 COG001111NIN0007	<u>Sin afectación de material base:</u> Se continúa con proceso de reparación de revestimiento. <u>Con afectación de material base:</u> Proceder a la evaluación por medio de END y someter los resultados a evaluación del área de integridad de ductos. Efectuar la toma de potencial suelo /ducto	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S

**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro

	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>	Código: 3809-Q-PI-000003
		Emisión: 12-03-2016
		Revisión: 0
		Pag. 4 de 8

Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección		
						Responsable	AMDP	COGA
1.5	Inspección visual y Relevamiento geométrico	Verificación, recopilación y registro de las condiciones en cómo fue encontrada la anomalía Definición de ubicación de la anomalía respecto a puntos referenciales Dimensionamiento de anomalía. Definición del tipo de daño revestimiento (Tipo A, B, C, D)	COG001IIININ0007 COG001IIINPR0001	El registro de la data obtenida luego de inspección visual debe reflejar fielmente la condiciones del área y/o elemento en evaluación. Relevamiento de todas las anomalías detectadas durante la intervención. Ubicación y dimensionamiento de anomalía referenciada en relación a: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Junta soldada próxima</li> <li>➤ Ubicación Horaria</li> </ul> Tipo de Daño de revestimiento : Tipo A: <300cm <sup>2</sup> –sin exposición de metal base. Tipo B: <10cm <sup>2</sup> –Con exposición de metal base. Tipo C: >300cm <sup>2</sup> - sin exposición de metal base. Tipo D: >10cm <sup>2</sup> - Con exposición de metal base.	Según corresponda: COG001IIINFO00005 COG001IIINFO00006 COG001IIINFO00007	Inspector QA/QC	W	S
1.6	Preparación superficial	Verificación del acondicionamiento superficial del área del revestimiento a reconstituir. Verificación del perfil de anclaje previo a la aplicación de revestimiento cada medio metro en los puntos cardinales de la tubería por medio de press of film.	COG001IIINPR0001	Tipo A, B: Superficie libre de suciedad, agua, grasas, o cualquier otro elemento contaminante Tipo C, D: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El retiro de revestimiento del área afectada debe dejar expuesto el metal base y su superficie libre de suciedad, agua, grasas, o cualquier otro elemento contaminante (empleo de alcohol o solventes).</li> <li>➤ La intersección de metal expuesto y revestimiento debe tener una transición de 30°.</li> <li>➤ Deberá ser como mínimo 63 micrones (2.5 mils) y no deberá exceder los 88 micrones (3.5 mils) en el caso del SP 4888 o 127 micrones (5 mils) en el caso de SP 2888.</li> </ul>	Según corresponda: COG001IIINFO00005 COG001IIINFO00006 COG001IIINFO00007 COG001IIINFO00008	Inspector QA/QC	W	S

**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro

	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>	Código: 3809-Q-PI-000003
		Emisión: 12-03-2016
		Revisión: 0
		Pag. 5 de 8

Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección		
						Responsable	AMDP	COGA
1.7	Verificación de condiciones ambientales	Monitoreo capa a capa de : humedad relativa Temperatura de superficie. Temperatura Ambiental Punto de Rocío $\Delta$ (T superficie - T rocío) Rango de temperatura aplicable	COG001111NPR0001	<p><u>Para revestimientos epoxicos:</u> La humedad relativa no debe exceder del 85% La diferencia entre la temperatura de superficie y punto de rocío del ambiente no debe ser menor del 3°C.</p> <p><u>Para revestimientos tipo velas y parches:</u> Sin restricciones.</p> <p><u>Para revestimientos tipo stopag:</u> Rango de temperatura aplicable Stopaq CZH: 30°C y 65°C. Rango de temperatura aplicable Stopaq outer wrap: 10°C y 65°C. Humedad relativa: Sin restricciones.</p>	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S
1.8	Selección del tipo de revestimiento	Determinar el tipo de revestimiento según el tipo de daño definido a aplicar	COG001111NPR0001	<p>Tipo A,B: Vela o barra de fusión, Parche, Stopag.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vela: cuando el defecto del revestimiento no llega al metal base o a la epóxica. Se usará en defectos con un área máxima igual a 10 cm<sup>2</sup>.</li> <li>Parche (se aplicará el sistema de filler + parche): cuando el defecto del revestimiento llegue al metal base o a la capa epóxica con un área de hasta 10 cm<sup>2</sup>. (Daño Tipo B).</li> <li>Parche (se aplicará el sistema de filler + parche): Cuando el daño en el revestimiento no llega al metal base o a la epóxica pero presenta un área mayor a 10 cm<sup>2</sup> Pero no mayor a 300cm<sup>2</sup></li> </ul> <p>Tipo C,D: Revestimiento epoxicos liquido 100% sólidos. La aplicación del epoxicos no debe exceder los 3min luego de haber se realizado mezclada la resina con el endurecedor.</p>	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S

**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro


Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección		
						Responsable	AMDP	COGA
1.9	Aplicación de revestimiento	Inspección visual de la aplicación uniforme de la pintura, stopag, parche, vela.	COG001111NPR0001	<p><b>Revestimiento epoxicos:</b> La pintura tiene una apariencia uniforme, libre de discontinuidades, bultos, rocío seco, chorreos y huellas.</p> <p><b>Revestimiento tipo vela, parche, stopag:</b> Traslapes mínimos para parche = 2" Traslape mínimo tricapa epoxi-stopag=2.5cm Traslape entre banda stopag = 1cm Verificar la aplicación de una banda de la primera capa al inicio y fin del tramos del revestimiento a rehabilitar Verificación de la aplicación de una doble banda en los extremos del revestimiento en la segunda capa En zona de apoyo del concreto con ducto la aplicación del stopag tendrá un traslape de 50%</p>	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S
1.10	Curado	Verificación de tiempo de curado.	COG001111NPR0001	<p><b>Revestimiento epoxicos:</b> Como mínimo deberá pasar 1 día antes de proceder con la tapada.</p> <p><b>Revestimiento tipo vela, parche, stopag:</b> Se pueden desarrollar actividades de inspección y tapada inmediatamente después de la instalación.</p>	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S

**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro

	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>	Código: 3809-Q-PI-000003
		Emisión: 12-03-2016
		Revisión: 0
		Pag. 7 de 8

Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección																																		
						Responsable	AMDP	COGA																																
1.11	Control de espesor de película / discontinuidades en el revestimiento	<p><u>Revestimiento epoxicos:</u> Medición de espesor de película seca. Verificación de continuidad mediante holiday detector. 100% de la superficie sometida a prueba con el detector de discontinuidades.</p> <p>Dichas mediciones serán realizadas luego del tiempo de secado al tacto según aplique en cada revestimiento, para el caso del SP 2888 máximo 6 horas en zonas de temperatura ambiental por encima de 20°C y 1 día en zonas de temperatura ambiental por debajo de 20°C; En el caso del SP 4888 1 día</p> <p><u>Revestimiento tipo polietileno extruido tricapa, vela, parche.</u> Verificación de continuidad mediante holiday detector.</p> <p>Verificar el traslape entre parche y revestimiento tricapa 100% de la superficie sometida a prueba con el detector de discontinuidades.</p> <p><u>Revestimiento tipo stopag, -</u> Stopag aplicado sobre zona de ducto /accesorio con epoxi: no necesita verificación.</p> <p>Stopag aplicado directamente sobre superficie metálica: Prueba de continuidad mediante holiday detector 100% de la superficie sometida a prueba con el detector de discontinuidades.</p>	COG001111NPR0001 COG001111NIN0007 COG001111NIN0005	<p><u>Revestimiento epoxicos:</u> Mediciones Horarias: 2h;4h;6h;8;10h, 12 y max 12 mediciones circunferenciales.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Mínimo</th> <th>Máximo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tuberías y válvulas</td> <td>750 micrones (30 mils)</td> <td>1250 micrones (50 mils)</td> </tr> <tr> <td>Codos y cuplas</td> <td>1000 micrones (40 mils)</td> <td>1250 micrones (50 mils)</td> </tr> <tr> <td>Interfase suelo - aire*</td> <td>1000 micrones (40 mils)</td> <td>1250 micrones (50 mils)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de reparación de revestimiento</th> <th colspan="2">Tensión de Prueba</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Epóxicos (según Norma NACE SP 0490-2007 y CAN/CSA-Z245.20)</td> <td>3.5 Kv (750 µm&lt;Espes or &lt; 1000 µm)</td> <td>5 Kv (1000 µm &lt;Espesor&lt; 1250 µm)</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Revestimiento tipo polietileno extruido tricapa, vela, parche.</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de reparación de revestimiento</th> <th>Tensión de Prueba</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parche</td> <td>13KV</td> </tr> <tr> <td>Barra de fusión</td> <td>13KV</td> </tr> <tr> <td>Polietileno extruido -tricapa</td> <td>15KV</td> </tr> </tbody> </table> <p>Traslape min entre parche y Rev. Tricapa= 2"</p> <p><u>Revestimiento tipo stopag, -</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de revestimiento</th> <th>Tensión de Prueba</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Epoxi</td> <td>3.5 Kv</td> </tr> <tr> <td>Stopag CZH outer wrap</td> <td>15 Kv</td> </tr> </tbody> </table>	Componente	Mínimo	Máximo	Tuberías y válvulas	750 micrones (30 mils)	1250 micrones (50 mils)	Codos y cuplas	1000 micrones (40 mils)	1250 micrones (50 mils)	Interfase suelo - aire*	1000 micrones (40 mils)	1250 micrones (50 mils)	Tipo de reparación de revestimiento	Tensión de Prueba		Epóxicos (según Norma NACE SP 0490-2007 y CAN/CSA-Z245.20)	3.5 Kv (750 µm<Espes or < 1000 µm)	5 Kv (1000 µm <Espesor< 1250 µm)	Tipo de reparación de revestimiento	Tensión de Prueba	Parche	13KV	Barra de fusión	13KV	Polietileno extruido -tricapa	15KV	Tipo de revestimiento	Tensión de Prueba	Epoxi	3.5 Kv	Stopag CZH outer wrap	15 Kv	Según corresponda: COG001111INFO00005 COG001111INFO00006 COG001111INFO00007 COG001111INFO00008	Inspector QA/QC	W	S
Componente	Mínimo	Máximo																																						
Tuberías y válvulas	750 micrones (30 mils)	1250 micrones (50 mils)																																						
Codos y cuplas	1000 micrones (40 mils)	1250 micrones (50 mils)																																						
Interfase suelo - aire*	1000 micrones (40 mils)	1250 micrones (50 mils)																																						
Tipo de reparación de revestimiento	Tensión de Prueba																																							
Epóxicos (según Norma NACE SP 0490-2007 y CAN/CSA-Z245.20)	3.5 Kv (750 µm<Espes or < 1000 µm)	5 Kv (1000 µm <Espesor< 1250 µm)																																						
Tipo de reparación de revestimiento	Tensión de Prueba																																							
Parche	13KV																																							
Barra de fusión	13KV																																							
Polietileno extruido -tricapa	15KV																																							
Tipo de revestimiento	Tensión de Prueba																																							
Epoxi	3.5 Kv																																							
Stopag CZH outer wrap	15 Kv																																							

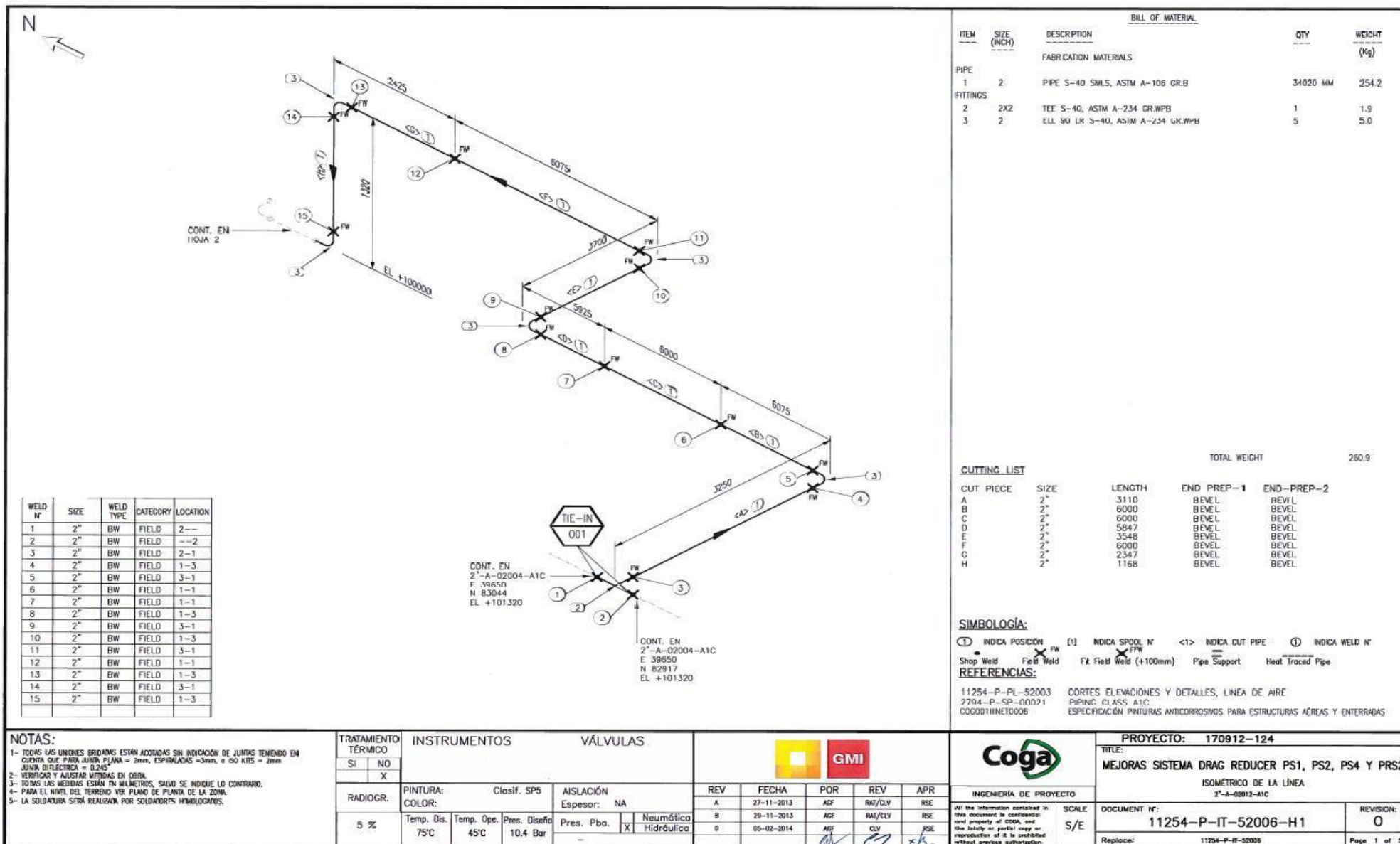
**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro

	<b>REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA TUBERIAS Y ACCESORIOS METÁLICOS ENTERRADOS</b>					Código: 3809-Q-PI-000003 Emisión: 12-03-2016 Revisión: 0		
						Pag. 8 de 8		
Ítem N°.	Descripción del proceso	Descripción de la actividad de inspección	Documento de referencia	Criterio de aceptación	Registro de referencia	Nivel de inspección		
						Responsable	AMDP	COGA

Registro de cambios	
Revisión	Observaciones
A	Documento original
0	Emitido para Aplicación

**Referencias:** S: Inspección de seguimiento. W: Punto de inspección presencial (si no está inspeccionado, el trabajo puede continuar). H: Hold Point (el trabajo no puede continuar hasta que no se haya aprobado la inspección). R: Registro

ANEXO N°03: PLANO ISOMETRICO DE LA LINEA 2"-A-02012-A1C



WELD N°	SIZE	WELD TYPE	CATEGORY	LOCATION
1	2"	BW	FIELD	2--
2	2"	BW	FIELD	--2
3	2"	BW	FIELD	2-1
4	2"	BW	FIELD	1-3
5	2"	BW	FIELD	3-1
6	2"	BW	FIELD	1-1
7	2"	BW	FIELD	1-1
8	2"	BW	FIELD	1-3
9	2"	BW	FIELD	3-1
10	2"	BW	FIELD	1-3
11	2"	BW	FIELD	3-1
12	2"	BW	FIELD	1-1
13	2"	BW	FIELD	1-3
14	2"	BW	FIELD	3-1
15	2"	BW	FIELD	1-3

BILL OF MATERIAL				
ITEM	SIZE (INCH)	DESCRIPTION	QTY	WEIGHT (Kg)
PIPE				
1	2	PIPE S-40 SMLS, ASTM A-106 GR.B	34020	254.2
FITTINGS				
2	2X2	TEE S-40, ASTM A-234 GR.WPB	1	1.9
3	2	ELL. 90 LR S-40, ASTM A-234 GR.WPB	5	5.0

CUTTING LIST				
CUT PIECE	SIZE	LENGTH	END PREP-1	END-PREP-2
A	2"	3110	BEVEL	BEVEL
B	2"	6000	BEVEL	BEVEL
C	2"	6000	BEVEL	BEVEL
D	2"	5847	BEVEL	BEVEL
E	2"	3548	BEVEL	BEVEL
F	2"	6000	BEVEL	BEVEL
G	2"	2347	BEVEL	BEVEL
H	2"	1168	BEVEL	BEVEL

**SIMBOLOGIA:**  
 (1) INDICA POSICION (1) INDICA SPOOL N° <1> INDICA CUT PIPE (1) INDICA WELD N°  
 Shop Weld Field Weld Fx Field Weld (+100mm) Pipe Support Heat Traced Pipe

**REFERENCIAS:**  
 11254-P-PL-52003 CORTES ELEVACIONES Y DETALLES, LINEA DE AIRE  
 2794-P-SP-00021 PIPING CLASS A1C  
 COG0011INET0006 ESPECIFICACION PINTURAS ANTICORROSIVOS PARA ESTRUCTURAS AEREAS Y ENTERRADAS

**NOTAS:**  
 1- TODAS LAS UNIONES BRIDAS ESTAN ACORDADAS SIN INDICACION DE JUNTAS TENIENDO EN CUENTA QUE PARA JUNTA PLANA = 2mm, ESPEROLADOS =3mm, y 50 KITS = 2mm JUNTA DIPLICADA = 0.245  
 2- VERIFICAR Y AJUSTAR MEDIDAS EN DIBUJO  
 3- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN MILIMETROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.  
 4- PARA EL NIVEL DEL TERRENO VER PLANO DE PLANTA DE LA ZONA.  
 5- LA SOLDADURA SERA REALIZADA POR SOLDADORES HEMOLOGADOS.

TRATAMIENTO TERMICO		INSTRUMENTOS		VÁLVULAS	
SI	NO				
	X				
RADIOGR.	5 %	Temp. Dis. 75°C	Temp. Ope. 45°C	Pres. Diseña 10.4 Bar	Clasif. SP5
					Aislación Espesor: NA
					Pres. Pba. X Neumática Hidráulica

REV	FECHA	POR	REV	APR
A	27-11-2013	AGF	RAI/CLV	RSE
B	29-11-2013	AGF	RAI/CLV	RSE
0	05-02-2014	AGF	CLV	RSE

**Coga**

INGENIERIA DE PROYECTO

PROYECTO: 170912-124

TITLE: MEJORAS SISTEMA DRAG REDUCER PS1, PS2, PS4 Y PRS2

ISOMETRICO DE LA LINEA 2"-A-02012-A1C

DOCUMENT N°: 11254-P-IT-52006-H1

REVISION: 0

SCALE: S/E

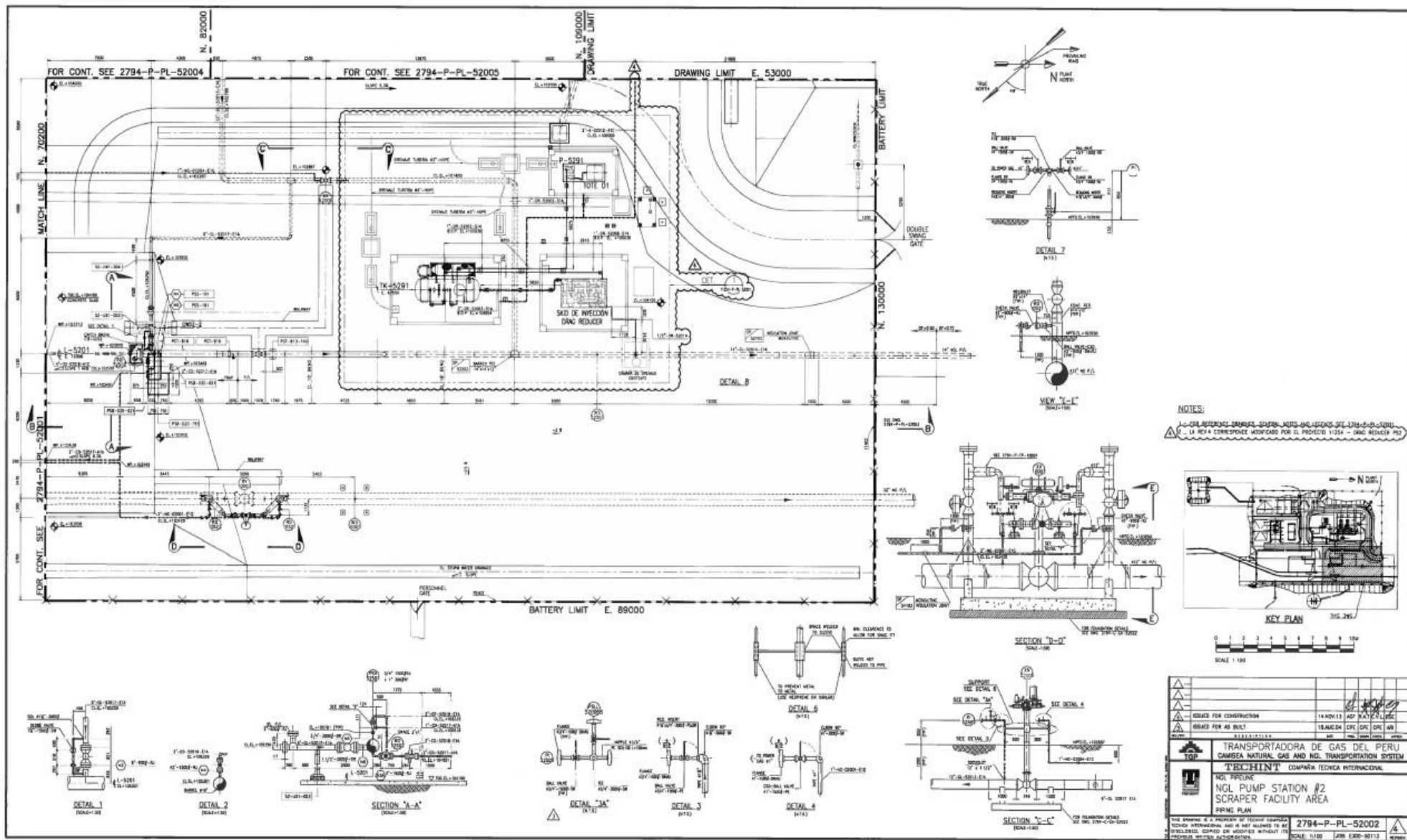
Replaces: 11254-P-IT-52006

Page 1 of 3

ARCHIVO AutoCAD: 11254-P-IT-52006-H1.DWG



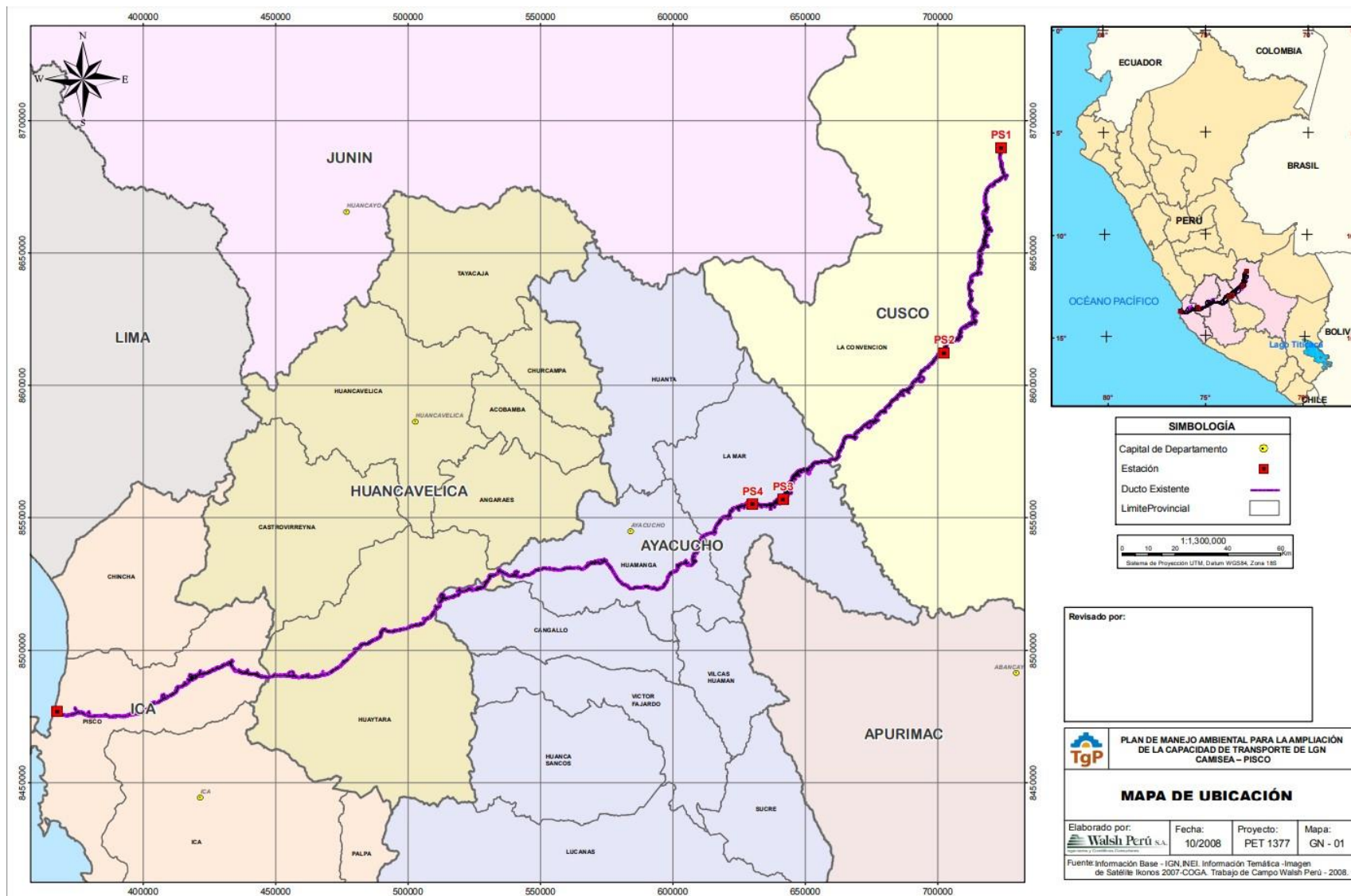
# ANEXO N°04: ARREGLO DE TUBERÍA DE LA ESTACION DE BOMBEO N°02




**NOTES:**  
 1.- DEL DISEÑO DEBEN SALEN TODAS LAS INSTALACIONES DEL 100% S-B-2000  
 2.- LA RED 4 CORRESPONDE ADOPCADO POR EL PROYECTO 1124 - DANG REDUCER P2


△	READY FOR CONSTRUCTION	14 NOV 13	ADP BATEVILUZE
△	READY FOR AS BUILT	15 ABR 14	ENR [ENR] [ENR]
△	REVISION		
TOP	TRANSPORTADORA DE GAS DEL PERU CAMSEJA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM		
TECHINT	COMPANIA TECNICA INTERNACIONAL		
	NGL PUMP STATION #2 SCRAPER FACILITY AREA		
	PIPING PLAN		
	2794-P-PL-52002		SCALE: 1:100

ANEXO N°05: ARREGLO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DRAG REDUCER



## ANEXO N°06: INFORME TÉCNICO

0	MALPARTIDA John COGA	02/12/2010 15:18:43	MASSUCCO Giancarlo COGA	06/12/2010 14:24:49	MEZA Antonio COGA	06/12/2010 21:26:15
Vs	Responsable	Fecha	Responsable	Fecha	Responsable	Fecha
ELABORO		REVISO		APROBO		
		COMPANÍA OPERADORA DE GAS DEL AMAZONAS				
		FO Formato				
<b>Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos</b>						
Toda la información contenida en el presente documento es confidencial y de propiedad de <b>Compañía Operadora de Gas del Amazonas S.A.C.</b> , estando prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa de la empresa.					COG001!!!!INFO0006	

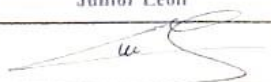
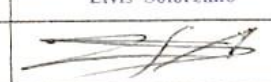
	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 2 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			


DATOS GENERALES : Instalación de nueva línea de aire 2" -A-02012-A1C

Sector:	Selva	Nº Intervención	
Ducto:	2" -A-02012-A1C	Sds:	
Progresiva Kilométrica:	PS2 -Estacion de bombeo	Responsable Operación Coga:	Pedro Villanueva / Jesús Santeliz
Diámetro:	2"	Responsable Ductos Coga:	Roberto Peña
Fecha de Inicio de labores:	26/11/2015	Responsable Operación Contratista:	Ricardo Ledesma
Fecha de Término de labores:	21/01/2016	Capataz - Revestidor Contratista:	Aplicador: Gary Sihuas

#### 1 REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

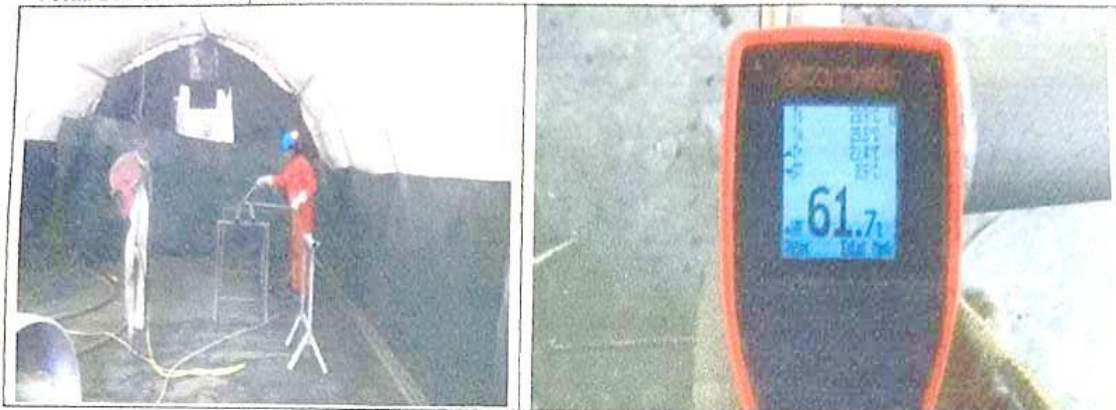
Tipo de Revestimiento	SP4888		
Motivo de Rehabilitación de Revestimiento:	Instalación nueva de líneas enterradas de aire para el Drag Reducer PS2		
Tipo de Daño:	Sin Daño		
Cantidad Total de daños en el revestimiento:	NA		
Ubicación horaria del daño:	NA		
Soldadura de referencia aguas arriba:	NA		
Soldadura de referencia aguas abajo:	NA		
Extensión del daño del revestimiento (cm <sup>2</sup> ):	---	Longitud de revestimiento dañado (cm):	---
Porcentaje de daño (%):	N.A.		
Presencia de agua/humedad en la Interfase:	N/A.		
Exposición de metal:	X	SI	NO
Área de metal expuesto (cm <sup>2</sup> )	NA	Longitud de metal expuesto (cm):	NA
Observaciones:	Se revistió con revestimiento epóxico SP 4888 y tramo local con SP2888		

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 3 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

Anexo 1: Registro Fotográfico de culminado el arenado y registro de medición de condiciones ambientales.

Fecha 26 / 11 / 15 Acopio de Kiteni

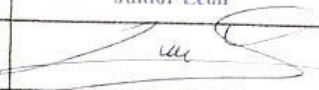




## 2 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS

Rugosímetro:	Textex Serie 73265TX2
Medidor de Condiciones Ambientales:	Elcometer G319 Serie PG06891
Medidor de espesores de película húmeda:	SPC. Peine
Medidor de espesores de película seca:	Elcometer 456B Serie NB08903
Equipo de Detección de discontinuidad en revestimientos	-----
Equipo para Toma de Potencial	-----
Equipo para medir pH	-----
Equipo de resistividades	-----

## 3 MATERIALES UTILIZADOS

REVESTIMIENTO	SP 2888	X	SP 4888
Componentes	RESINA		CATALIZADOR
Lote No.	18593		18590
Fecha de Fabricación	17/09/2015		14/9/2015
Fecha de Vencimiento	17/09/2017		14/9/2017

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 4 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

**NOTAS:**

- ✓ La especificación del revestimiento es un espesor de película seca en dos capas entre 750 y 1000 micrones.
- ✓ Codos y cuplas entre 1000 y 1500 micrones.
- ✓ En Interfase suelo – aire, el ducto será revestido hasta 10 cm por encima del nivel del suelo y 20 cm por debajo del nivel suelo con espesores de película seca entre 1000 y 1500 micrones.

**4 CARACTERISTICAS DEL SUELO**

Resistividad promedio del suelo en el ducto (ohm. cm)	N/A
pH	7
Potencial suelo/ducto (mV)	N/A

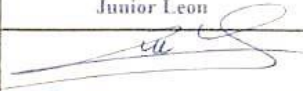

**5 DATOS TECNICOS DE LA APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO**


Las actividades de aplicación de revestimiento para PS2 fueron realizadas en el acopio de Kiteni en el mes de noviembre del 2015 registrado por el Inspector Junior León.

**5.1 PREPARACION DE SUPERFICIE (RUGOSIDAD 0 PERFIL DE ANCLAJE): Anexo 2 Press O Film**

Especificación técnica de rugosidad de SP 2888: 63 – 127 micrones (2,5 – 5,0) mils .

Especificación técnica de rugosidad de SP 4888: 63 – 88 micrones (2,5 – 3,5) mils.

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

	FO Formato	COG001IIIINFO0006	Vrs. 0	Pág. <b>5</b> de <b>10</b>
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

LINEA DE AIRE 2" -A-02012-A1C

Medición de perfil de anclaje acorde a norma ASTM D 4417

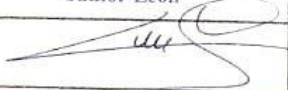
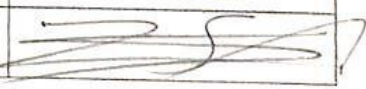
Durante la preparación de superficie 26/11/2015 - 27/11/2015							
Toma No. 1	Toma No. 2	Toma No. 3	Toma No. 4	Toma No. 5	Toma No. 6	Promedio	Promedio (corregido)
2.8	2.6	2.4	2.8	--	--	2.65	2.7
Durante la preparación de superficie de juntas 16/1/16							
Toma No. 1	Toma No. 2	Toma No. 3	Toma No. 4	Toma No. 5	Toma No. 6	Promedio	Promedio (corregido)
2.8	2.9	2.4	2.9	4.7	2.7	3.06	3.0


5.2 MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES

Día	Hora	Temp. Amb. °C	Temp. Tubo °C	Punto de Rocío	H. Relativa %
26/11/2015	09:00 am	29.5	29.9	21.4	61.7
16/01/2016	09:00 am	27.8	32	24.9	82

5.3 ESPESORES DE REVESTIMIENTO EN HÚMEDO

Descripción	Línea 2" -A-02012-A1C
Fecha de aplicación	26 / 11 / 15
Número de medidas	12
Valor Promedio	36 mils

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 6 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

#### 5.4 REGISTRO DE ESPESORES DE REVESTIMIENTO EN SECO

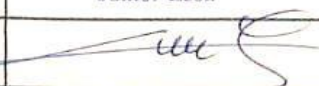

Línea 2" -A-02012-A1C

Descripción	Ducto/Accesorio 1
Fecha de aplicación	28/11/2015
Número de medidas	40
Valor Promedio	38 mils
Valor Mínimo	34.4mils
Valor Máximo	43.8 mils


MEDICION DE ESPESORES DE PELICULA SECA SSPC - PAZ									
Items	DESCRIPCION DE LA SUPERFICIE	Capa	N° Spots	Spot 1	Spot 2	Spot 3	Spot 4	Spot 5	Prom. (mils)
1	LÍNEA 2" -A-02012-A1C	1	40	36.4	36.8	36.3	43.7	36.0	37.8
				36.4	36.5	34.7	43.6	34.5	37.1
				36.1	36.4	34.6	43.8	34.6	37.1
				38.1	43.1	38.4	38.1	34.3	38.4
				38.6	43.5	34.4	34.5	34.4	37.1
				43.1	43.6	43.2	43.2	34.5	41.5
				43.8	36.5	36.8	36.4	34.4	37.6
				43.7	36.8	36.5	36.1	34.2	37.5
				PROMEDIO GENERAL					38.0

#### ZONA DE TRASLAPE ENTRE EPOXICO Y TRICAPA:

Descripción	Ducto/Accesorio 1	Ducto/Accesorio 2	Ducto/Accesorio 3
Traslape (pulg)	2"		

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	



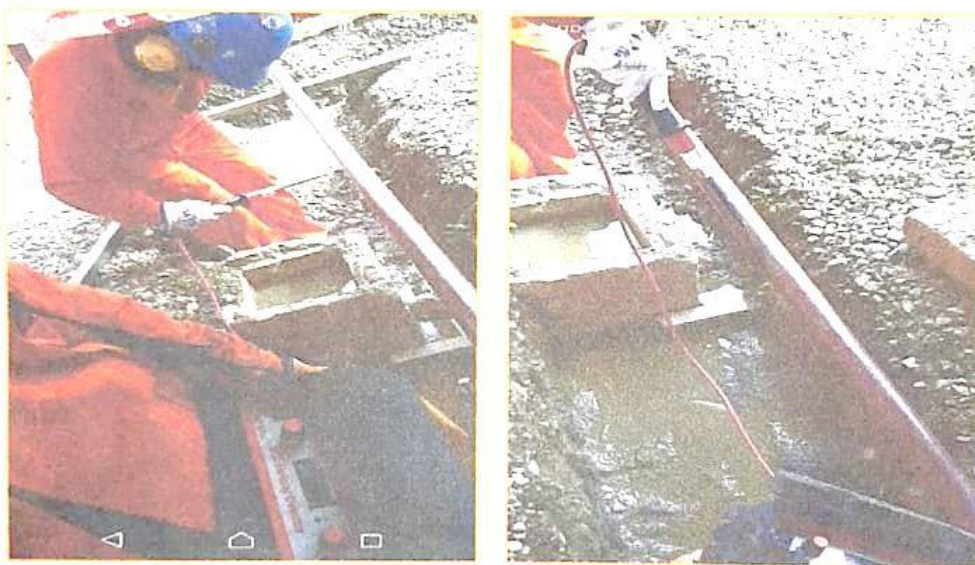
	FO Formato	COG001IINFO0006	Vrs. 0	Pág. 7 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

- 5.5 **VOLTAJE DE INSPECCIÓN:** La evaluación del Holiday detector fue realizado en la Estación de bombeo PS2 por el Inspector Junior Leon el día 21 de enero del 2016 de 2 pm a 5pm.

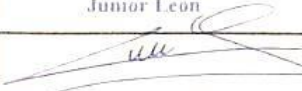

Descripción	Linea/Accesorio 1	Linea/Accesorio 2	Linea/Accesorio 3
3.5 Kv (750 micras<Espesor < 1000 micras)	X		
5 Kv (1000 micras<Espesor<1500 micras)			


## 6 ANEXOS

- 6.1 **ANEXO 1: Record Fotográfico de la inspección por Holiday detector de Alto Voltaje a 3.5 Kv**  
Se realizó la evaluación de continuidad de revestimiento enterrado usando el DC Holiday Detector a lo largo de la zanja donde ha sido instalado la línea 2" -A-(02012-A1C"



La inspección se realizó con el equipo Elcometer 236 de alto voltaje y con sensor de continuidad de película de revestimiento tipo escoba a 3.5 Kv.

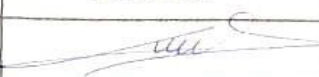
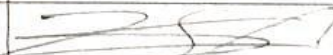
Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	


	FO Formato	COG001IINFO0006	Vrs. 0	Pág 8 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

En la inspección de toda la línea 2<sup>a</sup> -A-02012-A10<sup>a</sup> se obtuvo 4 holidays lo cuales se localizaron, se realizó su reparación y refuerzo con el revestimiento SP4888 y prueba adicional en esta zonas con el Equipo DC Holiday detector obteniendo conformidad, respecto al revestimiento sin discontinuidades.




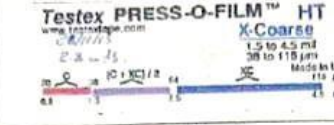
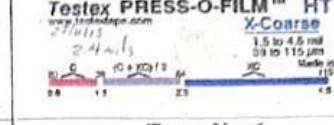
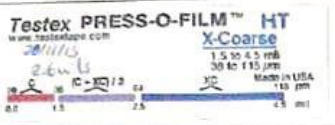


La inspección se realizó en presencia de la supervisión de Applus Norcontrol  
El revestimiento es continuo y nivelado y está apto para el servicio de inmersión  
(Sistema enterrado)

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

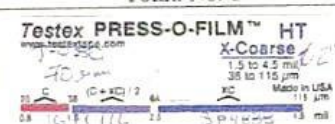

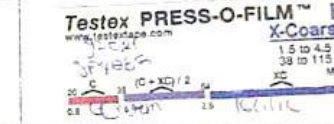
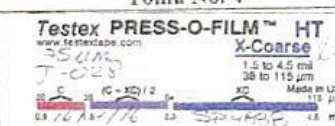

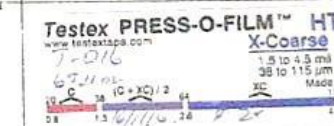
	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 9 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

ANEXO 2: PRESS O FILM



Toma de muestras durante una vez alcanzado el grado SSPC SP10 el día 27 de noviembre del 2015


<p><b>Toma No. 1</b></p> 	<p><b>Toma No. 2</b></p> 	<p><b>Toma No. 3</b></p> 
<p><b>Toma No. 4</b></p> 	<p><b>Toma No. 5</b></p> 	<p><b>Toma No. 6</b></p> 

Toma de muestras de perfil rugoso en juntas soldadas en campo con preparacion SSPC SP11 el dia 16 de enero del 2016

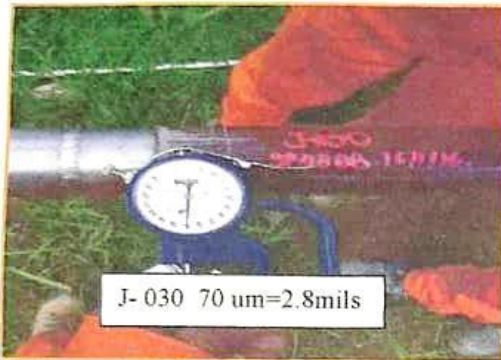
<p><b>Toma No. 1</b></p> 	<p><b>Toma No. 2</b></p> 	<p><b>Toma No. 3</b></p> 
<p><b>Toma No. 4</b></p> 	<p><b>Toma No. 5</b></p> 	<p><b>Toma No. 6</b></p> 

25.4 um = 1 mils

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

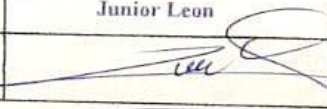
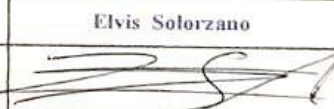
	FO Formato	COG001IIINFO0006	Vrs. 0	Pág. 10 de 10
	Control de calidad en la rehabilitación de revestimiento de ductos enterrados utilizando epóxicos			

Fotografía de registro de perfil rugoso en juntas soldadas en presencia de Applus Nor Control




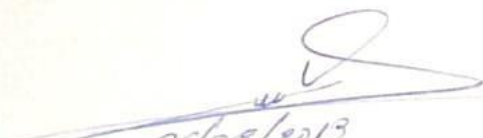
7. CAMBIOS CON RESPECTO A LA VERSION ANTERIOR

Revisión Numero	Descripción del Cambio	Página	Fecha	Revisado por	Aprobado por

Supervisor Contratista	Nombre:	Junior Leon	Supervisor Coga	Nombre:	Elvis Solorzano
	Firma:			Firma:	

## ANEXO N°07: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

		ESPECIFICACIÓN DE PINTURA PARA TUBERIAS AISLADAS TERMICAMENTE
	Sistema de pintura	
	Condiciones de temperatura	
	$300^{\circ}\text{C} \leq T \leq 400^{\circ}\text{C}$	Preparación de superficie
1° Capa	Zinc inorgánico	SSPC-SP5
Pintura recomendada	Zinc Clad 60 (Sherwin Williams)	
	Condiciones de temperatura	
	$400^{\circ}\text{C} < T \leq 650^{\circ}\text{C}$	Preparación de superficie
1° Capa	Copolímero inorgánico o recubrimientos con un inerte matriz multipolimérica	SSPC-SP5
2° Capa	Copolímero inorgánico o recubrimientos con un inerte matriz multipolimérica	
Pintura recomendada	Jotatemp 1000 Ceramin (JOTUN)	
Observación: La condición de temperatura es para el uso de servicio continuo		
Estándar de referencia: NACE SP0198-2010		Fecha: 26/08/2018
Elaborado por: Luis Leon		

  
 26/08/2018  
 DARDC SUTERBOI