

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD MECÁNICO DEL
PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR - HANSEN,
DISTRITO DE ATE, PERIODO 2020 - 2022”**

**INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

ELVIS HUILLCA HUAMANQUISPE

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	Informe de Suficiencia Profesional - Elvis Huillca H..docx (D175767322)
Submitted	10/12/2023 12:50:00 AM
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	3%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	MIGUEL MORALES ZAPANA-TSP.docx Document MIGUEL MORALES ZAPANA-TSP.docx (D122545325)	 5
SA	80.retamozo_mc.pdf Document 80.retamozo_mc.pdf (D30224170)	 13
SA	35366-Castro Macha., Eduardo Helder.pdf Document 35366-Castro Macha., Eduardo Helder.pdf (D111069556)	 4
SA	10972-Venegas Sánchez Sergio Armando_.pdf Document 10972-Venegas Sánchez Sergio Armando_.pdf (D54456478)	 1
W	URL: https://www.slideshare.net/andrew_tobi/traduccion-de-aws-b111 Fetched: 11/14/2019 10:13:22 PM	 8
SA	Tesis Elaboracion de Procedimientos de Soldadura - MAAM.pdf Document Tesis Elaboracion de Procedimientos de Soldadura - MAAM.pdf (D63207834)	 1
W	URL: https://doi.org/10.35622/inudi.b.038 Fetched: 10/12/2023 12:50:00 AM	 1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
"CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD MECÁNICA DEL PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR - HANSEN, DISTRITO DE ATE, PERIODO 2020 - 2022"
INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO
ELVIS HUILLCA HUAMANQUISPE Callao, 2023

LIBRO 001 FOLIO No. 198 ACTA N° 150 DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 15 días del mes octubre, del año 2023, siendo las 16:42 horas, se reunieron, en el auditorio de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de INGENIERO MECÁNICO, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

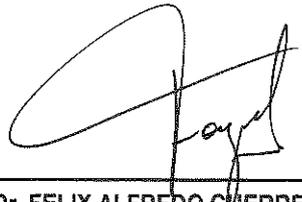
Dr.	FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN	: Presidente
Mg.	ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI	: Secretario
Mg.	ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA	: Miembro

Se dio inicio al acto de sustentación del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **HUILLCA HUAMANQUISPE, ELVIS** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el informe titulado "**CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD MECÁNICO DEL PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR - HANSEN, DISTRITO DE ATE, PERIODO 2020 - 2022**", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en el auditorio Mecánica de Fluidos,

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ciencias Económicas Dr. Augusto Caro Anchay, Supervisor de la FIME, Mg. Carlos Zacarias Diaz Cabrera y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Mg. Jorge Luis Iiquimiche Melly.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023- CU del 15 de junio del 2023.

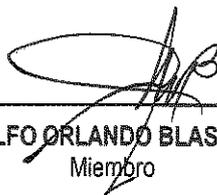
Se dio por cerrada la Sesión a las 17:11 horas del día 15 octubre de 2023.



Dr. **FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN**
Presidente



Mg. **ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI**
Secretario



Mg. **ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA**
Miembro

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y DE ENERGÍA
I CICLO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2023
JURADO DE SUSTENTACIÓN

INFORME Nº 006-2023-JS-I-CT-TSP-23

Visto el informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD MECÁNICO DEL PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR - HANSEN, DISTRITO DE ATE, PERIODO 2020 - 2022**", presentado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica: **HUILLCA HUAMANQUISPE, Elvis**.

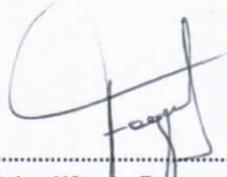
A QUIEN CORRESPONDA:

El presidente del Jurado de Sustentación del I ciclo taller de titulación por la modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional 2023, manifiesta que la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD MECÁNICO DEL PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR - HANSEN, DISTRITO DE ATE, PERIODO 2020 - 2022**", se realizó el día 15 de octubre 2023 en el horario de 16:42PM. en forma presencial, encontrándose algunas observaciones en el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Posteriormente el bachiller **HUILLCA HUAMANQUISPE, Elvis**, presentó el levantamiento de las observaciones; luego de la respectiva revisión minuciosa, el jurado da por aprobado el Trabajo Suficiencia Profesional.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Callao, 15 de diciembre 2023.



.....
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente de Jurado de Sustentación
I-CT-TSP-23

INDICE DE CONTENIDO

I. ASPECTOS GENERALES	9
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo general.....	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.2 Organización de la empresa	9
1.2.1 Antecedentes históricos.....	9
1.2.2 Filosofía empresarial	10
1.2.3 Relación subcontractual y estructura organizacional de la empresa	12
1.2.4 Principales funciones del autor y del equipo del Proyecto	14
II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	16
2.1 Marco Teórico	16
2.1.1 Antecedentes.....	16
2.1.2 Marco conceptual	21
2.1.2.1 Calidad	21
2.1.2.2 Plan de Calidad	27
2.1.2.3 Control de Calidad.....	27
2.1.2.4 Aseguramiento de Calidad	27
2.1.2.5 Gestión de Calidad.....	27
2.1.2.6 Sistema de gestión de Calidad.....	27
2.1.2.7 Organización	27
2.1.3 Definición de términos básicos	28
2.1.4 Bases Teóricas.....	29

2.1.5 Aspector Normativos	88
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	102
2.2.1 Etapas de actividades.....	102
2.2.2 Diagrama de flujo.....	105
2.2.3 Cronograma de actividades	106
III. APORTES REALIZADOS.....	107
3.1 Evaluación de la Ingeniería de detalle del proyecto del Cliente	107
3.2 Formulación de los lineamientos de control y aseguramiento de Calidad .	109
3.3 Ejecución de los controles de calidad de la fabricación en Taller	111
3.3.1 Estructuras Metálicas	111
3.3.2 Piping y Mecánica.....	119
3.4 Ejecución del control de calidad en el montaje e instalación en Obra	128
3.4.1 Estructuras Metálicas	128
3.4.2 Piping y Mecánica.....	132
3.5 Finalización del Proyecto con la entrega de Obra y Dossier de Calidad ...	137
IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....	138
4.1 Discusiones.....	138
4.2 Conclusiones	141
V. RECOMENDACIONES	142
VI. BIBLIOGRAFIA.....	143
ANEXO 1 Plano llave de procesos en vista de planta Carmín 1 ^{er} Nivel.....	147
ANEXO 2 Plano de fabricación de tanque 280-TNK-001.....	149
ANEXO 3 Plan de Calidad de la Subcontratista de Estructuras Metálicas	151
ANEXO 4 Plan de Calidad de la Empresa Principal	173

ANEXO 5	Procedimiento de inspección visual de la Empresa Principal	185
ANEXO 6	Procedimiento de Tintes penetrantes de la Empresa Principal	204
ANEXO 7	WPS de la Subcontratista de Estructuras Metálicas.....	212
ANEXO 8	WPS de la Empresa Principal	214
ANEXO 9	Certificado Inspección Visual Nivel 2 SNT-TC-1A del autor	219
ANEXO 10	Certificado Tintes Penetrantes Nivel 2 SNT-TC-1A del autor.....	221
ANEXO 11	Acta de entrega de Dossier de Calidad del Proyecto	223
ANEXO 12	Acta de entrega de Obra	225
ANEXO 13	Certificado de trabajo del autor	227
ANEXO 14	Maqueta 3D Navisworks de las disciplinas Mecánica y Piping	229

INDICE DE TABLA

Tabla 2.1: Etapas del movimiento de la calidad	26
Tabla 2.2: Discontinuidades identificables según el tipo de NDT	93
Tabla 2.3: Discontinuidades en cada proceso de soldadura	94
Tabla 3.1: Documentación de calidad	111
Tabla 3.2: Revisión de certificados de Calidad - EEMM	112
Tabla 3.3: Pruebas de arranque de pintura.....	117
Tabla 3.4: Revisión de certificados de calidad - Piping y Mecánica	119

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Relación subcontractual del Proyecto.....	13
Figura 1.2: Organigrama del Proyecto.....	14
Figura 2.1: Trilogía de Jurán.....	23
Figura 2.2: Clasificación de las estructuras cristalinas.....	30
Figura 2.3: Alotropía del Hierro.....	31
Figura 2.4: Diagrama Hierro - Carbono.....	33
Figura 2.5: Diagrama TTT de un acero eutectoide (0,8%C).....	36
Figura 2.6: Fases de un acero eutectoide (0.8%C).....	38
Figura 2.7: Zonas de la unión soldada.....	39
Figura 2.8: Circuito típico de soldadura SMAW.....	41
Figura 2.9: Soldadura SMAW.....	42
Figura 2.10: Soldadura GMAW.....	43
Figura 2.11: Circuito típico de soldadura GMAW.....	43
Figura 2.12: Tipos de transferencia de metal - GMAW.....	43
Figura 2.13: Soldadura FCAW.....	44
Figura 2.14: Circuito típico de soldadura FCAW.....	45
Figura 2.15: Soldadura GTAW.....	46
Figura 2.16: Circuito típico de soldadura GTAW.....	46
Figura 2.17: Efecto del tipo de corriente en soldadura GTAW.....	47
Figura 2.18: Desgarro laminar.....	50
Figura 2.19: Grieta bajo cordón.....	52
Figura 2.20: Refuerzo excesivo de soldadura.....	53
Figura 2.21: Burn Through.....	54

Figura 2.22: Herramientas de inspección visual.....	56
Figura 2.23: Inspección con partículas magnéticas	58
Figura 2.24: Inspección ultrasónica.....	60
Figura 2.25: Celda de corrosión	61
Figura 2.26: Celda electrolíticas y celdas galvánicas.....	64
Figura 2.27: Ejemplo de una celda de corrosión.....	65
Figura 2.28: Anodos y cátodos en la superficie de acero.....	65
Figura 2.29: Serie galvánica.....	66
Figura 2.30: Corrosión generalizada.....	67
Figura 2.31: Corrosión por picaduras.....	68
Figura 2.32: Corrosión por cavidades	68
Figura 2.33: Corrosión intergranular	70
Figura 2.34: Recubrimiento epóxico sin curar.....	77
Figura 2.35: Exudación de aminas.....	78
Figura 2.36: Esgurrimiento.	78
Figura 2.37: Arrugamiento	79
Figura 2.38: Discontinuidades, saltos y holidays.....	79
Figura 2.39: Caleamiento.....	80
Figura 2.40: Cráteres	81
Figura 2.41: Vacuolas.	81
Figura 2.42: Pinholes	82
Figura 2.43: Decoloración / sangamiento.....	83
Figura 2.44: Ampollamiento	84
Figura 2.45: Agrietamiento y desprendimiento.....	84

Figura 2.46: Agrietamiento ligero	85
Figura 2.47: Fallas de adhesión	86
Figura 2.48: Bordes.....	87
Figura 2.49: Soldadura.....	87
Figura 2.50: Procesos de soldadura.	92
Figura 2.51: Porosidad alineada.	94
Figura 2.52: Fusión incompleta en soldadura de ranura	95
Figura 2.53: Fusión incompleta entre cordones de soldadura	95
Figura 2.54: Fusión incompleta de metal base y de soldadura	95
Figura 2.55: Penetración incompleta de soldadura de ranura.....	96
Figura 2.56: Penetración incompleta en soldadura de filete.	96
Figura 2.57: Socavado de soldadura.	96
Figura 2.58: Falta de relleno en una sección transversal.....	97
Figura 2.59: Solape de soldadura	97
Figura 2.60: Laminación.....	97
Figura 2.61: Grieta longitudinal	98
Figura 2.62: Grieta transversal.....	98
Figura 2.63: Grieta de garganta.	98
Figura 2.64: Grieta de pie	99
Figura 2.65: Inclusión de escoria.	99
Figura 2.66: Soldadura convexa	99
Figura 2.67: Golpe de arco.	100
Figura 2.68: Salpicaduras	100
Figura 2.69: Oxidación superficial	100

Figura 2.70: Flujograma.....	105
Figura 2.71: Cronograma del Proyecto.....	106
Figura 3.1: Revisión de Memoria descriptiva y Especificaciones Técnicas.....	108
Figura 3.2: Certificados de Calidad - Plancha estructural A36.....	113
Figura 3.3: Certificado de Calidad - Tubo cuadrado ASTM A500.....	114
Figura 3.4: Control de calidad - habilitado y armado de EEMM.....	115
Figura 3.5: Inspección visual de Estructuras Metálicas.....	117
Figura 3.6: Medición de espesor de película seca.....	118
Figura 3.7: Inspección por tintes penetrantes a las EEMM.....	118
Figura 3.8: Certificado de calidad - Codos ASTM A270 (316L).....	120
Figura 3.9: Armado de tanques de acero inoxidable grado sanitario.....	121
Figura 3.10: Purga de gas contaminante con argón.....	122
Figura 3.11: Calificación de soldadores en tubería de acero al carbono.....	124
Figura 3.12: Soldadura de tanques de acero inoxidable grado sanitario.....	125
Figura 3.13: Inspección por tintes penetrantes a tuberías.....	126
Figura 3.14: Inspección radiográfica en tuberías.....	127
Figura 3.15: Medición de condiciones ambientales - capa baseo.....	127
Figura 3.16: Verificación de ubicación de pernos de anclaje.....	129
Figura 3.17: Aplicación de grout.....	130
Figura 3.18: Montaje de estructuras pre ensambladas.....	130
Figura 3.19: Montaje de estructuras pre ensambladas - Navisworks.....	131
Figura 3.20: Prueba hidrostática a la línea de agua blanda.....	134
Figura 3.21: Decapado de tuberías inoxidables.....	135
Figura 3.22: Medición de rugosidad en costura pulida.....	136

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Controlar y asegurar la Calidad Mecánica del Proyecto “CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR – HANSEN” distrito de Ate, periodo 2020 - 2022.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la Ingeniería de detalle del proyecto del Cliente.
- Formular los lineamientos de control y aseguramiento de calidad del Proyecto en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.
- Ejecutar los controles de calidad de la fabricación en Taller en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.
- Ejecutar los controles de calidad en el montaje e instalación en Obra en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.
- Finalizar el Proyecto con la entrega de Obra y del Dossier de Calidad.

1.2. Organización de la empresa

1.2.1. Antecedentes históricos

Polindustria S.A. es una empresa dedicada al rubro de las construcciones metálicas, con 49 años de experiencia en el rubro, está ubicada en Av. Separadora industrial No 2605, Urbanización Santa Raquel ATE Lima.

Nuestra empresa se encuentra permanentemente en la dinámica de buscar mejoras en toda nuestra actividad empresarial utilizando nuevas técnicas de construcción y montaje para cumplir con los más altos estándares.

Para la ejecución del proyecto contamos con nuestro departamento de ingeniería; para la dirección de obra y taller, personal técnico y logístico; personal de campo calificado: soldadores, caldereros, armadores, soldadores calificados, maniobristas, electricistas, programadores y personal de apoyo, equipamiento para fabricaciones en taller, equipamiento para montaje en obra.

Entre nuestros principales clientes tenemos los siguientes: Backus, Unique, AJE, Bimbo, Gloria, Laive, Mondelez, Alicorp, entre otros.

1.2.2. Filosofía empresarial

POLITICA INTEGRADA DE GESTIÓN

POLINDUSTRIA S.A. empresa metalmecánica, dedicada al diseño, automatización, producción, mantenimiento y comercialización de servicios de ingeniería para la industria, por lo tanto, la calidad del servicio, prevención de riesgos laborales, la seguridad y salud en el trabajo y la protección del medio ambiente constituyen puntos fundamentales en la organización.

Misión

Brindar a los clientes soluciones eficaces y sostenibles, a través de un adecuado equilibrio entre experiencia, planificación, calidad de servicio, trabajo en equipo y crecimiento personal de sus colaboradores. Así mismo desarrollar servicios que involucren la seguridad, preservación de la salud de sus trabajadores y protección del medio ambiente.

Visión

Ser reconocidos como la organización peruana líder, dedicada al diseño, automatización, producción, mantenimiento y comercialización de servicios

en ingeniería para la industria, destacada por la calidad de servicio en el rubro y por el logro de sus objetivos.

Valores

Cordialidad, respeto, excelencia, eficacia y honestidad.

Por lo que implementa un **SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN (SIG)** y asumo el compromiso de:

- Brindar un servicio eficaz y eficiente, con el fin de velar para la satisfacción de nuestros clientes, a través del cumplimiento de los requisitos pactados.
- Identificar, evaluar, controlar y minimizar los riesgos de nuestras actividades, productos y servicios que afecten la Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente con el fin de prevenir pérdidas, lesiones y daños.
- Formar integralmente al personal, para mejorar la calidad de vida y su desarrollo profesional, técnico y productivo a través de capacitaciones, entrenamiento, motivación y cambio de actitud.
- Garantizar la Seguridad y Salud en el trabajo para contribuir con el desarrollo de nuestro personal, para lo cual se fomenta una cultura de prevención de riesgos laborales.
- Prevenir los riesgos que afecten la seguridad y salud de todos los miembros de la organización ya sean de contratación directa o de subcontratas y visitantes.
- Cumplir con los requisitos legales en materia de Calidad, Seguridad y Salud en el trabajo y Medio Ambiente, vigentes en nuestro país.
- Promover la participación y la consulta de los trabajadores en el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- Mejorar continuamente el desempeño del sistema integrado de gestión y comunicar los resultados.

1.2.3. Relación subcontractual y Estructura organizacional del Proyecto

Para una adecuada gestión del Proyecto “CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR – HANSEN”, la empresa principal tercerizó las partidas que requieran personal especializado, según se muestra en la figura 1.

La empresa Polindustria, para el Proyecto “CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR – HANSEN” contó con un organigrama estructural conformado por diferentes órganos como se muestra en la figura 2, y entre ellos el área funcional en el cual el autor del presente Informe desarrolló las responsabilidades en el puesto de Supervisor de Calidad.

Figura 1.1: Relación subcontractual del Proyecto

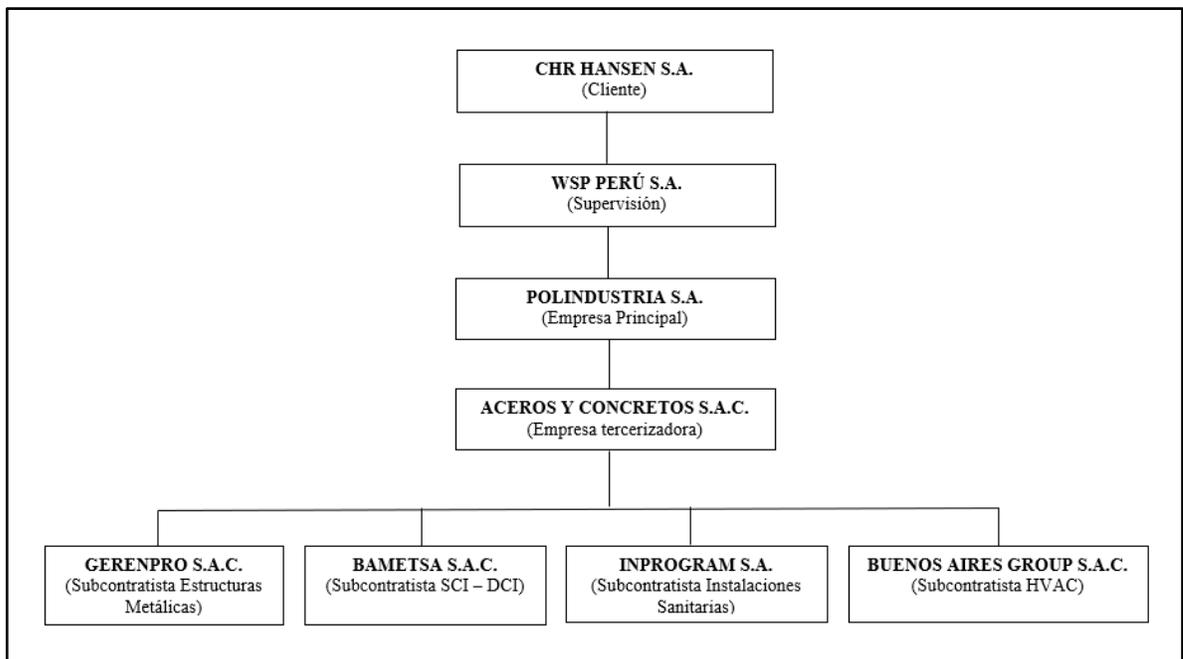
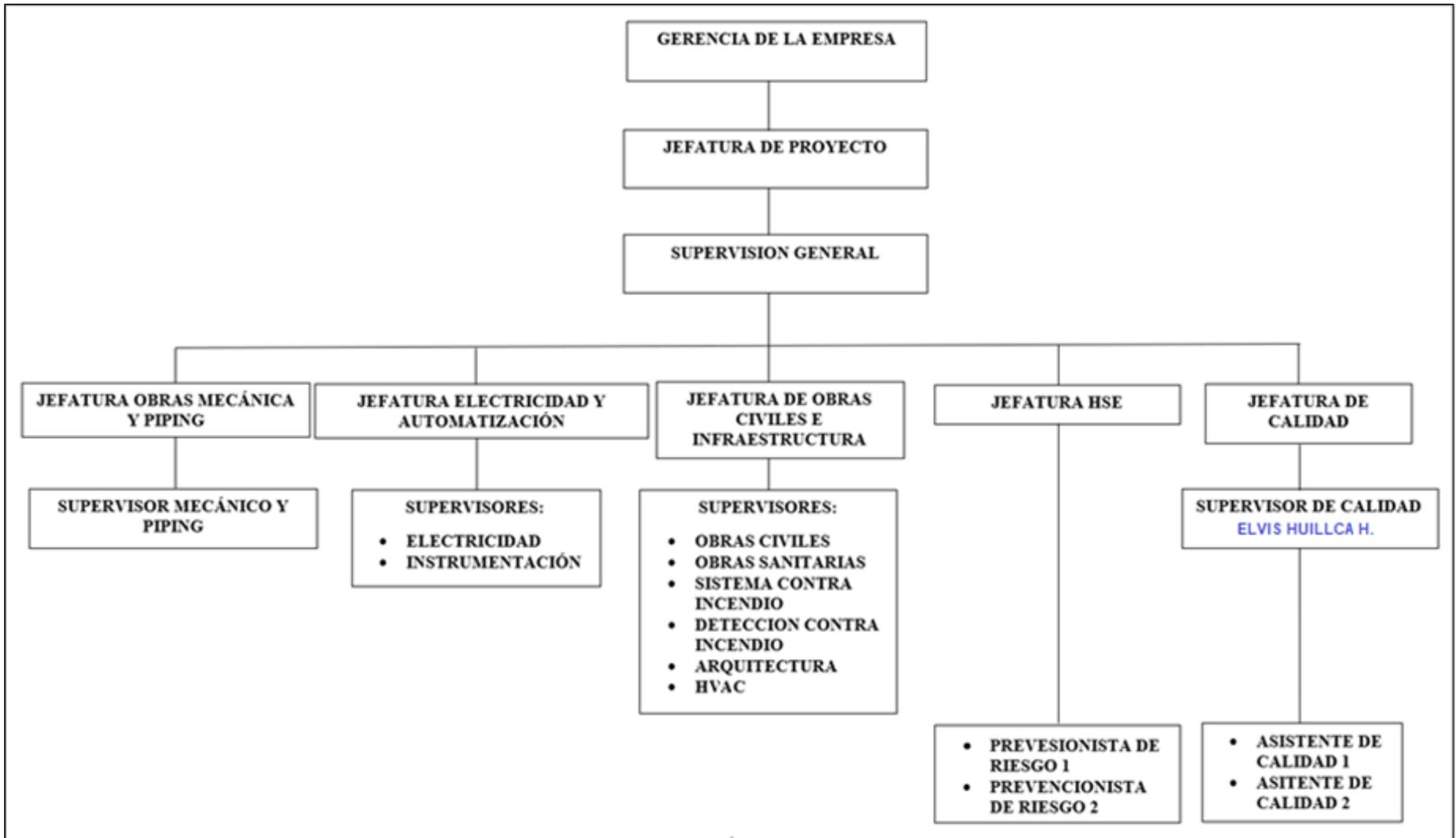


Figura 1.2: Organigrama del Proyecto



Fuente: POLINDUSTRIA S.A.C.

1.2.4. Principales funciones del autor y del equipo de Proyecto

A continuación, se presentan las funciones principales del equipo del Proyecto:

- Jefe de Proyecto
 - Dirigir y acompañar las actividades definidas en los Procedimientos de Trabajo y Calidad.
 - Facilitar los recursos necesarios para la ejecución del Proyecto con todas las medidas de seguridad necesarias.
 - Aprobar el Plan de Calidad, Plan de puntos de Inspección, Procedimientos de Trabajo, Procedimientos de Calidad, etc.

- Supervisor General
 - Coordinar en campo con el responsable de la Supervisión y el Cliente las actividades a desarrollarse en Obra.
 - Revisión de los procedimientos de Trabajo antes de ejecución de la tarea.

- Jefe de Calidad
 - Elaborar, implementar y mantener el Plan de Calidad del Proyecto.
 - Difundir el Plan de Calidad al personal de Polindustria.
 - Supervisar la elaboración del Dossier de Calidad para ser entregado a la Supervisión y al Cliente.

- Jefe Mecánica, Electricidad, Civil e Infraestructura
 - Mantener constante comunicación con la Supervisión del Cliente.
 - Gestionar los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades.
 - Participar en las reuniones contractuales con la Supervisión y el Cliente.
 - Cumplir con los plazos de avance de acuerdo al Cronograma de Obra.

- Jefe HSE
 - Verificar toda la documentación previa requerida para el inicio de actividades.
 - Asesorar al Supervisor General en la aplicación y cumplimiento de los Procedimientos de Trabajo y Calidad.
 - Reportar inmediatamente los casos de incidentes durante las actividades.

- **Supervisor de Calidad**
 - Controlar y verificar el cumplimiento del Plan de Calidad y Procedimientos de Trabajo.
 - Responsable del control y el archivo de los registros de calidad.
 - Verificación de equipos, herramientas, instrumentos y otros se encuentren operativos y con calibración vigente.
 - Realizar el seguimiento y control de calidad de acuerdo al Plan de Calidad del Proyecto.
 - Elaborar el Dossier de Calidad para ser entregado al Cliente o a su representante al término del Proyecto.
 - Realizar el seguimiento a las No Conformidades y Observaciones que se identifiquen en el Proyecto.

- Supervisor Mecánica, electricidad, Civil e Infraestructura
 - Proponer mejoras en el proceso para la gestión y control de Proyectos, así como la necesidad de recursos y resultados.
 - Planificar y programar en detalle la secuencia de las actividades en las diversas disciplinas.
 - Coordinar con el equipo de Proyecto, controlar el avance del Proyecto, coordinar con proveedores, coordinar con subcontratistas e informar el status a jefaturas.

2. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes

Internacionales

Lara (2018), en la tesis doctoral: “Caracterización electroquímica de la pasivación de acero inoxidable empleado en la fabricación de fuselajes de helicópteros” tuvo como uno de sus objetivos caracterizar la capa de pasivación obtenida. Se pasivaron probetas con el empleo de ácido cítrico, ácido nítrico y dicromato de sodio. Mediante la técnica de espectroscopia de fotoelectrones emitidos por rayos X (XPS) se obtuvo como resultado un espesor promedio de 12.1 nm independientemente del agente pasivante y el tiempo de exposición. Se concluyó que el aumento del espesor de la capa pasiva mejora la resistencia a la corrosión del acero inoxidable.

Muñoz (2019), en la tesis magistral: “Metodología para el desarrollo del plan de aseguramiento de calidad de proyectos, basado en buenas prácticas de Ingeniería” tuvo como objetivo elaborar una estrategia que permita desarrollar planes de aseguramiento de calidad. Se obtuvo como resultado una propuesta de Plan de Calidad por Proyecto. Se concluyó que el Plan de aseguramiento de Calidad es una herramienta fundamental porque instituye estándares, procedimientos, recursos que se deben cumplir para el aseguramiento del cumplimiento de la gestión de Calidad.

Delgado y López (2020), en la tesis de grado: “Estudio de la integridad superficial del acero AISI 420 maquinado mediante proceso de rectificado” tuvo como objetivo medir la rugosidad en las probetas rectificadas, para lo

cual se evaluó 16 muestras rectificadas superficialmente con discos abrasivos de diferentes números de grano. Las pruebas fueron de medición de rugosidad, metalografía, microdureza y ensayo de corrosión acelerada. Los resultados evidenciaron mejor desempeño de las muestras mecanizadas con granos más finos. Se concluyó que el acabado superficial es un factor que incide en la integridad del acero AISI 420 y en la resistencia a la corrosión.

Camargo, Bohórquez y Sánchez (2018), en el artículo científico: “Influencia de la soldabilidad de un acero inoxidable austenítico” tuvo como objetivo determinar la influencia del calentamiento de tuberías de acero inoxidable AISI 316 durante la soldadura. Los resultados evidenciaron que la permanencia prolongada de las muestras a temperaturas comprendidas entre 500°C y 800°C generan la formación de carburos de cromo. Se concluyó que para evitar la formación de carburos de cromo y potencial corrosión intergranular la temperatura de las tuberías inoxidables AISI 316 no deben superar los 400°C.

Espín et al. (2018), en el artículo científico: “Influencia del contenido de oxígeno atmosférico en el proceso de purgado con argón en la soldadura TIG de tubería de acero inoxidable AISI 304” tuvo como objetivo estudiar la influencia del oxígeno en el interior de la cámara de purga durante la soldadura de tuberías inoxidables AISI 304. Se tomaron muestras a diferentes concentraciones de oxígeno los cuales fueron sometidos a una inspección visual de la oxidación superficial y a pruebas de tracción. Los resultados evidenciaron un mejor desempeño de las muestras soldadas con menor concentración de oxígeno. Se concluyó que un contenido de oxígeno inferior a 50 ppm obtiene mejor resistencia a la tracción y menor grado de oxidación superficial interna a comparación de concentraciones superiores al 50 ppm.

Nacionales

Morales (2019), en la tesis de grado: “Optimización del proceso de montaje de estructuras en una refinería” tuvo como uno de sus objetivos mejorar el coeficiente de performance de montaje de estructuras. Se planteó propuestas de mejora como nuevas secuencias de montaje, software para detección de interferencias / incompatibilidades, montaje de estructuras con equipos / complementos conexiónados y entre otros. Los resultados evidenciaron un margen de H-H de ahorro durante el montaje y se concluyó que el factor principal para el éxito de las propuestas de mejora fue la etapa de pre ensamble realizado a nivel de piso. También se concluyó la reafirmación de la importancia del área de Ingeniería en los trabajos de montaje en Obra.

Gallegos y Canahua (2022), en el libro electrónico: “Comparación de procesos de soldadura en aceros inoxidable austeníticos” tuvo como objetivo determinar la resistencia a la dureza de los procesos SMAW y GTAW en aceros inoxidable AISI 304. Para lo cual se soldó 3 cupones con proceso SMAW y 2 cupones con proceso GTAW. Los resultados de las pruebas de dureza evidenciaron mejor desempeño de las probetas soldadas con proceso GTAW. Se concluyó que el Proceso GTAW es más eficiente que el proceso SMAW debido a que no genera escoria, alta calidad bajo protección de gas y mayor resistencia a la dureza en la zona afectada por el calor.

Collahua (2019), en la tesis de grado: “Elaboración de un plan de calidad para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmecánica, ubicada en Lurín, Lima” tuvo como uno de sus objetivos desarrollar un procedimiento de recepción de materiales. Como resultado se logró inspeccionar de forma correcta los materiales recibidos. Se concluyó que mediante la aplicación de los lineamientos del procedimiento en mención se garantizó el cumplimiento de los requisitos del Cliente en relación a las características de los materiales.

Berroa (2019), en la tesis de grado: “Aplicación de control de calidad de los requisitos mínimos para el proceso de preparación superficial y recubrimiento en un tanque de clarificación del proyecto Tambomayo” tuvo como objetivo aplicar los controles de calidad en el proceso de preparación superficial y aplicación de recubrimiento. Los resultados evidenciaron el cumplimiento de los criterios de aceptación de los controles de calidad. Se concluyó que las pruebas de control de calidad bajo los estándares SSPC y ASTM aseguran un adecuado performance en los trabajos de pintura.

Uriarte (2017), en la tesis de grado: “Metodología para la aplicación, medición y control de la prueba hidrostática del Loop Costa II, tramo Chilca-Lurín” tuvo como objetivo establecer una secuencia de pasos y controles durante la ejecución de la Prueba Hidrostática. Los resultados evidenciaron el cumplimiento del criterio de aceptación al finalizar el tiempo de prueba. Se concluyó que un adecuado venteo del sistema, aseguró la eliminación de las bolsas de aire y evitó caídas de presión que generen el rechazo de la prueba.

Suarez (2020), en la tesis de grado: “Inspección por tintes penetrantes conforme con el código ASME B3.1.3 – 2018 a las juntas soldadas del Proyecto Carbon Steel Pipes and Spools en la empresa Metrain SAC – 2020” tuvo como uno de sus objetivos la detección de discontinuidades en las juntas soldadas para la evaluación de acuerdo al código ASME B31.3, para lo cual se inspeccionó una muestra de 324 juntas soldadas del total de la población. Los resultados de la evaluación evidenciaron 15 juntas soldadas rechazadas, las cuales fueron reparadas posteriormente para evitar fallas debido a la resistencia mecánica. Se concluyó que el cumplimiento de los lineamientos del código ASME B31.3 permite una adecuada aplicación, detección y evaluación de discontinuidades con Tintes Penetrantes.

Alanoca (2021) en la tesis de grado: “Control de Calidad de uniones soldadas con ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica de acuerdo al código AWS D1.1” tuvo como objetivo evaluar la calidad de las uniones soldadas con el ensayo de inspección visual de acuerdo al AWS D1.1. Los resultados evidenciaron la aprobación de los criterios de aceptación en relación al estándar aplicable. Se concluyó que con el cumplimiento de los lineamientos de inspección visual del estándar en mención se aseguró la calidad de la unión soldada.

2.1.2. Marco Conceptual

2.1.2.1. Calidad

La Calidad se ha definido desde diversas perspectivas (del producto, del usuario, de producción, del valor y entre otros) durante las etapas del movimiento en la historia. En el presente Informe de Trabajo Suficiencia Profesional se desarrolla desde la perspectiva del producto, el cual tiene afinidad con la International Organization for Standardization.

La Calidad es la medida con la que las características inherentes de un objeto cumplen los requerimientos, se entiende por requerimiento una expectativa establecida, implícita u obligatoria (ISO 9000, 2015).

La influencia de la Calidad en una empresa se evidencia en 4 aspectos: Costos y participación del mercado, prestigio de la organización, responsabilidad por los productos, implicaciones internacionales (Carro y Gonzáles, 2012).

Se tienen muchos enfoques sobre la calidad, a continuación, se describen algunos autores:

1. Deming (1986), consideraba que los problemas de calidad son sistémicos en el que la alta dirección tiene la mayor parte de la responsabilidad y que los 14 enfoques para transformar la gestión de las organizaciones son:
 - Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio.
 - Adoptar nueva filosofía del mejoramiento incesante.
 - No depender de inspecciones masivas, en su lugar usar muestras estadísticas.
 - Eliminar la práctica de hacer negocio solo en base al precio.
 - Mejorar constantemente el sistema de producción y servicio.
 - Instituir la capacitación y la formación en el trabajo.
 - Adoptar el nuevo estilo de liderazgo.

- Desechar el miedo.
- Mejorar la comunicación y derribar las barreras que existen entre las áreas de la organización.
- Eliminar lemas irrelevantes, exhortos y metas para la mano de obra.
- Eliminar las cuotas numéricas en la producción.
- Eliminar las barreras que privan a la gente de su derecho a estar orgullosa de su trabajo.
- Estimular la educación y la auto mejora de todo el mundo.
- Generar un plan de acción para lograr la transformación.

2. Juran et al. (1998), consideró que la administración es la responsable de la mejora del cumplimiento de los requerimientos de los clientes. Una de sus mayores aportaciones fue la trilogía de la Calidad: Planificación de la calidad, control de calidad y mejoramiento de la calidad; los que se desarrollan a continuación y que se muestra en la figura 02:

a) Planificación de la calidad (Juran et al., 1998).

- Determinar quiénes son los clientes y cuáles son sus necesidades.
- Traducir las necesidades al lenguaje de la compañía.
- Desarrollar un producto que responda a esas necesidades.
- Desarrollar el proceso capaz de crear productos con las características requeridas.
- Transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas.

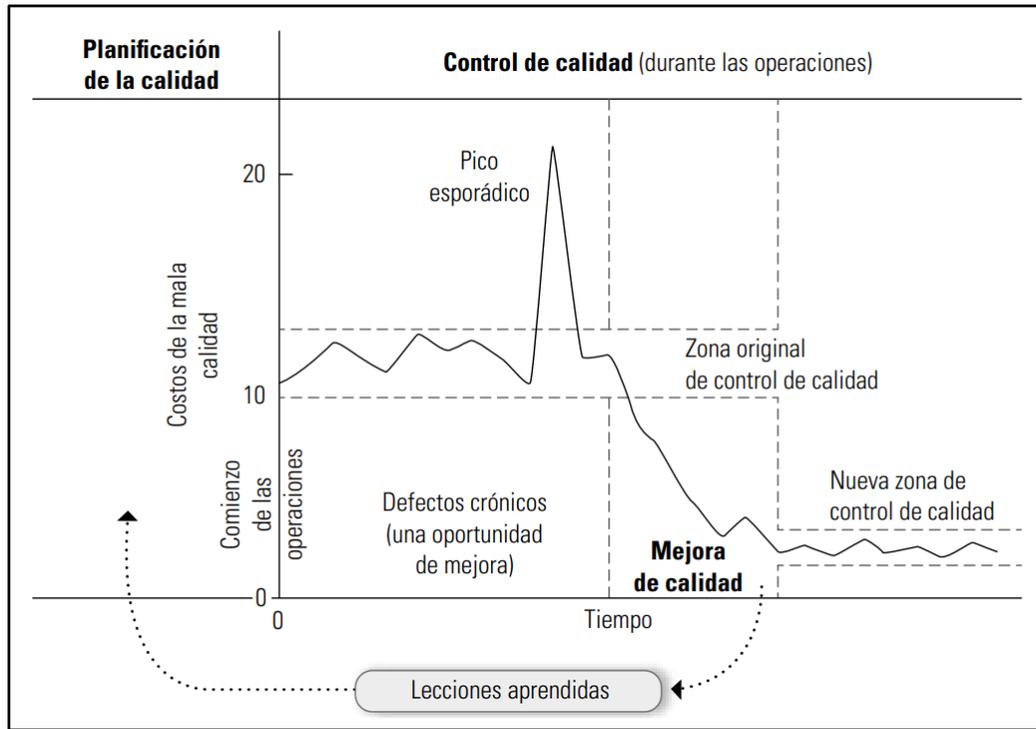
b) Control de Calidad (Juran et al., 1998).

- Evaluar el desempeño actual del proceso.
- Comparar el desempeño actual con las metas de calidad.
- Actuar sobre la diferencia.

c) Mejoramiento de la Calidad (Juran et al., 1998).

- Identificar proyectos y organizar equipos de proyectos.
- Proporcionar propuestas, probar que funcionan.
- Manejar resistencia al cambio, controlar para mantener las ganancias.

Figura 2.1: Trilogía de Juran



Fuente: Gutiérrez, 2014

3. Crosby (1984), proponía que la calidad era un problema de motivación y expectativa, en contraposición a la postura de Deming. Uno de sus mayores aportes fueron los 14 pasos de la calidad, mencionados a continuación:
- Compromiso con la gerencia.
 - Equipos de mejoramiento de la Calidad.
 - Medir.
 - El costo de la calidad.
 - Difusión de la calidad.
 - Acciones correctivas del pasado.
 - Planeamiento de cero defectos.
 - Educación de los empleados.
 - El día de los cero defectos.
 - Establecimiento de metas.
 - Remover las causas de los errores.

- Reconocimiento.
- Consejo de calidad.
- Hacerlo de nuevo.

Etapas del movimiento por la Calidad

Gutiérrez (2014), describe las 5 etapas de la calidad a través de la historia: Inspección, Control estadístico de la Calidad, Aseguramiento de la Calidad, Administración de la Calidad total y Calidad del siglo XXI. Descritos a continuación y se resume en la tabla 01:

1. Inspección

En la era industrial, se empieza a responsabilizar a los inspectores para que evalúen calidad y detección de errores. Se introduce el término Control de Calidad y se desarrolló durante toda la década de 1920 (Gutiérrez, 2014).

2. Control estadístico de la Calidad

Shewhart (1931) brinda detalles de las cartas de control y el estudio de la calidad a través de variables. Señala que el mejoramiento del control se puede llevar a cabo con la estabilización y reducción de las variables de proceso identificados mediante los estudios estadísticos. Se inicia la aplicación de la teoría estadística a la inspección por muestras en reemplazo de la inspección al 100%. Sobresale W. Edwards Deming, discípulo de Shewhart (Gutiérrez, 2014).

3. Aseguramiento de la Calidad

El concepto de calidad evolucionó a una intervención en los esfuerzos por calidad en áreas como diseño, ingeniería y planeación. A principios de la década de 1950 aparecen nuevas herramientas como los conceptos de costos de calidad, control total de la calidad. Sobresalen Armand Feigenbaum, Joseph Juran, Kaoru Ishikawa. Paralelamente, Philip B. Crosby surge como representante del movimiento Zero defectos (Gutiérrez, 2014).

4. Etapa de la Administración de la Calidad total

En la década de 1980, se concientizó la importancia estratégica de la calidad, de su mejora y de la satisfacción del cliente. En 1987 aparecen la serie de normas ISO 9000, en el año 2000 se reemplaza el concepto de Sistema de Aseguramiento de la calidad por Sistema de Gestión de Calidad. Engloba las filosofías de Control de Calidad Total (TQC), Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Justo a Tiempo (JIT). Se crean las técnicas de Seis Sigma y Lean Manufacturing (Gutiérrez, 2014).

5. Etapa de la Calidad del siglo XXI

En la segunda década del siglo XXI, el control y la mejora son esenciales, pero no suficientes. La globalización y la era de la información son fuentes motoras de la calidad y el cambio ya que los mercados son cada vez más globales y los consumidores tienen más información y alternativas gracias a internet, lo que le da un poder creciente al consumidor para exigir productos que atiendan sus necesidades, expectativas y que les proporcionen una experiencia excepcional. Por lo tanto, es posible afirmar que en la actualidad el movimiento por la calidad ha evolucionado hasta profundizar en prácticas directivas, metodologías y estrategias que ayudan a impactar la cultura y efectividad de la organización para cumplir con su misión y visión. Esto presupone un análisis estratégico del entorno para desarrollar ventajas competitivas en la era de la información y en un mercado globalizado, y aplicar diferentes estrategias para hacer las cosas mejor, más rápido y a un menor costo, involucrando y potenciando el talento humano (Gutiérrez, 2014).

Tabla 2.1: Etapas del movimiento de Calidad

Criterios considerados (fecha de inicio)	Inspección (1800)	Control estadístico de la calidad (1930)	Aseguramiento de la calidad (1950)	Administración de la calidad total (1980)	Calidad del siglo xxi (2010)
Preocupación principal	Detección.	Control.	Coordinación.	Impacto estratégico.	Las organizaciones con una cultura para proveer calidad mantienen una ventaja competitiva.
La calidad se ve como:	Un problema a resolver.	Un problema a resolver.	Un problema a resolver, pero que es atacado en forma preventiva (proactiva).	Una ventaja competitiva.	Control y mejora son esenciales, pero no suficientes. La calidad concebida como lo que el cliente acepta y valora. Se requiere la mejora y transformación de toda la organización con este sentido.
Énfasis	Uniformidad del producto.	Uniformidad del producto con reducción de la inspección.	Todas las etapas, desde el diseño hasta las ventas, y la contribución de todos los grupos funcionales, especialmente diseñadores para prevenir fallas.	Necesidades del cliente y el mercado.	Enfoque al cliente en el marco de un mercado global, con acceso creciente y sencillo a través de internet, lo cual demanda soluciones integrales y holísticas; con calidad, innovación y diseño.
Métodos	Estándares y mediciones.	Herramientas y metodologías estadísticas.	Programas y sistemas.	Planeación estratégica, establecimiento de metas y movilización de la organización para lograr mejora continua. Un amplio menú de herramientas.	Amplio menú que se aplica a partir de modelos para la competitividad: liderazgo, mercado, clientes, planeación, eficiencia de procesos, talento humano, información, conocimiento, responsabilidad social.
Papel de los profesionales de la calidad	Inspeccionar, contar y clasificar.	Encontrar problemas y aplicación de métodos estadísticos.	Medición y planeación de la calidad, y diseño de programas.	Establecimiento de metas, educación y entrenamiento, asesoría a otros departamentos y diseño de programas.	Liderazgo y soporte metodológico para el control, la mejora y la innovación para la competitividad.
Quién tiene la responsabilidad por la calidad	El departamento de inspección.	Los departamentos de manufactura e ingeniería.	Todos los departamentos, aunque la alta dirección solo se involucra periféricamente en diseñar, planear y ejecutar las políticas de calidad.	Todo el mundo en la organización, con la alta dirección ejerciendo un fuerte liderazgo.	La alta dirección encabeza el esfuerzo para generar visiones compartidas, alinear los esfuerzos, eliminar barreras organizacionales, propiciar el aprendizaje organizacional, facultar y potenciar la labor y creatividad del talento humano para la mejora y transformación de toda la organización.
Orientación y enfoque	Inspeccionar la calidad del producto terminado.	Controlar la calidad.	Construir la calidad.	Dirigir la calidad.	Orientación directa y total al cliente, al mercado y a mejorar el desempeño de los procesos. La calidad y la eliminación de actividades desperdiciadoras proporcionan la dirección para tomar decisiones racionales en un mundo incierto, digital y global.

Fuente: Gutiérrez, 2014

2.1.2.2. Plan de Calidad

En relación a un objeto específico, el plan de calidad detalla las consideraciones que se tomarán en cuanto a las acciones, responsabilidades y recursos asociados. El Plan de calidad también brinda métodos y prácticas de trabajo que se emplearán para el cumplimiento de los requisitos específicos del proceso, producto, servicio, proyecto o contrato (ISO 10005, 2018).

2.1.2.3. Control de Calidad

Se encuentra enfocado al cumplimiento de los requisitos de Calidad y forma parte de la gestión de Calidad (ISO 9000, 2015).

El control de calidad implica cumplir los estándares de manera sólida. Si después de evaluar el desempeño actual y contrastar con los estándares se evidencian desviaciones respecto al estándar, éstas deben ser corregidas (Gryna, Chua y Defeo, 2007).

2.1.2.4. Aseguramiento de Calidad

Se encuentra enfocado a proporcionar confianza que se cumplirán los requisitos de calidad. Forma parte de la gestión de Calidad (ISO 9000, 2015).

2.1.2.5. Gestión de Calidad

En relación a la Calidad, la gestión de calidad representa las actividades coordinadas orientadas a la dirección y control (ISO 9000, 2015).

2.1.2.6. Sistema de Gestión de Calidad

Componentes de una organización, los cuales se interrelacionan para instaurar políticas, objetivos y procesos para el logro de esos objetivos (ISO 9000, 2015).

2.1.2.7. Organización

Puede ser una persona o grupo de personas con responsabilidades, autoridades y relaciones asignadas que buscan el logro de sus objetivos (ISO 9000, 2015).

2.1.3. Definición de Términos básicos

Ingeniería Básica o Anteproyecto

Es el estudio en el cual los inversionistas evalúan la viabilidad del Proyecto tomando en consideración el mercado, la tecnología a emplear y los costos totales (Baca, 2013).

Ingeniería de detalle o Proyecto definitivo

Esta etapa contiene incluye la ingeniería Básica y adicional los pormenores en relación a lo contractual, presupuestos, planos de construcción y otros (Baca, 2013).

Proyecto

Es la solución mediante la aplicación de ideas, inversiones, tecnología y metodologías a un problema, por el cual se resuelve necesidades humanas como son la educación, alimentación, salud, ambiente, cultura y otros (Baca, 2013).

Cliente

Es la persona u organización que recibe el producto o servicio (ISO 9000, 2015).

Ejecución

Desarrollar o llevar a cabo una actividad planificada.

Dossier de Calidad

Es la recopilación de documentación que evidencian el cumplimiento de los requisitos del Cliente y la metodología empleada para el aseguramiento. Sirve como medio de consulta para el usuario final y brinda confianza al Cliente que todos sus requisitos fueron cumplidos.

2.1.4. Bases Teóricas

Soldadura

Es el proceso de unión que produce la coalescencia de materiales calentándolos a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión únicamente, con o sin uso de metal de aporte (AWS A3.0, 2020).

El Acero

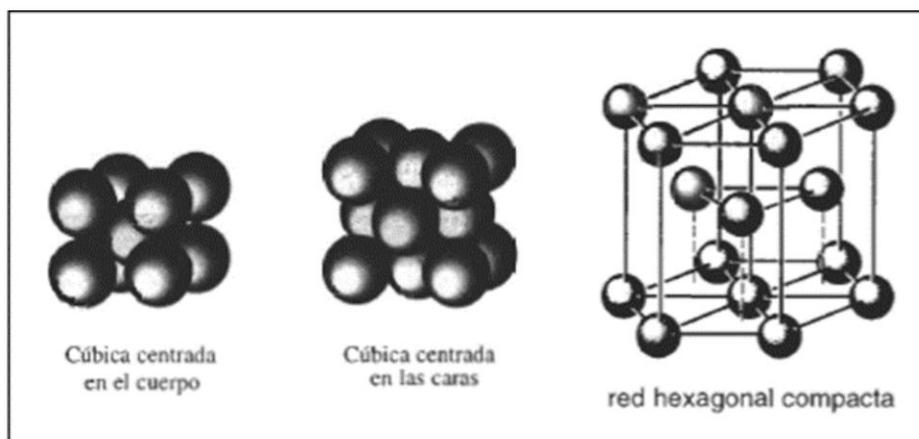
Es una aleación, es decir, una combinación de Hierro con otros elementos químicos como Molibdeno, Cromo, Níquel y entre otros siendo el Carbono el elemento de mayor porcentaje de inclusión. Mínimas variaciones en el contenido de Carbono en el acero modifican radicalmente sus propiedades (Fosca, 2006).

Metalurgia de la soldadura

Fosca (2006), indica que el Hierro al igual que otras sustancias, puede hallarse en estado líquido, sólido o gaseoso, según sea la presión y temperatura a la que se encuentra. Estos cambios también ocurren dentro de un mismo estado como el sólido. Si observamos el interior de un material a escala submicroscópica, observaremos una configuración espacial homogénea de átomos el cual recibe el nombre de estructura cristalina. La unidad mínima es la celda unitaria y es la que caracteriza a la estructura cristalina de un material sólido y que pueden ser:

- Estructura cúbica centrada en el cuerpo (CC)
- Estructura cúbica centrada en las caras (CCC)
- Estructura hexagonal compacta (HC)

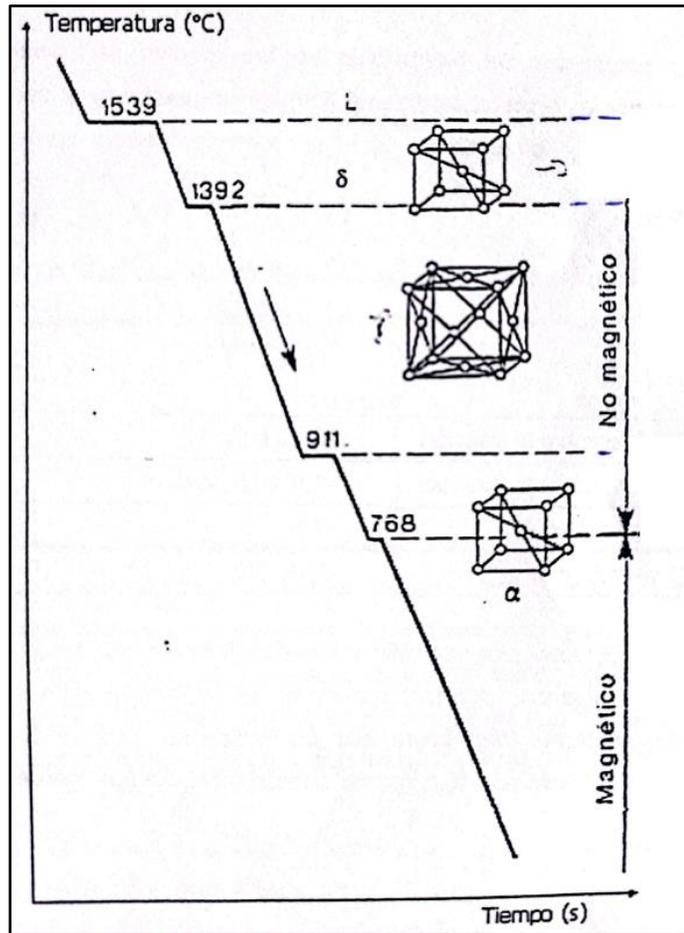
Figura 2.2: Clasificación de las estructuras cristalinas



Fuente: Solis et al., 2021

Fosca (2006), indica que el Hierro puede existir con una estructura CC ($Fe\alpha$, $Fe\delta$) como también con estructura CCC ($Fe\gamma$) y se debe a la cualidad de cambiar el ordenamiento atómico (estructura cristalina) con la temperatura y que se denomina alotropía o poliformismo. Encima de los $1392^{\circ}C$, el hierro tiene una estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo (CC) el cual recibe el nombre de $Fe\delta$ (hierro delta). Cuando la temperatura desciende debajo de $1392^{\circ}C$, el hierro cambia a un ordenamiento atómico del tipo cúbica centrada en las caras (CCC) denominado $Fe\gamma$ (hierro gamma). Cambia nuevamente su ordenamiento al tipo CC cuando se enfría debajo de los $911^{\circ}C$ convirtiéndose en $Fe\alpha$ (hierro alfa). La figura 07 brinda un resumen gráfico de la cualidad alotrópica del hierro.

Figura 2.3: Alotropía del hierro



Fuente: Fosca, 2006

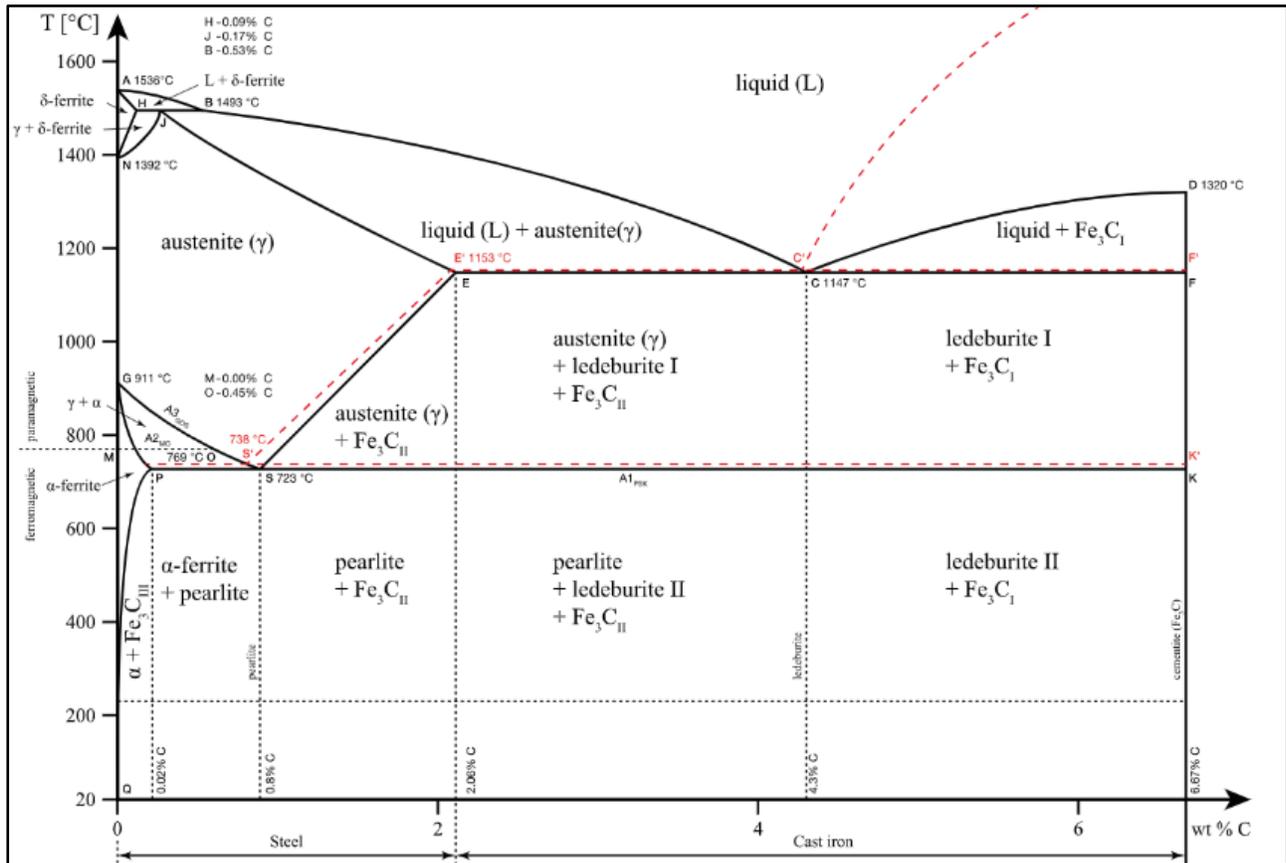
Los granos son agrupaciones de millones de millones de átomos, los cuales son visualizados como mosaicos a través de la metalografía. Las fronteras entre granos los llamamos límites de granos. El tamaño de los granos influye de manera importante sobre las propiedades mecánicas del metal. Cuando el metal está constituido por una microestructura de grano fino, las propiedades son mejores que las del mismo metal con grano grueso. Un mismo metal puede presentar diversos tamaños de grano dependiendo de su historia térmica, es decir, de cómo ha sido calentado y enfriado hasta la temperatura ambiental. Una de las características que se tiene en los metales en estado sólido a elevadas temperaturas es la tendencia al crecimiento de grano con el tiempo y con el incremento de la temperatura. Si el

metal es enfriado hasta la temperatura ambiente, su microestructura presentará un tamaño de grano proporcional a aquel que tuvo a la mayor temperatura de calentamiento. Dado que las propiedades mecánicas del metal están influenciadas por el tamaño de grano de su microestructura, éstas pueden ser perjudicadas por calentamiento excesivos del metal, como es el caso de la soldadura (Fosca, 2006).

Diagrama Hierro – Carbono

El diagrama Fe-C , el cual se muestra en la figura 08, permite obtener cuales son y en qué proporción se distribuyen las fases y constituyentes presentes en la microestructura de una aleación determinada. Para usar esta información de manera adecuada en la práctica, las aleaciones deben haber sido enfriadas lentamente, de modo que en todos los procesos metalúrgicos se alcancen condiciones de equilibrio termodinámico. La difusión es la migración de átomos de un sitio de la red cristalina a otro, la cual está fuertemente influenciada por la temperatura, cuanto mayor es la temperatura del acero, mayor será la velocidad de difusión de los átomos que se produzcan en su interior. La difusión en estado sólido cumple un papel muy importante en casi todas las transformaciones microestructurales y en todos los procesos de transformación de materiales. Los defectos que se referencian como agujeros o espacios libres reciben el nombre de vacancias y siempre están presentes en los metales y aleaciones (Fosca, 2006).

Figura 2.4: Diagrama Hierro – Carbono



Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Diagrama_hierro-carbono

Transformaciones en estado de equilibrio

Fosca (2006), indica que los estados de equilibrio se alcanzan durante un enfriamiento muy lento (dentro del horno) en la cual aparecen sucesivamente diferentes microconstituyentes como: Ferrita delta, Austenita, Ferrita, Cementita, y Perlita los cuales se describen a continuación:

- Ferrita delta (δ), aparece a temperaturas superiores a 1495°C, cuando se inicia la solidificación de los aceros con carbono inferior a 0.5% y por encima coexiste en equilibrio con la fase líquida. La solubilidad de este hierro en el carbono es muy escasa, alcanzando un máximo de 0.1% a 1495°C (Fosca, 2006).

- Austenita (γ), la solubilidad del hierro y por el carbono alcanza a 1154°C un valor máximo del 2%. La austenita es la solución sólido Fe – C de mayor densidad. Su conductividad eléctrica es aproximadamente una décima parte de la conductividad de la ferrita y no es magnética. La austenita puede existir en el acero hasta una temperatura de 723°C. Por debajo de esta temperatura, es inestable y se transforma en ferrita y cementita (Fosca, 2006).
- Ferrita (α), la capacidad para disolver carbono en su estructura es muy inferior que la de la austenita, pudiendo disolver solo hasta 0.025%C a una temperatura de 723°C. Comparado con las propiedades mecánicas de la austenita, podemos la ferrita es el constituyente más blando del acero. Es estable en el acero hasta una temperatura de 911°C, por encima de ella, se transforma en austenita. Está presente en la microestructura como una fase libre en el acero hasta 0.8%C. Para mayores contenidos de carbono, la ferrita se encuentra formando un constituyente conocido como perlita, que agrupa láminas de ferrita y cementita (Fosca, 2006).
- Cementita, es un compuesto químico constituido por hierro y carbono de fórmula Fe_3C y con contenido en C igual a 6.67%. La cementita es el constituyente más duro del acero. La cementita a diferencia de la ferrita y austenita, es una fase que nunca está sola en el acero, sino que está acompañada de ferrita o austenita en la microestructura (Fosca, 2006).
- Perlita, no es una fase como la ferrita, austenita o la cementita; sino un agregado de dos fases ferrita y cementita las cuales forman láminas una a continuación de la otra, cuyas proporciones en pesos son respectivamente 88% y 12%. La microestructura de un acero de 0.8%C será 100% perlita. Dependiendo de la distancia media entre sus láminas se pueden clasificar en perlita gruesa, media y fina. Las estructuras perlíticas finas poseen mejores propiedades mecánicas que aquellas denominadas gruesas. Tiene una resistencia mecánica superior que la ferrita y austenita, pero es más frágil (Fosca, 2006).

Fosca (2006), indica que los aceros se clasifican de acuerdo a su contenido de carbono, en aceros hipoeutectoides ($<0.8\%C$), eutectoides ($0.8\%C$) e hipereutectoides ($>0.8\%C$). A continuación, se describen cada tipo:

- Los aceros hipoeutectoides con $0.3\%C < 0.45$ suelen emplearse para la fabricación de elementos mecánicos (tratables térmicamente). Los aceros con $\%C < 0.2$, suelen tener aplicación estructural y también algunos de ellos (especialmente aleados) se emplean en la fabricación de elementos de máquinas sometidos a tratamientos termoquímicos de carburización (cementación). Los aceros $\%C > 0.5$ pueden emplearse en la fabricación de muelles y resortes tratados térmicamente (Fosca, 2006).
- Los aceros eutectoides se usan en la fabricación de herramientas de corte, muelles y resortes o calibres de medición. Pueden adquirir una elevada dureza después de someterse al tratamiento de templado (Fosca, 2006).
- Los aceros hipereutectoides por su elevado $\%C$ son empleados para la fabricación de herramientas, también para fabricar rodamientos y patrones de calibración e instrumentos de medición (Fosca, 2006).

El calentamiento, mantenimiento a la temperatura de austenización y enfriamiento posterior muy lento (estado de equilibrio o proceso reversible) recibe el nombre de tratamiento térmico de recocido (Fosca, 2006).

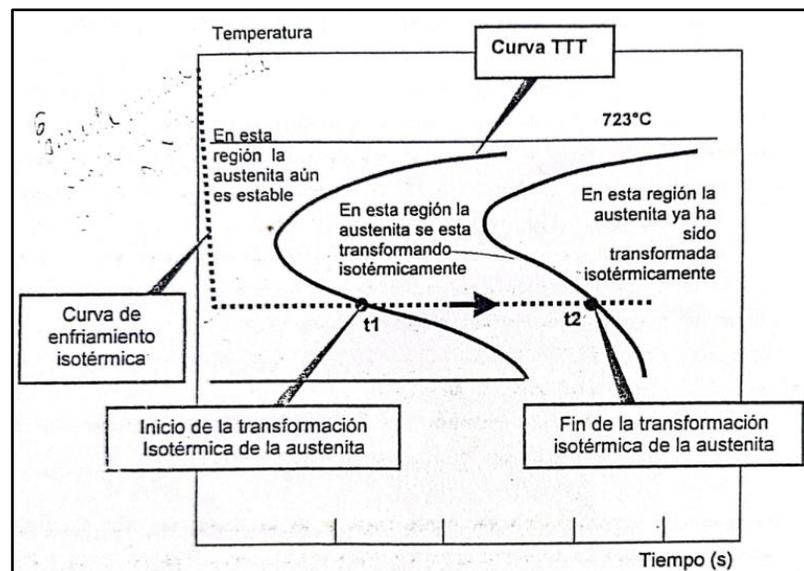
Transformaciones fuera del estado de equilibrio

Las transformaciones donde el enfriamiento es rápido (por ejemplo, enfriándolo con aire, aceite o agua) la microestructura obtenida puede variar mucho con respecto a la que se esperaría de acuerdo al diagrama Fe – C. En estas condiciones, se dice que el acero ha sufrido transformaciones fuera del equilibrio o proceso irreversible. Cuando el acero, en vez de ser enfriado en el horno, es enfriado en el aire, recibe el nombre de tratamiento térmico de normalizado (Fosca, 2006).

De acuerdo a Fosca (2006), las estructuras que se obtienen de las transformaciones fuera del equilibrio son: Bainita y Martensita. Se desarrollan a continuación:

- La Bainita, tiene una morfología acicular donde las agujas están constituidas por ferrita con carburos dispersos. Tiene mayor dureza que la perlita, pero mucho más tenaz. No es posible conseguir 100% de bainita en un acero mediante un enfriamiento continuo, este debe ser un enfriamiento isotérmico. Provee al acero elevados valores de dureza y tenacidad (Fosca, 2006).
 - La Martensita es producto de una velocidad de enfriamiento mayor que la bainita, también de morfología acicular. Es el constituyente más duro de los aceros después de la cementita. Su dureza depende del contenido de carbono y casi no se afecta por los elementos de aleación. A mayor sobresaturación de carbono, mayor dureza de la martensita (Fosca, 2006).
- Los diagramas TTT (temperatura, tiempo, transformación) resumen las posibles transformaciones de la austenita para cada acero, imprescindibles tanto para el diseño de tratamientos térmicos como para la interpretación de las microestructuras resultantes después de los mismos (Fosca, 2006).

Figura 2.5: Diagrama TTT de un acero eutectoide (0.8%C)



Fuente: Fosca, 2006

Fosca (2006), señala que se pueden advertir 3 regiones (ver figura 10) en función de los constituyentes microestructurales que se forman de la transformación de la austenita: Zonas de perlita, bainita y martensita. Descritas a continuación:

a) Zona de formación de la perlita (de A_1 a 550°C)

A medida que la temperatura baja (ligeramente inferior a A_1 o 723°C), la transformación se inicia antes y dura menos. Se debe porque cuanto menor es la temperatura a que se lleva la austenita, más alejada se encuentra ésta de las condiciones de equilibrio y más fuerte es su tendencia a transformarse. Mientras descienda más la temperatura, la velocidad de difusión decrece, haciéndola más lenta. A temperatura próximas a A_1 , la austenita se transforma en perlita gruesa y, por tanto, muy blanda. Conforme desciende la temperatura de transformación isotérmica, la austenita se va transformando en perlita menos gruesas (medias) hasta llegar a finas (Fosca, 2006).

b) Zona de formación de bainita (de 550°C a 230°C)

A temperaturas de transformación entre los 550°C y los 230°C , aparecen una serie de estructuras que varían de una manera continua compuestas todas ellas por agregados muy finos de carburos y ferrita a la que se denomina bainita. A temperatura del orden de los 500°C – 450°C , la bainita presenta un aspecto que recuerda el de las plumas de ave, en tanto que aquella que es formada entre los 400°C y 250°C muestran una estructura acicular que se distingue difícilmente de la martensita. La primera suele denominarse bainita superior y la segunda bainita inferior. Para conseguir una estructura completamente bainítica, se debe efectuar necesariamente un tratamiento isotérmico que corte totalmente la curva TTT a una temperatura comprendida entre 300°C y 500°C . En estas condiciones la microestructura del acero a temperatura ambiente será 100% bainita (Fosca, 2006).

c) Zona de formación de martensita (temperatura debajo de M_s)

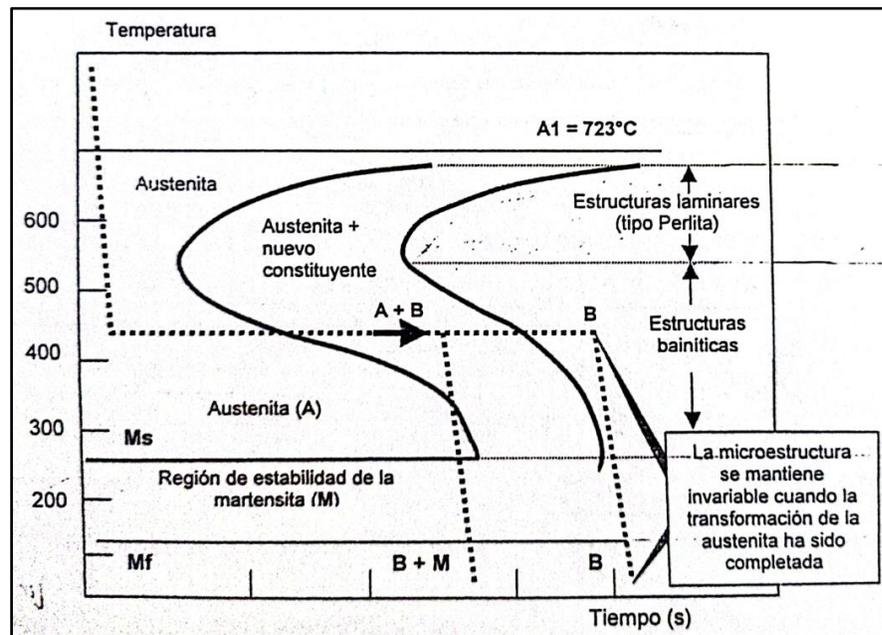
Si la austenita se enfría bruscamente desde una temperatura mayor a 723°C hasta una temperatura inferior a 230°C , se transformará en un nuevo constituyente que llamamos martensita. La transformación es instantánea y

no progresa. El porcentaje de austenita, que a cada temperatura por debajo de M_s se transforma en martensita, depende exclusivamente de esa temperatura y no del tiempo de permanencia. Si enfriamos la austenita, por ejemplo, a 180°C , se transformará una cierta proporción de ella en martensita y si se mantiene el acero a esa temperatura, la formación de martensita no proseguirá, a menos que la temperatura siga descendiendo (Fosca, 2006).

Templar un acero significa calentarlo hasta una temperatura adecuada el tiempo suficiente y luego enfriarlo lo suficientemente rápido para conseguir una estructura martensítica (Fosca, 2006).

Un acero templado (100% martensita) no tiene ninguna aplicación práctica, pues es tan frágil que no soportaría golpes o cargas de impacto. Para poder utilizarlo, se debe calentar posteriormente el acero templado favoreciendo la transformación de la martensita en estructuras menos duras (más tenaces). Este tratamiento se denomina revenido (Fosca, 2006).

Figura 2.6: Fases un acero eutectoide ($0.8\%C$)



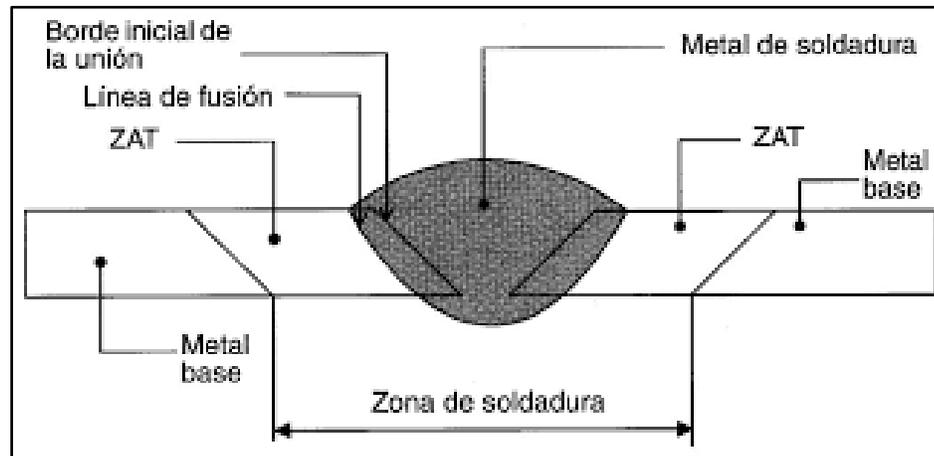
Fuente: Fosca, 2006

Zonas de la unión soldada

Hernández (2007), indica que en un proceso de soldeo por fusión se pueden distinguir 3 zonas claras: Metal de soldadura, Zona afectada térmicamente y Metal base. Las cuales son observadas en la figura 11 y descritas a continuación:

- Metal de soldadura, es el cordón de soldadura, la zona formada por el metal base y el metal de aportación que han sido fundidos (Hernández, 2007).
- Zona afectada térmicamente (ZAT), es la zona adyacente a la soldadura que se calienta en gran medida y se ve afectada por el calor, pero que no se funde. Esta zona sufre cambios metalúrgicos y cambios en las características mecánicas, pudiendo ser muy propensa a desarrollar grietas o condiciones desfavorables. En general es deseable una ZAT estrecha (Hernández, 2007).
- Metal base, es la zona que no ha sufrido ninguna transformación en el proceso de soldeo (Hernández, 2007).

Figura 2.7: Zonas de la Unión soldada



Fuente: Hernández, 2007

Soldabilidad

Hernández (2007), describe la soldabilidad como el grado con el cual a través de procesos de soldadura y aplicación determinada y mediante una técnica adecuada se consiga la continuidad de la soldadura cumpliendo los requisitos de propiedades físicas y desempeño en la construcción.

Carbono Equivalente (C.E.)

Una alternativa para calcular la soldabilidad de los aceros es por medio del cálculo de la dureza de las soldaduras en la zona afectada térmicamente (ZAT). En soldaduras, valores elevados de dureza representan potenciales problemas como fisuración en frío, comportamiento frágil de uniones soldadas, corrosión bajo tensión, fragilidad por hidrógeno, y otros. El %C determina la dureza máxima de un acero. La máxima dureza real bajo el cordón depende también de su templabilidad bajo los ciclos térmicos durante la soldadura, un acero de buena templabilidad es un acero difícilmente soldable. Como el carbono es el elemento que más influye en la templabilidad y en la dureza final de un acero, se ha considerado conveniente denominar Carbono Equivalente al índice que permite correlacionar la composición química de un acero con su tendencia a presentar estructuras frágiles cuando éste es sometido a un proceso de soldadura (Fosca, 2006).

Fosca (2006), presenta algunas fórmulas para el cálculo del Carbono Equivalente:

a) Fórmula del IIWW (Instituto Internacional de Soldadura)

Puede utilizarse para aceros con contenido de carbono superior al 0.18% o en unas condiciones de soldeo que requieran un enfriamiento lento.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

b) Fórmula del tipo PCM (Parámetro de Composición)

Empleado por el estándar AWS D1.1 para el cálculo de la temperatura mínima de precalentamiento.

$$PCM = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

c) El tipo CE_{MW}

Para aceros que tengan una proporción de carbono inferior a 0.22%C y en el caso de un enfriamiento rápido.

$$CE_{MW} = C + \frac{Si}{25} + \frac{Mn + Cu}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10}$$

Fosca (2006), señala que el acero tiene buena soldabilidad si el CE < 0.2-0.3, y con riesgo de fisuración en frío en la ZAC si CE > 0.4. También indica que el C.E. es un criterio importante para evaluar la soldabilidad de un acero, pero no es el único. Es importante considerar el efecto del espesor a soldar, así como el tipo de junta, grado de restricción y el proceso a emplear. Todos estos factores deben ser analizados para establecer el mejor procedimiento para ejecutar una soldadura.

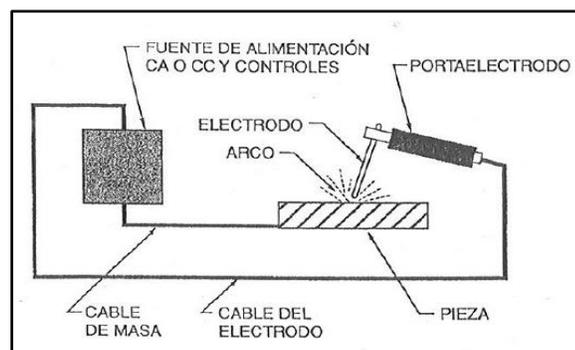
Procesos de Soldadura

Existe una gran cantidad de procesos de soldadura los cuales son seleccionados en un Proyecto en función al material que se va a soldar, espesor, posición de soldadura, tiempo, etc. Describiremos los más importantes:

Soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW)

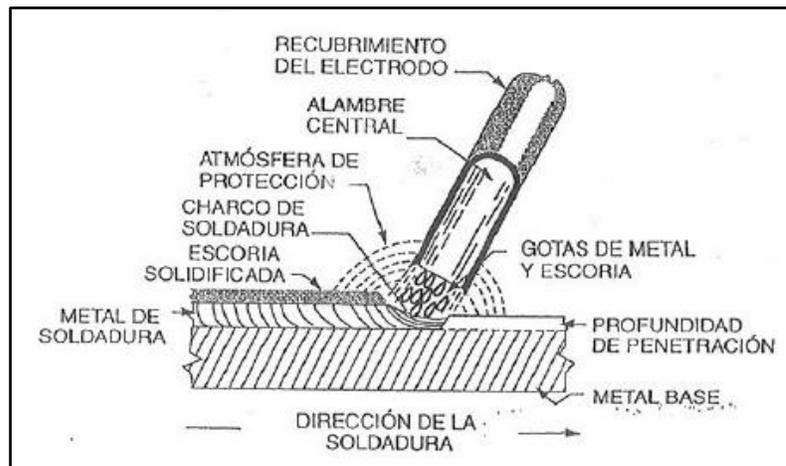
La soldadura SMAW utiliza el calor de un arco eléctrico entre un electrodo de metal revestido y la pieza. La protección proviene de la descomposición del revestimiento del fundente del electrodo. El metal de aporte es suministrado por el núcleo de alambre del electrodo y el recubrimiento. El equipo básico está compuesto por una máquina de soldar (que aloja la fuente de alimentación), cable para el electrodo, cable de masa, un porta-electrodo, una pinza de masa y el electrodo. El equipo SMAW es portátil y relativamente económico, aunque es relativamente lento (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.8: Circuito típico de soldadura SMAW



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.9: Soldadura SMAW

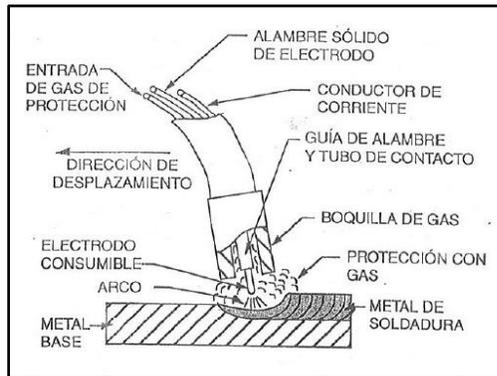


Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Soldadura por arco con electrodo metálico protegido con gas (GMAW)

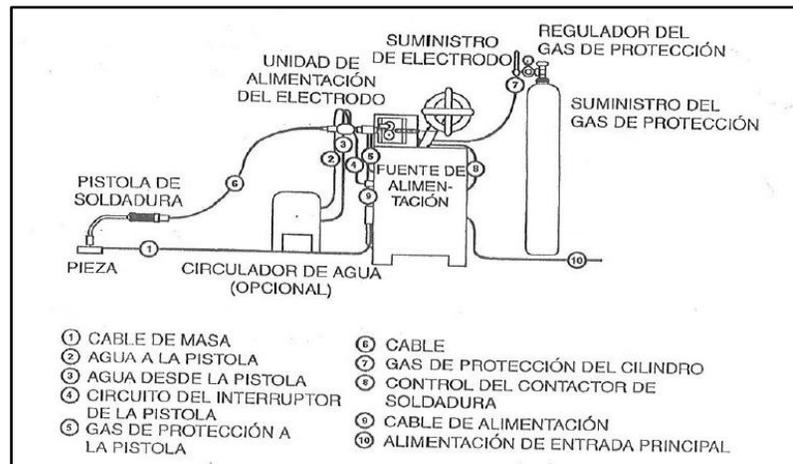
Utiliza el calor de un arco eléctrico entre un electrodo continuo de alambre de metal de aporte desnudo y la pieza. La protección se obtiene de un gas inerte suministrado externamente, como argón o helio, un gas activo como CO_2 u O_2 , o alguna mezcla de ellos. Puede ser semiautomático, mecanizado, automático o automatizado. En el modo semiautomático, el soldador controla la inclinación y la distancia de la antorcha de soldadura a la pieza, también la velocidad de desplazamiento y la manipulación del arco. La longitud del arco y la alimentación del alambre son controlados por la máquina de soldar y el controlador del alimentador de alambre. Los modos de deposición son: Transferencia por rociado, transferencia globular, transferencia por cortocircuito y arco pulsado. Es un proceso limpio de alta eficiencia que mejora la productividad del operario, adecuado en ambientes donde el fundente pudiese contaminarse con hidrógeno. Requiere equipos más complejos que la soldadura SMAW y es propenso a los perjuicios de ambientes con exceso de aire y viento (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.10: Soldadura GMAW



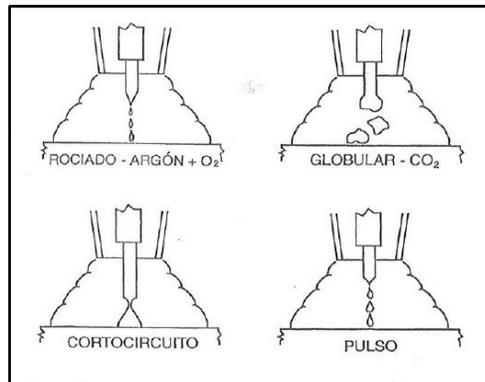
Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.11: Circuito típico de soldadura GMAW



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.12: Tipos de transferencia de metal - GMAW

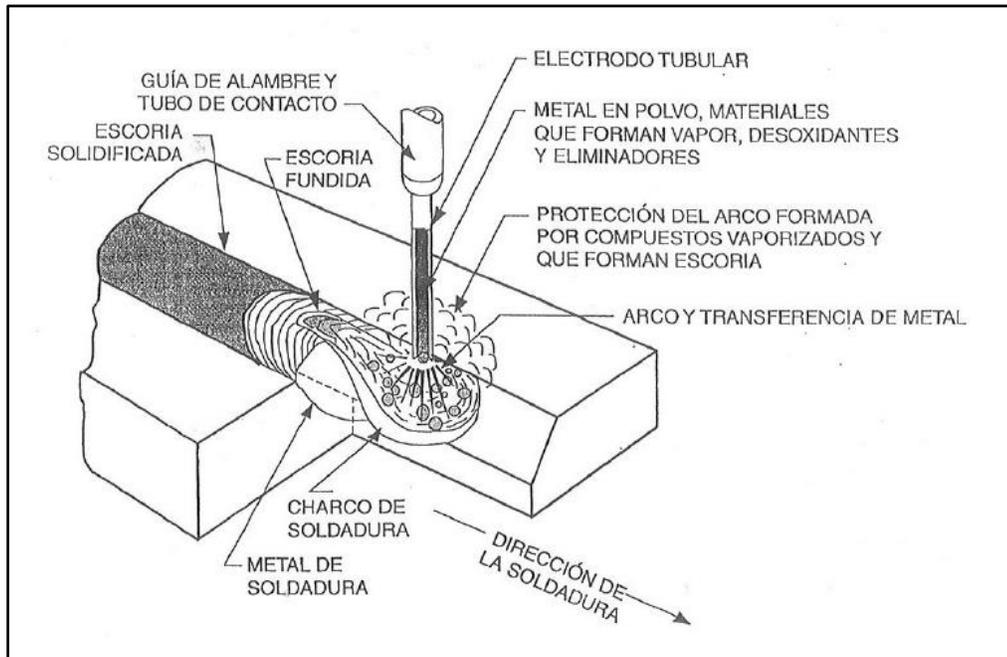


Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW)

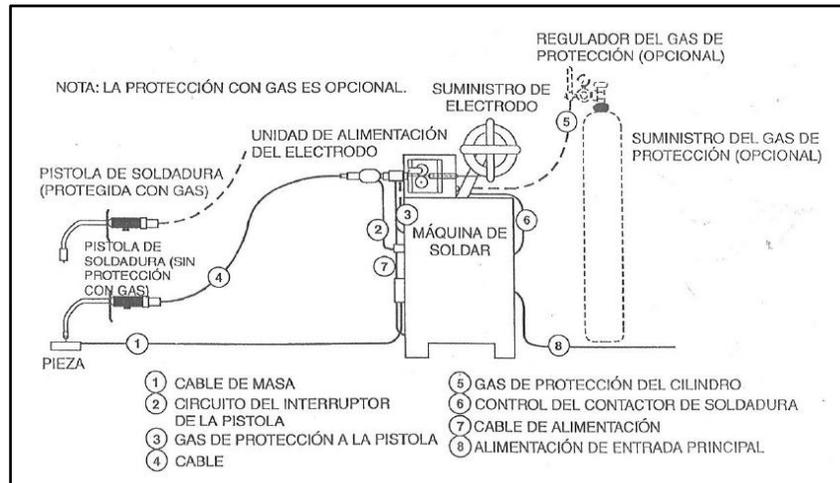
Utiliza el calor de un arco entre un electrodo metálico de aporte continuo y la pieza, lo cual es similar al proceso GMAW, excepto que en el FCAW el electrodo es tubular y contiene un fundente granulado en lugar del alambre sólido. La protección se logra, en su totalidad o en parte, por el fundente contenido en el electrodo tubular. Los electrodos auto protegidos no necesitan gas de protección externo, mientras que otros electrodos con núcleo de fundente requieren, además, un gas de protección externo (comúnmente dióxido de carbono o una mezcla argón / dióxido de carbono) suministrado a través de la antorcha de soldadura. Este proceso se caracteriza por un arco agresivo, que penetra profundamente y que reduce la posibilidad de discontinuidades relacionadas con la fusión. Además, puede utilizarse en todas las posiciones. El fundente forma una capa de escoria que debe eliminarse. El fundente genera humo, que reduce la visibilidad del soldador y dificulta la observación de la soldadura (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.13: Soldadura FCAW



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.14: Circuito típico de soldadura FCAW



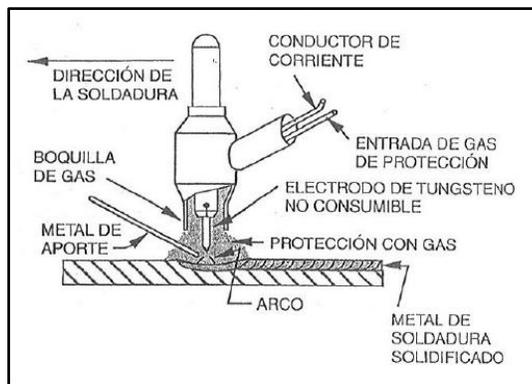
Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida con gas (GTAW)

Utiliza un arco eléctrico entre un electrodo no consumible y la pieza. La protección se logra mediante un gas inerte o una mezcla de gases inertes. El metal de aporte se puede agregar según sea necesario. Este tipo de soldadura se puede realizar por métodos manuales, mecanizados o automáticos. Cuando se agrega metal de aporte, el proceso requiere de una técnica a dos manos, como en la soldadura oxiacetilénica. La alimentación con alambre frío y alambre caliente son versiones automatizadas de esa técnica. La combinación entre calentamiento lento y bajas temperaturas con las bajas tasas de enfriamiento son características del proceso GTAW que mejoran las propiedades mecánicas del metal de soldadura y de la zona afecta por el calor (ZAC). La fusión es básicamente lenta, lo cual permite que la mayor parte de los gases generados puedan escapar del charco de soldadura antes de que se solidifique. Aunque el electrodo se denomina no consumible, se contamina por contacto con el charco de soldadura o el metal de aporte y obliga a limpiarlo periódicamente mediante esmerilado, lo cual produce su desgaste. En las aplicaciones mecanizadas, el alambre de aporte se puede agregar de forma manual o mediante el uso de un alimentador de alambre. La clasificación de los alambres de aportes para el proceso GTAW es la misma que para el proceso GMAW. El

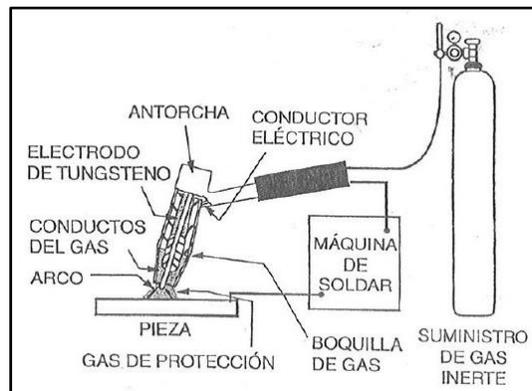
proceso GTAW puede soldar prácticamente todos los metales, incluso aquellos extremadamente delgados. La principal ventaja de este proceso consiste en que puede producir soldadura de alta calidad con un excelente aspecto visual. Además, debido a que no utiliza fundente, el proceso es muy limpio y no hay escoria para eliminar después de la soldadura. La principal desventaja de este proceso es el nivel de habilidad requerido para producir soldaduras de alta calidad, el cual se adquiere únicamente después de mucha experiencia. Además, este proceso tiene baja tolerancia a la contaminación y, por ello, los metales base y de aporte deben estar perfectamente limpios antes de la soldadura, además de ser uno de los procesos más lentos (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.15: Soldadura GTAW



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.16: Circuito típico de soldadura GTAW



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Figura 2.17: Efecto del tipo de corriente en soldadura GTAW

Tipo de corriente	CC	CC	CA (equilibrada)
Polaridad del electrodo	Negativo	Positivo	
Flujo de electrones e ⁻ e iones			
Características de la penetración			
Acción limpiadora de óxido	No	Sí	Sí: Una vez cada medio ciclo
Balace térmico en el arco (aproximado)	70 % del lado de la pieza 30 % del lado del electrodo	30 % del lado de la pieza 70 % del lado del electrodo	50 % del lado de la pieza 50 % del lado del electrodo
Penetración	Profunda; estrecha	Poco profunda; ancha	Media
Capacidad del electrodo	Excelente (p. ej., 3,18 mm [1/8 pulg.] – 400 A)	Deficiente (p. ej., 6,35 mm [1/4 pulg.] – 120 A)	Buena (p. ej., 3,18 mm [1/8 pulg.] – 225 A)

Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Discontinuidades de soldadura

Esta sección se centra en la identificación de las discontinuidades generados en los diversos procesos sin considerar la evaluación para la aceptación o rechazo de la soldadura. Las discontinuidades pueden clasificarse por superficiales y subsuperficiales. Las superficiales son apreciables por la Inspección Visual (VT), mientras que las subsuperficiales se identifican con radiografía (RT) o ultrasonido (UT).

Porosidad

De acuerdo al AWS B1.11 (2015), se forman por gas atrapado durante la solidificación de la soldadura. Se origina por la contaminación de la superficie y una protección insuficiente. Pueden ser: Dispersa, agrupada, tubular, alineada, alargada. La porosidad dispersa se distribuye uniformemente, la porosidad agrupada tiene una distribución localizada, la porosidad tubular tiene una longitud mucho mayor que el ancho y es perpendicular a la cara de la soldadura, la porosidad alineada se encuentra orientada en una línea y la porosidad alargada tiene un largo mucho mayor que el ancho y se encuentra paralelo al eje axial de la soldadura.

Fusión incompleta

El AWS B1.11 (2015), lo describe como una soldadura en la que no ocurrió la fusión entre el metal base y el metal de soldadura o entre 2 capas / cordones de metal de soldadura. Es el resultado de una inadecuada técnica, preparación inadecuada del metal base, insuficiente aporte de calor de soldadura.

Penetración incompleta

Según AWS B1.11 (2015), es la condición en el que el metal de soldadura no atraviesa todo el espesor del metal base. Resulta de un insuficiente aporte de calor, inadecuado diseño de junta o inadecuado control lateral del arco de soldadura.

Socavado

AWS B1.11 (2015), indica que es una ranura derretida entre el metal base adyacente al pie de soldadura, o por el lado de la raíz de la soldadura entre el metal de soldadura y el metal base. Esta ranura crea un concentrador de esfuerzos. Es generalmente asociado a inadecuadas técnicas de soldadura o excesivo corriente.

Falta de relleno

De acuerdo a AWS B1.11 (2015), es una condición en la que la cara de soldadura o la cara de la raíz de una soldadura de ranura se extiende por debajo de la superficie del metal base. Resulta de una falla del soldador al no completar el relleno.

Solape

AWS B1.11 (2015), señala que es una capa no fundida de metal de soldadura más allá del pie de soldadura o la raíz de soldadura. La causa puede ser una insuficiente velocidad de avance o una inadecuada preparación del metal base.

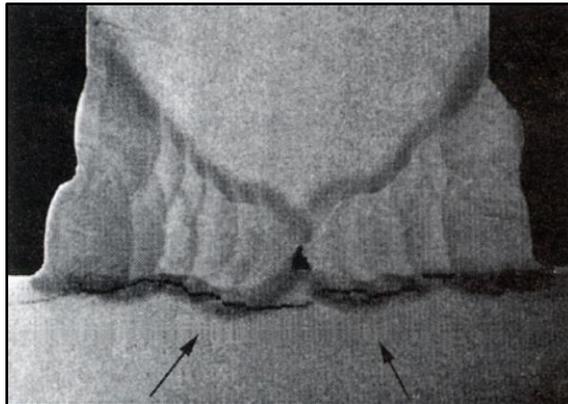
Laminación

AWS B1.11 (2015), lo define como una discontinuidad del metal base que genera una separación en el interior alineada paralelamente a la superficie de trabajo. Son formados por vacíos de gas, cavidades contraídas, inclusiones no metálicas en los lingotes originales. Expuesto a soldadura podría agravar su condición, incluso propagarse desde el metal base al metal de soldadura. Son detectados por Ultrasonido. Una delaminación es la separación de una laminación bajo esfuerzos.

Desgarro Laminar

Es una fractura tipo meseta en el metal base con orientación paralela a la superficie rolada. El desgarro laminar ocurre cuando hay tensiones altas en la dirección del espesor, o en la dirección Z, como resultado de las tensiones de contracción de la soldadura. El desgarro siempre yace adentro del metal base, generalmente afuera de la ZAC y generalmente en dirección paralela al borde de fusión. Está relacionada con la configuración de la junta. Por esto, aquellas configuraciones en las cuales las tensiones de contracción de la soldadura son aplicadas en dirección que tiende a empujar el material en la dirección Z, o a través de su espesor, van a ser susceptibles a el desgarro laminar. Otros factores que afectan la susceptibilidad del material al desgarro laminar son el espesor y el grado de contaminantes presentes. A mayor espesor del material y alto contenido de inclusiones, mayor probabilidad de desgarramiento laminar (Welding Inspection Technology, AWS, 2008).

Figura 2.18: Desgarro Laminar



Fuente: AWS, Welding Inspection Technology, 2008

Costuras (Seams y Laps)

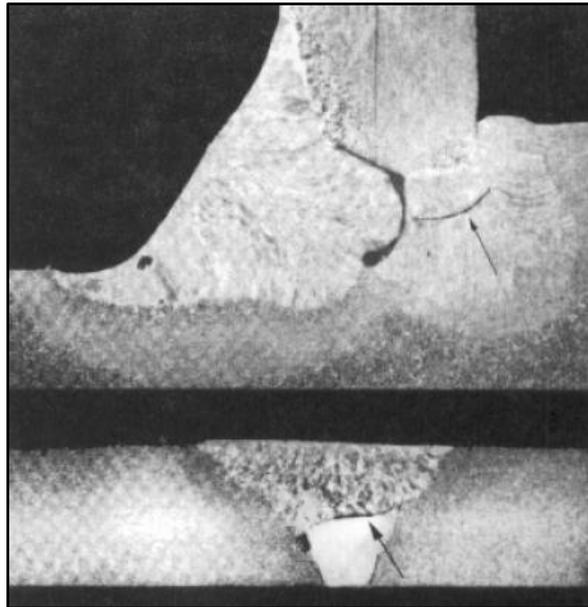
AWS B1.11 (2015), los define como discontinuidades en el metal base y pueden encontrarse en productos rolados y forjados. Se diferencia de las laminaciones ya que aparecen en la superficie de trabajo del producto. La criticidad depende de la orientación, tamaño y aplicación de la soldadura.

Grietas

De acuerdo a AWS B1.11 (2015), son fracturas caracterizadas por ser afiladas, radio alto de largo y/o ancho en relación al espesor. Pueden ocurrir en el metal de soldadura, Zona afectada térmicamente o el metal base. Grietas a menudo inicia de una concentración de esfuerzos debido por otras discontinuidades o muescas, esfuerzos residuales o esfuerzos por servicio inducido. Cuando la grieta es paralela al eje axial es llamada grieta longitudinal, y su presencia en pequeñas soldaduras en medio secciones pesadas es a menudo resultado de altos radios de enfriamientos y altas restricciones. Grietas longitudinales en la zona afectada por el calor es usualmente consecuencia de hidrógeno difusible. Grietas transversales son perpendiculares al eje axial de la soldadura y pueden estar dentro del metal de soldadura o propagarse a la zona afectada térmicamente o hasta el metal base. Pueden ser el resultado de esfuerzos residuales longitudinales que actúa en el metal de soldadura con baja ductilidad o relacionado a hidrógeno difusible y grietas

retardadas. Las grietas en caliente ocurren en un metal durante la solidificación o a elevadas temperaturas. Grietas en caliente pueden ocurrir en la zona afectada térmicamente y en el metal de soldadura y son el resultado de insuficiente ductilidad a elevadas temperaturas. Grietas en caliente se propagan en medio de granos en el metal de soldadura o en la interface de soldadura. Grietas en frío ocurren en temperaturas cercanas a la ambiental. Grietas en frío puede ocurrir en el metal base, zona afectada térmicamente y el metal de soldadura. Pueden ser el resultado de inadecuado prácticas de soldadura o condiciones de servicio. Se propagan en medio de los granos y a través de los granos. Las grietas de garganta son del tipo longitudinal y que están orientadas a lo largo de la garganta de soldadura de filete. Las grietas de garganta son generalmente grietas en caliente. Las grietas de cara ocurren en la cara de la soldadura y pueden ser longitudinal o transversal. Grietas de raíz son longitudinales y ocurren en la raíz de la soldadura o en la cara de la raíz. Las grietas de cara y de raíz pueden ser del tipo caliente o frío. Las grietas de cráter ocurren en el cráter de una soldadura cuando la soldadura es inadecuadamente terminada. Las grietas de cráter son usualmente forman una red tipo estrella. Las grietas en el pie son generalmente grietas en frío. Inician y se propagan del pie de soldadura donde se desarrollan los esfuerzos de contracción. Las grietas en el pie son el resultado de esfuerzos térmicos de contracción actuando en la zona afectada térmicamente. Las grietas bajo cordón o grietas retardadas se presentan generalmente en aceros al carbono y aceros de baja aleación debido a la presencia de hidrogeno difusible. Este tipo de grieta puede ocurrir después de completar la soldadura, un tiempo de espera puede ser requerido antes de la examinación. El hidrógeno difusible puede ser introducido al charco de soldadura por la humedad del flujo de protección, grasas y otros contaminantes en el metal base y son improbablemente detectados por la inspección visual (AWS B1.11, 2015).

Figura 2.19: Grieta bajo cordón



Fuente: AWS, Welding Inspection Technology, 2008

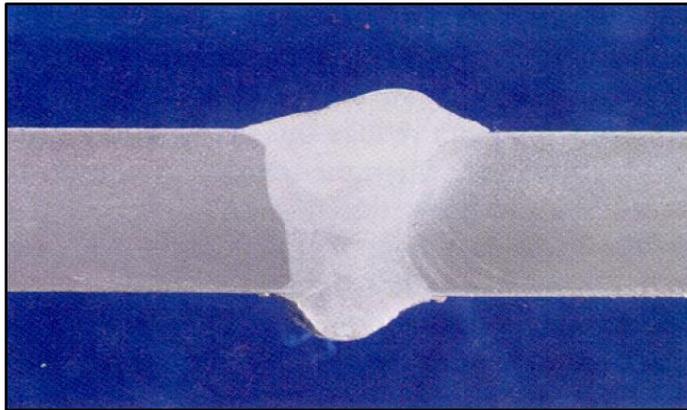
Inclusiones de escoria

AWB B1.11 (2015), los define como productos no metálicos resultado de la disolución mutua del fundente e impurezas no metálicas durante la soldadura. Pueden ser encontradas en soldaduras por arco que emplee fundentes como medio de protección y son producto de técnicas de soldadura inapropiadas, falta de acceso adecuad o limpieza inapropiada de la soldadura entre pasadas.

Refuerzo excesivo de soldadura

De acuerdo a AWS B1.11 (2015), en soldaduras de ranura el refuerzo de soldadura es metal de soldadura en exceso de la cantidad requerida para llenar la junta. Puede estar localizado en la cara de la soldadura o en la superficie de la raíz de la soldadura, y son llamadas refuerzo de cara y refuerzo de raíz, respectivamente. Crea altas concentraciones de esfuerzo en los pies de la soldadura, es resultado de inadecuadas técnicas de soldadura o insuficiente corriente de soldadura.

Figura 2.20: Refuerzo excesivo de soldadura



Fuente: AWS, Welding Inspection Technology, 2008

Convexidad y concavidad

Según AWS B1.11 (2015), la concavidad es la distancia máxima de la cara de la soldadura cóncava a una línea que une los dos pies de soldadura. El tamaño de un filete de soldadura cóncavo se relaciona con la dimensión de la garganta. El tamaño de la pierna será mayor que el tamaño real de la soldadura. Convexidad es la distancia máxima de la cara de filete de soldadura convexo perpendicular una línea que une los pies de soldadura. La convexidad excesiva puede presentar concentraciones de esfuerzo indeseables en los pies de la soldadura.

Golpe de arco

AWS B1.11 (2015), lo define como una discontinuidad que consiste en cualquier metal refundido localizado, metal afectado por el calor, o cambio en la superficie del perfil de cualquier parte de la soldadura o metal base que resulta de un arco. Resultan cuando el arco se inicia en la superficie del metal base lejos de la junta de soldadura, ya sea intencional o accidental. Cuando esto ocurre, hay un área localizada de la superficie del metal base que es fundida y después rápidamente enfriada debido al disipador de calor masivo creado por el metal base circundante. Los golpes de arco son indeseables e inaceptables, ya que pueden contener grietas.

Salpicaduras

AWS B1.11 (2015), señala que las salpicaduras son partículas de metal expulsadas durante la fusión que no forma parte de la soldadura. Puede ser un indicador de que el proceso de soldadura esta fuera de control. Salpicadura excesiva es asociado con excesivos amperajes, excesiva longitud de arco e incorrecta polaridad.

Burn through

AWS B1.11 (2015), indica que ocurre cuando la soldadura penetra lo suficientemente profundo como para derretir accidentalmente el espesor del metal base. Aparece un orificio pasante en la soldadura terminada. Es causado usualmente por altos amperajes, inadecuado longitudes de arco, una lenta velocidad de avance, otros.

Figura 2.21: Burn Through



Fuente: <https://weldguru.com/welding-burn>

Oxidación superficial

AWS B1.11 (2015), precisa que la oxidación superficial de aceros inoxidables y aleaciones de níquel ocurren cuando estas aleaciones se exponen a la atmosfera cuando están alrededor de 540°C conocido como azucarado cuando se intensifica. Cuando el titanio y zirconio se exponen a la atmosfera a alta temperatura, estos

desarrollan decoloración de amarillo pálido a azul a negro. Cualquier decoloración más oscura que el amarillento ligero indica contaminación extrema del metal base. Estas condiciones pueden ser evitadas manteniendo estos metales protegidos por un gas inerte cuando sean calentados arriba de 430°C. En tubería, esto es llamado purga.

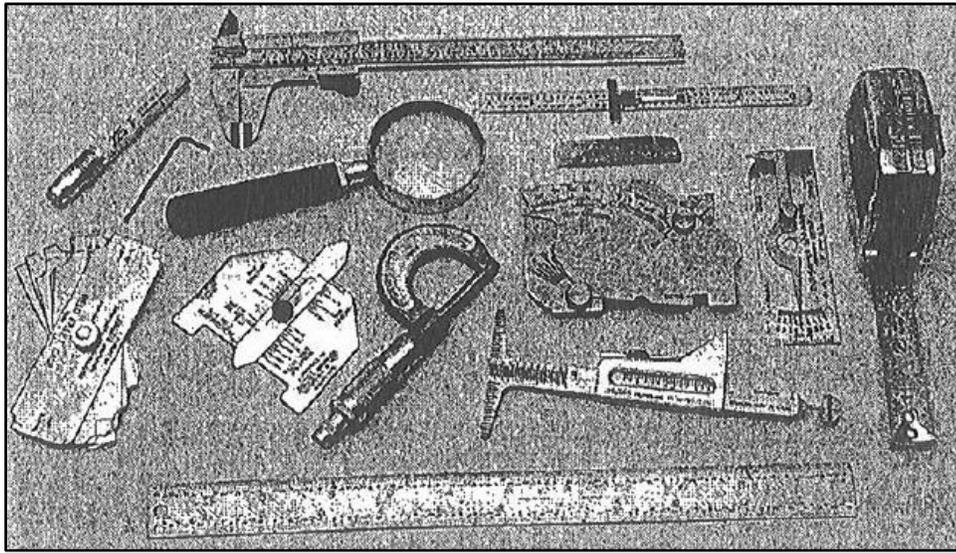
Ensayos no destructivos

El control de calidad de soldadura implica identificar y medir las discontinuidades descritas en el subcapítulo anterior y contrastarla con los criterios de aceptación de los estándares aplicables (ASME, AWS, API, etc.) En este subcapítulo nos centraremos en los Ensayos No Destructivos más ampliamente difundidos en la Industria:

Inspección Visual (VT)

Está limitado a la detección de discontinuidades superficiales. El examen visual aplicado a conciencia antes, durante y después de la soldadura puede evitar la aparición de la gran mayoría de discontinuidades que serían detectadas posteriormente por otros métodos. Podría evitar discontinuidades antes de culminar la soldadura. Se requiere conocimiento de normas, procesos de soldadura, buenas prácticas, entre otros. Las tareas preliminares pueden incluir: Revisión de documentación, comprobar los WPS, establecer PPI, comprobar el estado de los equipos de soldadura, comprobar la calidad de los metales base y de aporte, verificar las juntas, entre otros. Durante la soldadura se debe: Comprobar si las variables de soldadura cumplen con el procedimiento de soldadura, comprobar la calidad de cada pasada de soldadura, comprobar la temperatura entre pasadas, revisar las superficies del ranurado del lado opuesto, entre otros. Una vez finalizada la soldadura, el inspector deberá: Revisar la apariencia de las soldaduras terminadas, comprobar el tamaño de las soldaduras, programar los ensayos no destructivos adicionales, supervisar el tratamiento térmico posterior a la soldadura, si fuese necesario (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.22: Herramientas de inspección visual



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Tintes Penetrantes (PT)

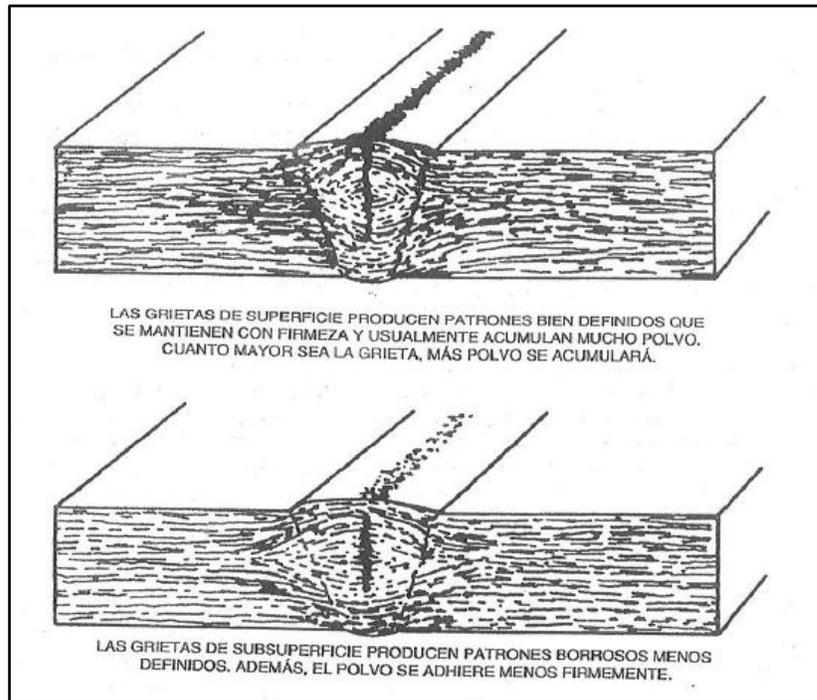
Es un método sensible utilizado para localizar discontinuidades, como grietas y porosidad, en materiales no porosos. Las discontinuidades deben estar limpias y abiertas a la superficie. Hay dos clasificaciones generales de tintes penetrantes; visibles y fluorescentes. Se diferencian en que el tinte visible se puede observar bajo la luz blanca normal, mientras que el de tipo fluorescente requiere una luz ultravioleta (o luz negra) para producir una indicación. Existen varios métodos para aplicar eficazmente los penetrantes, como inmersión, a pincel, inundación o pulverización. El examen de tintes penetrantes generalmente consta de cinco pasos que comprenden una limpieza previa de la superficie a examinar, la aplicación del penetrante que permanecerá durante un tiempo preestablecido, la eliminación del exceso de líquido penetrante de la superficie, la aplicación del revelador y la evaluación de todas las indicaciones de acuerdo con las normas aplicables. El procedimiento de tintes penetrantes es relativamente barato y rápido. El proceso es simple y además es relativamente sencillo capacitar a los operarios para que apliquen el método correctamente. La principal limitación de la inspección mediante líquidos penetrantes consiste en que las discontinuidades deben estar limpias y

abiertas a la superficie para ser detectadas. Algunas sustancias utilizadas como penetrantes pueden tener efectos nocivos en las soldaduras o en los metales base y pueden afectar negativamente la vida útil del conjunto soldado o la aplicación del producto. Si las grietas y las cavidades son grandes, pueden encontrarse rápidamente sin necesidad de un examen con tintes penetrantes, pero las grietas muy cerradas toman más tiempo para descubrir, pues absorben el penetrante lentamente y también responden lentamente al revelador (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Partículas Magnéticas (MT)

Se utiliza para localizar discontinuidades en la superficie o cerca de ella, en materiales ferromagnéticos. Consiste en establecer un campo magnético dentro del material y proceder a su examen con la ayuda de puntas de contacto, yugos o bobinas. El patrón de discontinuidades queda expuesto por la acumulación de las partículas de polvo de hierro aplicadas sobre la superficie, ya sea en forma de polvo seco o suspensión en un líquido. El material a seleccionar dependerá del tipo de superficie y del tipo de discontinuidad del que se sospecha. Se pueden detectar: Grietas superficiales, laminaciones, fusión incompleta (si está en la superficie o cerca de ella), socavación, grietas bajo la superficie (si ocurren lo suficientemente cerca de la superficie para causar una discontinuidad en el campo magnético). Revela discontinuidades no abiertas a la superficie o que están rellenas con alguna sustancia. Aplica solamente a materiales ferromagnéticos en los cuales el metal de soldadura depositado también es ferromagnético. Este método no se puede utilizar para examinar materiales no ferromagnéticos, como aluminio, magnesio o aceros inoxidables austeníticos (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.23: Inspección con partículas magnéticas



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Ensayo Radiográfico (RT)

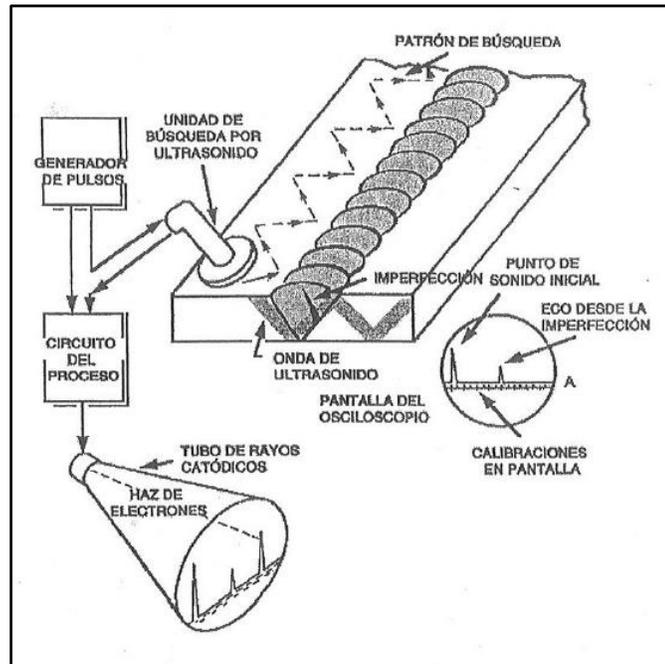
Es adecuado para todos los materiales. Sin embargo, la posibilidad de aplicar un ensayo radiográfico a la soldadura depende en gran medida de la ubicación de la junta de soldadura, de su configuración y del espesor del material. Los rayos X o gamma que utiliza la radiografía penetran a través de la pieza y producen una imagen en una película o una placa. La densidad del material en una discontinuidad (el aire en el caso de una grieta, fusión incompleta o porosidad) es menor que la del metal sólido. Esta diferencia en la densidad de los materiales atenúa la radiación con niveles diferentes y, en consecuencia, produce diferencias de densidad óptica en la película o placa. La densidad puede afectarse por el propio material (por ejemplo, la mayor densidad del tungsteno en relación al acero evita que la radiación pase a través de él, lo cual resulta en una indicación de baja densidad en la película) o por el espesor de un material dado (cuanto más grueso es el material, más detiene la radiación y produce una imagen más clara sobre la película). La selección de la

fuelle de radiación para un espesor particular de soldadura es un factor crítico. Se puede detectar discontinuidades superficiales (socavación, penetración incompleta de la junta, refuerzo de soldadura excesivo, falta de llenado, etc.) y subsuperficiales que no pueden detectarse mediante inspección visual, partículas magnéticas o tintes penetrantes y que podrían no ser detectadas por métodos ultrasónicos. Las discontinuidades deben estar aproximadamente alineadas con el haz de radiación. Por lo general, esto no es un problema en el caso de discontinuidades como porosidad o escoria ya que usualmente su sección transversal es redonda y se alinean con el haz desde cualquier dirección. En cambio, las grietas, la fusión incompleta y la penetración incompleta de la junta deben estar alineadas con el haz para ser detectadas. La laminación y el desgarro laminar rara vez son detectadas con métodos radiográficos, debido a su orientación inherente con respecto a la radiación. Aunque la exposición excesiva a la radiación procedente de una máquina de rayos X o de un isótopo radioactivo no puede ser detectada por ninguno de los sentidos humanos, la radiación puede causar enfermedades y lesiones permanentes o fatales (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Ensayo Ultrasónico (UT)

Es aplicable a casi todos los materiales. Este método utiliza la transmisión de energía mecánica en forma de onda a frecuencias por encima de la gama audible. Las reflexiones de esta energía en las discontinuidades de los metales se detectan de una manera algo similar a la detección de las ondas de luz reflejadas en medios transparentes. El ensayo UT permite detectar discontinuidades de superficie y de subsuperficie. En los ensayos de pulso – eco, solo se necesita acceder a un solo lado de la pieza. El tamaño de las imperfecciones y la ubicación de su interfaz pueden ser determinados cuantitativamente. En algunos materiales las soldaduras son muy difíciles de examinar mediante ultrasonido. Por ejemplo, las soldaduras en las que se emplean materiales y procesos que producen granos de tamaño grande tienden a dispersar el haz de sonido (Certification manual for welding inspectors, AWS, 2000).

Figura 2.24: Inspección ultrasónica



Fuente: AWS, Certification manual for welding inspectors, 2000

Criterios de Aceptación de Soldadura

Los criterios de aceptación para los ensayos no destructivos de soldadura varían de acuerdo al estándar de construcción aplicable, dentro del alcance del presente informe de suficiencia profesional tenemos:

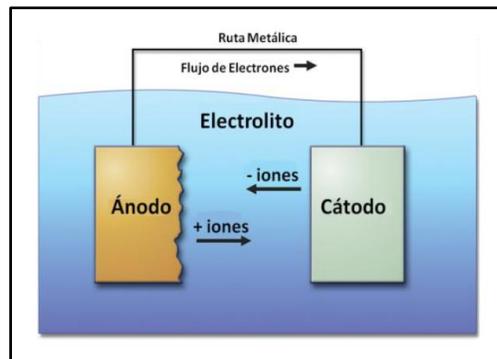
- Process Piping (ASME B31.3)
- Structural Welding Code – Steel (AWS D1.1)
- Asme boiler and Pressure Vessel Code (ASME VIII Div 1)
- Specification for welding of austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary applications (AWS D18.1)
- Specification for welding of Tanks, Vessels and other equipment in Sanitary applications (AWS D18.3).

Los criterios de aceptación para inspección visual y por tintes penetrantes se indican en los Procedimiento de Inspección Visual (Anexo 05) y Procedimiento de tintes penetrantes (Anexo 06) respectivamente.

Corrosión

Es el deterioro de una sustancia, generalmente un metal, o de sus propiedades debido a una reacción con su ambiente. El producto más común de la corrosión es un óxido de hierro (óxido férrico o “herrumbre”) formado al agregar oxígeno. El óxido de hierro tiene pocas características deseables para el uso como un material desarrollado. El óxido de hierro derivado del proceso de corrosión consume el metal. El volumen de metal (y su espesor) eventualmente se reduce a un punto donde un componente estructural hecho de acero no podrá realizar la función para la cual fue diseñado. Toda la corrosión del hierro, en condiciones ambientales normales, es un proceso electroquímico. Simplemente esto significa que los iones y los electrones se transfieren a través de una superficie, lo que implica una generación de corriente (corriente de corrosión). Tanto los electrones (a través de un conductor metálico) como los iones (a través de un electrolito) llevan la corriente de corrosión. Para que la corrosión puede ocurrir, ciertas condiciones y elementos son esenciales. Éstos se conocen colectivamente como la celda de corrosión e incluyen: Ánodo, cátodo, ruta metálica y electrolito (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.25: Celda de corrosión



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Ánodo

El ánodo es esa parte del metal que se corroe, es decir, que se disuelve en el electrolito. El metal que se disuelve en el electrolito, lo hace en la forma de iones

cargados positivamente (cationes). Los electrones generados se conducen al cátodo para participar en la reacción catódica. El deterioro del metal ocurre en el ánodo. Es la parte de la celda donde el hierro metálico se convierte en otra sustancia por primera vez. El ánodo representa la ubicación en la superficie metálica en donde ocurre la oxidación. El metal se transforma en iones positivamente cargados (cationes). Durante la oxidación, se genera exceso de electrones (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Cátodo

El cátodo es la región más noble en el electrodo donde se consumen los electrones. La reacción eléctrica continúa en el cátodo, que es positivo, lo opuesto del ánodo. La reacción generalmente ioniza al electrolito para formar iones como el hidrógeno (liberado como gas) e iones hidroxilos. Éstos se combinan a menudo con el metal disuelto para formar compuestos como el hidróxido ferroso (en el caso del hierro o el acero), reaccionando subsecuentemente para convertirse en óxido férrico o herrumbre. Mientras que la oxidación ocurre en el ánodo, la reducción ocurre en el cátodo. El exceso de electrones generados en el ánodo se consume en el cátodo. La oxidación-reducción siempre ocurre al mismo tiempo, no puede ocurrir sólo oxidación o reducción. El ánodo y el cátodo tienen diversos potenciales, creándose una diferencia de “voltaje” entre ellos. Los potenciales son una función de los estados químicos y físicos. La diferencia de potencial es la fuerza motora para el proceso de corrosión (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Ruta metálica

Conecta el ánodo y el cátodo y permite el paso de electrones, generados en el ánodo, hacia el cátodo. Cuando la corrosión ocurre en una superficie metálica, hay siempre una ruta o pasaje metálico que une el ánodo (o áreas anódicas) con el cátodo (o áreas catódicas). Si no hubiera ruta metálica alguna, la reacción de corrosión no ocurriría (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

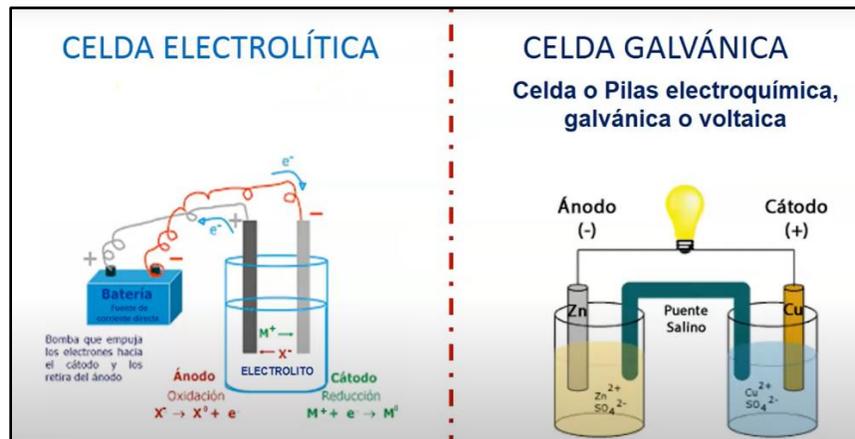
Electrolito

Es un medio que conduce la corriente iónica (en lugar de eléctrica). La mayoría de los electrolitos son base agua y, en la práctica, el electrolito contiene iones que son partículas de materia que llevan una carga positiva o negativa. Para que las oxidación y reducción pueden ocurrir, se requiere un camino para el transporte de los iones entre el ánodo y el cátodo. El electrolito debe estar presente para “cerrar el lazo” en la celda de corrosión. La corriente de corrosión es llevada mediante el transporte de iones a través del electrolito. Los aniones son atraídos al ánodo y los cationes al cátodo, donde se pueden combinar con los productos de oxidación y reducción. El agua ambiental costa afuera (y las sales químicas disueltas) forman el electrolito primario (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Chang y College (2002), indica que existe 2 tipos de procesos electroquímicos: Celdas electrolíticas y celdas galvánicas, las que se describen a continuación:

- a) Celdas electrolíticas (Chang y College, 2002).
 - Separan los iones de un electrolito.
 - Necesita una fuente de energía.
 - Conformado por 1 recipiente, 1 electrolito y 2 electrodos.
 - El ánodo corresponde al polo positivo y el cátodo al polo negativo.
 - No existe un puente, ya que existe solo 1 electrolito.
 - En el ánodo se genera la oxidación y en el cátodo la reducción.
- b) Celdas galvánicas o voltaica (Chang y College, 2002).
 - Los iones del ánodo se disuelven en el electrolito y los iones del cátodo participan en la reducción protegiendo al cátodo.
 - Produce energía como consecuencia de la reacción.
 - Conformado por 2 recipientes, 2 electrolitos y 2 electrodos.
 - El ánodo corresponde al polo negativo y el cátodo al polo positivo.
 - Existe un puente que comunica ambos electrolitos que generará la reacción REDOX.
 - Es un proceso instantáneo.
 - En el ánodo se genera la oxidación y en el cátodo la reducción.

Figura 2.26: Celdas electrolíticas y celdas galvánicas

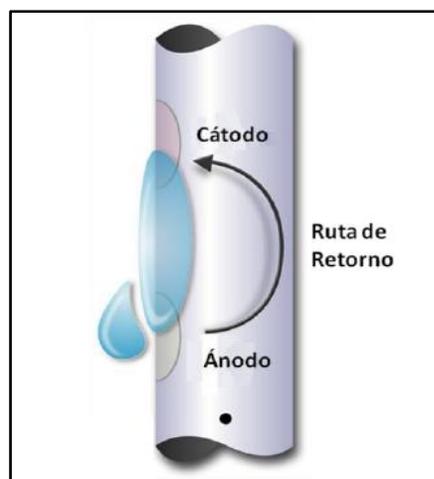


Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=QvecHrQs-f>

Cuando una estructura de acero se corroe, los cuatro elementos de la celda de corrosión están presentes. El acero conduce electricidad, proporcionando su propia ruta metálica, la cual genera áreas anódicas y catódicas debido a las diferencias de potenciales (eléctricas) y luego se corroe al estar en el contacto con un electrolito. Las sales químicas disueltas en el electrolito aumentan la eficacia (velocidad) de la reacción de corrosión. Ya que el acero no es un metal perfectamente uniforme u homogéneo, una sola placa de acero puede tener muchas áreas anódicas y catódicas minúsculas en su superficie, como se demuestra en Ánodos y Cátodos en la Superficie de Acero. Las áreas anódicas y catódicas se forman por áreas en la superficie de la lámina, y difieren (quizás sólo ligeramente) unas de otras en su potencial eléctrico. Por consiguiente, el acero ya tiene tres de los cuatro elementos necesarios para crear una celda de corrosión. Cuando una lámina de acero desnuda se moja con el rocío o la lluvia, el agua puede actuar como un electrolito. Si la lámina se ha expuesto a la atmósfera, es probable que los químicos en esta o en la superficie del metal se combinen con el agua para formar un electrolito más eficiente sobre el sustrato. Si los ánodos y cátodos permanecen en el mismo lugar por un periodo de tiempo, la corrosión es localizada y ocurre corrosión por picaduras. Cuando se forma una picadura, la celda de corrosión se localiza y se fija dentro de la misma, acelerando la velocidad de corrosión en este punto específico. El

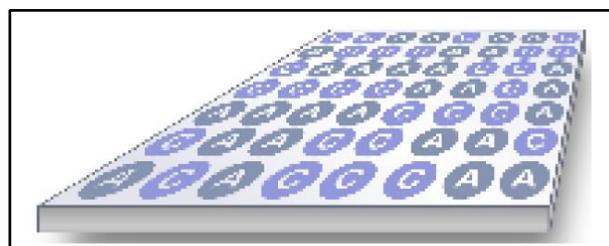
resultado es a menudo la perforación del metal en el área picada. La corrosión en una superficie de acero puede propiciarse por la presencia de la calamina. La calamina puede observarse en una superficie de hierro y acero nueva en forma de capas azul-negras de óxido ferroso, algunas de las cuales son más duras que el metal base. La calamina es eléctricamente positiva con relación al hierro o al acero, de modo que son catódicas con respecto al metal base. Una celda de corrosión se establece en presencia de humedad, y la calamina catódica promueve la corrosión en las áreas anódicas del acero desnudo. Por eso es importante remover la calamina de las superficies de acero antes de aplicar el recubrimiento. No deseamos promover la corrosión en la superficie, o cubrir las celdas de corrosión activas con una película de pintura (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.27: Ejemplo de una celda de corrosión



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Figura 2.28: Ánodos y cátodos en la superficie del acero



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Serie Galvánica

Es una lista de materiales ubicados según el orden de sus potenciales de corrosión, iniciando con el que se corroe más fácilmente o el más activo en la parte superior, y con el que se corroe con menor facilidad o el menos activo en la parte inferior. Cuando se conectan metales disímiles, el metal más activo (o anódico) se corroe más rápidamente, mientras el metal más noble (menos activo o catódico) tiende a protegerse y se corroe menos. Conforme la diferencia de potencial aumenta entre estos dos metales disímiles, aumenta la velocidad de corrosión galvánica (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.29: Serie galvánica



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Tipos de corrosión

Hay tres amplias clasificaciones de la corrosión:

a) Corrosión generalizada

Resulta en una pérdida de material uniforme sobre la superficie entera, disminuyendo el espesor de la superficie afectada. Es fácil de evaluar y no causa fallas catastróficas (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.30: Corrosión generalizada



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

b) Corrosión localizada

Ocurre en sitios definidos de la superficie metálica. Las áreas inmediatamente adyacentes a la corrosión localizada normalmente se corroen a un grado menor. La corrosión localizada ocurre a menudo en las áreas que son difíciles de evaluar. Esta forma de corrosión es menos común en ambientes de exposición atmosférica que en ambientes de inmersión o salpique/rocío, y donde algunos factores especiales están implicados, tales como la exposición prolongada al agua líquida, los agentes contaminantes, o celdas galvánicas (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

- Corrosión por picaduras (pitting)

El daño no ocurre uniformemente, sino en zonas específicas donde se producen picaduras profundas. Los fondos de las picaduras son ánodos en una pequeña celda de corrosión localizada, a menudo agravada por una relación de área cátodo grande - ánodo pequeño. Pueden iniciarse en una superficie abierta, libremente expuesta o en imperfecciones en el recubrimiento. Las picaduras profundas, incluso las que son perforantes, pueden desarrollarse con una cantidad pequeña de pérdida del metal (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.31: Corrosión por picaduras



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Corrosión por cavidades (crevice)

Ocurre en una superficie de metal que está bloqueado de la exposición directa al medio ambiente, debido a la proximidad cercana con otro material que forme una brecha estrecha (o cavidad) entre ellos. Las diferencias en la concentración de la especie corrosiva o del oxígeno entre el ambiente interior y el exterior de la fisura generan la fuerza motora para la celda de corrosión, especialmente en las áreas que actúan como trampas de agua. Son comunes en situaciones donde hay contacto de metal a metal, como en las arandelas de soporte o en las bridas de tuberías (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.32: Corrosión por cavidades



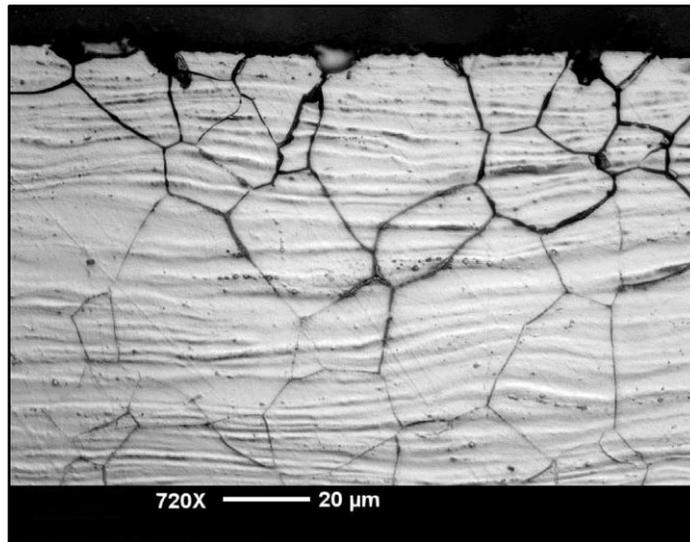
Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

c) Corrosión Intergranular

Este es un tipo específico de ataque que tiene lugar en los límites de grano de un metal. Se observa poco o ningún ataque sobre el cuerpo principal del grano. El material del límite del grano, que es un área limitada, actúa como un ánodo, y el área mayor del grano actúa como cátodo. Esto resulta en el flujo de energía del área pequeña del ánodo al área grande del cátodo, lo que provoca un ataque rápido penetrando profundamente en el metal. Bajo ciertas condiciones, los límites de grano siguen siendo muy reactivos; y bajo condiciones corrosivas, el ataque a lo largo de los límites de grano da como resultado corrosión intergranular. Cuando los aceros inoxidable austeníticos se calientan o enfrían a través de un rango de temperatura alrededor de 427°C a 899°C, el cromo a lo largo de los límites de grano tiende a combinarse con el carbono para formar carburos de cromo. Llamada sensibilización o precipitación de carburo, el efecto es un agotamiento del cromo y la disminución de la resistencia a la corrosión en las áreas adyacentes al límite de grano. El enfriamiento lento desde la temperatura de recocido, alivio de tensión en la sensibilización, o la soldadura puede causar la precipitación de carburo. La zona afectada es por lo general, una banda en la placa base algo separada del cordón de soldadura. Cuando se expone a ambientes corrosivos (ácidos que contienen agentes oxidantes, ácidos orgánicos, entre otros) la corrosión intergranular toma lugar en esta zona y el ataque da una apariencia granular. Durante la soldadura, esta área permanece en el rango de temperatura de sensibilización durante un tiempo suficiente para permitir la precipitación de carburo. Las áreas más alejadas de esta soldadura no alcanzan la temperatura de sensibilización y por lo tanto la precipitación de carburo no se produce. La corrosión intergranular depende de la magnitud de la sensibilización y la agresividad del ambiente al que se encuentra expuesto el material sensibilizado. Muchos ambientes no causan corrosión intergranular en Aceros inoxidable sensibilizados. El agua de mar y otras aguas con alto contenido de cloruro provocan graves picaduras en las

áreas, pero las aguas con bajo contenido de cloruro (por ejemplo, agua potable) no, excepto en casos específicos como situaciones en las que pueden ocurrir bajo la influencia de agentes microbiológicos de corrosión. Si el contenido de carbono se mantiene por debajo del 0,030%, la precipitación de carburo de cromo todavía puede ocurrir después de la sensibilización, pero en cantidades tan pequeñas que no se produce un agotamiento significativo del cromo. Grados tan bajos en carbono son prácticamente inmunes a la corrosión intergranular. La sensibilización también se puede prevenir utilizando aceros inoxidable estabilizados. Estos son aceros inoxidable a los que se agregó titanio, columbio (niobio) o las mezclas de titanio y columbio. Adiciones de titanio y niobio iguales a cinco o diez veces el contenido de carbono, respectivamente, permite que el carbono precipite como carburos de titanio o carburos niobio durante la sensibilización. La precipitación de carbono no reduce el contenido de cromo en los límites de grano (Schweitzer, 2010).

Figura 2.33: Corrosión intergranular



Fuente:https://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n_intergranular#/media/Archivo:Intergranular_corrosion.JPG

Recubrimientos

La mayoría de los recubrimientos utilizados son los suministrados y aplicados en forma líquida a una superficie preparada, luego se transforman en una película protectora sólida mediante uno o más mecanismos de curado (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Un recubrimiento debe exhibir una variedad de propiedades con el fin de cumplir con su papel en el control de la corrosión. Las propiedades deseables incluyen: Resistencia química, resistencia al agua, facilidad de aplicación, adhesión al sustrato, fuerza cohesiva, flexibilidad y elongación, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a la temperatura, resistencia dieléctrica. Los recubrimientos se clasifican de forma general como orgánicos o inorgánicos. La mayoría de los recubrimientos industriales y marinos son orgánicos (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Los recubrimientos de aplicación líquida tienen los siguientes componentes:

Pigmento

Un pigmento es un sólido de partículas discretas utilizado para impartir propiedades específicas al recubrimiento en estado líquido y sólido. Los pigmentos no se disuelven en el recubrimiento y cumplen múltiples funciones. Entre otras cosas, los pigmentos pueden ser utilizados para: Impartir color, proteger al aglutinante de la intemperie, proporcionar protección inhibidora, controlar la resistencia al agua, proporcionar una forma de protección catódica, modificar las propiedades mecánicas o eléctricas (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Aditivos

Son componentes líquidos de un recubrimiento agregados en pequeñas cantidades para realizar una función específica. Algunos aseguran la estabilidad del recubrimiento; pueden evitar el asentamiento; reducen la formación de espuma; retrasan la flotación de pigmentos y/o desarrollan la tixotropía. Otros ayudan en la

aplicación mejorando el flujo y la humectación, aumentando la vida útil de la mezcla y disminuye el colgamiento. También pueden añadir resistencia a los UV, aumentar o disminuir el brillo, evitar la formación de nata dentro de la lata, aumentar su vida útil y retrasar o acelerar el curado (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Aglutinante

Columna vertebral del recubrimiento y suministra la mayor parte de las características y funciones del material. Recibe su nombre por el tipo de aglutinante utilizado, tal como: Epoxy, poliuretano, acrílico, alquídico, etc. Dos o más aglutinantes pueden combinarse para formar un recubrimiento. Debe: Tener buenas propiedades de humectación y adhesión, resistir transmisión de agua/oxígeno, tolerar variaciones en el proceso de aplicación, secarse en un periodo aceptable, formar película estable que mantenga sus propiedades características como la flexibilidad, resistencia y dureza (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Solventes

Algunas de las resinas utilizadas como aglutinantes son sólidas a temperaturas normales. La aplicación y la adherencia exitosa son poco prácticas cuando el aglutinante se encuentra en estado sólido. Por lo tanto, se agregan solventes para licuar el aglutinante y permitir la aplicación de una manera productiva (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Curado

El curado se usa para describir la manera como un recubrimiento se transforma de líquido a un estado sólido. Para la mayoría de los recubrimientos utilizados en trabajos industriales y marinos el curado implica reacciones químicas, sin embargo, algunos tipos de recubrimientos pueden curar simplemente por evaporación de solventes (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Tipos de recubrimientos

A continuación, se describen los principales tipos de recubrimientos:

- Acrílico
Son principalmente derivados poliméricos de los ácidos acrílico y metacrílico. Los recubrimientos acrílicos tienen excelente resistencia a los rayos UV y a la intemperie y, en algunos casos, brindan resistencia a salpicaduras y derrames de ciertos ácidos (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Alquídicos
A veces se denominan recubrimientos a base de aceite u oleo resinas. Alquídicos modernos son una combinación de aceites de secado naturales y resinas sintéticas. Son de un solo componente y fáciles de aplicar con equipo de bajo costo. Un aspecto negativo es que pueden ser muy lentos en curar (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Caucho (hule) clorado
Contiene una gran cantidad de VOC's y su uso ha sido casi eliminado en la mayor parte del mundo. Son materiales de un solo componente con una excelente resistencia al agua, la luz del sol y muchos productos químicos derivados del petróleo (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Epóxicos
Son recubrimientos de dos componentes envasados en recipientes separados. Un recipiente contiene la resina epóxica (base) y el otro un agente de curado (convertidor). Los epóxicos reciben su nombre de la porción reactiva de la base, un epoxídico (anillo oxirano). Pueden ser a base de solvente, a base de agua o esencialmente libres de solventes. Tienen una excelente adhesión, resistencia química, resistencia al agua y adhesión sobre superficies húmeda. Son susceptibles al tizamiento (caleamiento) y normalmente son repintados con un recubrimiento resistente a los rayos UV para servicios atmosféricos (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

- **Látex (emulsiones)**
Pueden contener un número de diferentes partículas de resina que son cubiertas con un emulsionante para mantenerlas separadas en la fase líquida (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- **Fenólicos**
Tiene un amplio rango de aplicaciones, desde pinturas de película delgada para madera balsa, hasta recubrimientos horneados de alto espesor para el interior en de vagones de transporte de ácido. Pueden ser mezcladas con resinas epóxicas para formar un epoxy fenólico, usado para contención en plantas de energía nuclear (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- **Poliaspárticos**
Son poliureas alifáticas, ya que estos materiales de dos componentes implican la reacción entre un poliisocianato alifático y un éster poliaspártico (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- **Poliésteres**
Son materiales de dos componentes, aplicados a temperatura normal. Tienen un corto tiempo de vida útil y, por lo tanto, deben ser aplicados con un equipo de atomización sin aire (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- **Polisiloxanos**
Se utilizan para servicios de abrasión, contacto con productos químicos, radiación de rayos UV extrema y altas temperaturas (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- **Poliuretano**
Son materiales de dos componentes que formados a través de una reacción entre un poli-isocianato y un alcohol polifuncional. Las propiedades varían desde polímeros muy suaves a materiales de moldeados muy duros. Los dos tipos principales de poliuretanos son aromáticos y alifáticos. Los alifáticos son más resistentes al ataque de los rayos UV y se utilizan en recubrimientos para exteriores (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

- Poliureas
Estos materiales de dos componentes son muy flexibles y tienen un tiempo de curado corto, requiriendo en ocasiones, el uso de un equipo de aplicación especial. El tiempo de reacción puede ser de sólo 9 segundos. Debido al rápido curado, no tienen buena adhesión sobre sí mismos y se aplican en una sola capa (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Siliconas
Son formadas por una modificación química de cuarzo, arena o silicio, y puede ser considerados como híbridos de vidrio y resinas orgánicas. Sus características principales incluyen una excelente resistencia a las altas temperaturas y a la radiación UV. Sin embargo, su resistencia a los ácidos no es muy buena y tienen una tasa de permeabilidad bastante alta, por lo que normalmente se utilizan sobre un primario (imprimante, fondo) anticorrosivo (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Vinil ésteres
Son materiales de dos componentes aplicados en condiciones normales de temperatura. Por lo general son aplicados en capas gruesas (2 x 750 micrones). Tienen un tiempo de vida útil de la mezcla (pot life) muy corto y, por lo tanto, deben aplicarse con equipo de atomización de dos componentes sin aire (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Vinílicos
Fueron el acabado favorito para recubrir zinc inorgánico utilizado en los puentes de carretera y también en la industria marina. Sin embargo, como los recubrimientos de caucho clorado, contienen una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y han sido prohibidos en muchos países (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).
- Zinc Inorgánico
Es el primario (imprimante, fondo) más utilizado en el mundo para estructuras de acero únicamente aplicado a una superficie de acero con limpieza abrasiva. La razón principal para la aplicación de un recubrimiento de zinc es

tener un primario con la capacidad de proporcionar protección catódica. Para que el proceso de protección catódica funcione correctamente, el recubrimiento debe contener zinc por sobre el 75% en peso de la película seca, para recubrimientos a base de agua, y 82% para los productos a base de solvente. El zinc inorgánico tiene una resistencia al calor muy alta, alcanzando un máximo de 400 °C. La aplicación del acabado requiere una técnica especial, una capa neblina o “mist coat”, que apenas humecte la superficie y, tan pronto como el solvente se evapore, se puede aplicar la capa completa. Esta capa neblina ayuda a sellar la porosidad del primario de zinc inorgánico y así evitar puntos de alfiler (pinhole) durante la aplicación húmeda de la segunda capa. El zinc inorgánico no se adhiere a sí mismo, por lo que no se debe de aplicar una segunda capa. Si es necesario reparar el zinc inorgánico, se puede sugerir el uso de un zinc orgánico o un mastic epóxico tolerante a la superficie (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

- Zinc orgánico

Es un recubrimiento epóxico con polvo de zinc. Puesto que las resinas epóxicas son aislantes eléctricos muy eficientes, detienen la reacción de protección catódica a menos que se corte o rompa la película y el zinc pueda entrar en contacto con el acero. Estos materiales tienen una función, ya que se utilizan comúnmente como primarios de retoque para el zinc inorgánico y para servicio de inmersión en agua dulce y agua de mar, para lo cual zinc inorgánico no es recomendable. No son tan sensibles de aplicar como el zinc inorgánico, pero requieren las mismas consideraciones que un recubrimiento epoxy estándar (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Defectos de recubrimientos

Se describe a continuación los defectos que se presentan en los recubrimientos:

- Película que no seca (falta de curado)

Puede ser causado por no añadir el agente de curado a la base o añadir el equivocado, no agregar la cantidad correcta de agente de curado durante la mezcla, problemas con el recubrimiento enviado por el distribuidor, aspectos ambientales (exceso de frío o calor, humedad alta), solventes equivocados o contaminado (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.34: Recubrimiento epóxico sin curar



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Exudación de aminas

Si el proceso de curado de los recubrimientos epoxy curados con aminas ocurre en condiciones de bajas temperaturas ambientales, temperaturas en disminución o de alta humedad, se puede desarrollar un aceite superficial o exudado, comúnmente conocida como exudación de amina. Algunos de los problemas asociados a esta falla pueden ser: Superficie con pegajosidad o grasosa, curado incompleto, mala adherencia, mala adherencia al repintar, decoloración del recubrimiento con el paso del tiempo, escasa retención del brillo (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.35: Exudación de aminas



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Escurrimientos, colgamientos, cortinas, arrugas
Pueden ser provocados o empeorados por: Aplicación de una capa demasiado gruesa, uso excesivo de diluyente o de un solvente equivocado, una superficie demasiado caliente, aplicar fuera de la vida útil de la mezcla, técnica de aplicación inadecuada. Se puede reparar de manera inmediata extendiendo o alisando el defecto con una brocha o rodillo. En algunos casos el escurrimiento o colgamiento puede ser aceptable, pero en otros casos será necesario lijar la superficie y volver a aplicar el material al espesor correcto (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.36: Escurrimiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Figura 2.37: Arrugamiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Discontinuidades, saltos, holidays, áreas desnudas

Consisten en áreas expuestas del sustrato o de la capa anterior, causadas por malas técnicas de aplicación, falta de aplicación de la capa franja y/o la falta de o una pobre inspección. Las reparaciones deben estar basadas en los procedimientos de reparación de acuerdo con la especificación y con la aprobación del propietario. Hay que destacar que mientras más rápido se encuentren y se reparen las fallas, la reparación será más fácil y quedará más homogénea (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.38: Discontinuidades, saltos, holidays



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Caleamiento

Es una capa polvorienta, de partículas muy finas del material, sobre la superficie del recubrimiento normalmente causada por la exposición a la luz ultravioleta. Causado por la ruptura de los enlaces entre las moléculas en la película de pintura. Es común en los recubrimientos epóxicos, pero se puede producir en casi todos los recubrimientos si se deja expuestos a las condiciones causales por un periodo largo de tiempo (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.39: Caleamiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Formación de cráteres

Son pequeñas depresiones en forma de tazón causado por el aire atrapado en la película durante la mezcla, formando una burbuja que estalla, dejando el cráter. El cráter es común en los recubrimientos aplicados incorrectamente con rodillo o brocha (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.40: Cráteres



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Vacuolas

Normalmente invisibles al ver el acabado final, son bolsas de aire atrapadas dentro de la película la pintura durante el mezclado. Esto ocurre normalmente al operar el mezclador a alta velocidad, creando espuma o burbujas en el recubrimiento (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.41: Vacuolas



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Puntos de alfiler (pinholes)

Son orificios muy pequeños en la película, causados al pintar sobre un zinc inorgánico o sobre recubrimientos de metalizados. Son ocasionados por el

aire o solvente atrapado en la película porosa que trata de escapar. Los recubrimientos de zinc se secan tan rápidamente que los pequeños orificios no se vuelven a llenar. Este defecto es fácil de evitar, simplemente utilizando la técnica de la capa neblina (“mist coat”) seguida por una capa completa. La reparación de los cráteres, espacios vacíos y los puntos de alfiler es muy difícil, ya que el pequeño agujero por lo general se volverá a formar en cualquier pintura aplicada sobre ellos. Lijar hasta llegar al metal desnudo es la única solución segura (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.42: Pinholes



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Decoloración / sangramiento

Por estética, si es necesario, pueden ser limpiados mediante lijado y repintado. Es causado por la difusión de pigmentos y/o colorantes desde la capa inferior de la película de recubrimiento a la capa superior por un uso excesivo de solventes (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.43: Decoloración / sangramiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Ampollamiento

Forman una proyección en la película de recubrimiento desde el sustrato, por lo general en forma circular o de domo. Pueden tener una forma irregular dependiendo de la causa. Pueden estar llenas con agua pura, gas, solvente, sustancia cáustica, oxígeno, cristales o herrumbre. La causa fundamental es la pérdida de adherencia en zonas localizadas. Muchos factores pueden conducir a la formación de ampollas, las más comunes incluyen algún tipo de contaminante que queda en la superficie después de la limpieza. En servicio atmosférico, las ampollas pueden ser causadas por pintar sobre aceite, humedad, grasa, suciedad, polvo, pigmentos solubles, o puede ocasionarse por solvente atrapado. En servicio de inmersión o en estructuras enterradas también pueden producirse por electro-endósmosis, debido a una actividad excesiva del sistema de protección catódica, corrientes parásitas o por ósmosis causada por sales solubles atrapadas (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.44: Ampollamiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Agrietamiento (cuarteamiento) y desprendimiento

Son en forma de grietas visibles en la película que pueden penetrar hasta el sustrato o simplemente a través de una sola capa. Está relacionada con esfuerzos, ya sea debido al movimiento del sustrato o la tensión interna en el recubrimiento a medida que envejece. Los recubrimientos demasiado gruesos son propensos a agrietarse. Otras causas son la absorción y evaporación de humedad (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.45: Agrietamiento y desprendimiento



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Agrietamiento ligero
Aparece como un pequeño cuarteamiento en la superficie de un recubrimiento, normalmente sólo en la capa superior y rara vez penetra hasta el sustrato. A veces las grietas son tan pequeñas que hay que utilizar magnificación para poder observarlas. Causados por esfuerzos en la película del recubrimiento (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.46: Agrietamiento ligero



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Fallas de adhesión: En cáscaras, delaminación y desprendimiento
Se deben a la pérdida de adhesión entre las capas del recubrimiento o entre este y el sustrato, debido a: Contaminación de la superficie sobre la cual se aplicó el recubrimiento, preparación incorrecta de la superficie, falta de inspección de la preparación de la superficie, perfil de anclaje insuficiente, exceder la ventana de repintado del material, aplicación de recubrimientos incompatibles, entre otros. La reparación para áreas pequeñas consiste en limpiar, biselar los bordes y reemplazar. En áreas más grandes el recubrimiento debe ser completamente eliminado y sustituido (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.47: Fallas de adhesión



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

- Fallas en soldaduras y bordes

A no ser preparados mediante una capa de franja, una fuente común de fallas de los recubrimientos en servicio es la corrosión que se inicia en un borde afilado o en un cordón de soldadura en irregular o con salpicaduras. Las soldaduras deben ser tratadas por el soldador y las salpicaduras de soldadura deben ser eliminadas al grado solicitado por la especificación del proyecto. Las soldaduras irregulares deben ser recubiertas con una brocha para que la pintura penetre en las irregularidades del cordón. Las salpicaduras de soldadura son un tema aparte y si no se eliminan mediante el esmerilado, pueden provocar una falla debido a que la pintura no encapsulará la partícula y la limpieza abrasiva no las eliminará. Otro problema con las soldaduras y los bordes de corte del acero, es que el calor de ciertos tipos de soldadura puede endurecer la superficie de acero a una corta distancia de la soldadura. El acero endurecido podría no producir el mismo perfil, cuando se prepara abrasivamente, en comparación con el acero circundante (Coating Inspector Program Level 1, Nace, 2010).

Figura 2.48: Bordes



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

Figura 2.49: Soldadura



Fuente: NACE, Coating Inspector Program Level 1, 2010

2.1.5. Aspectos Normativos

Las Especificaciones Técnicas, planos y otros documentos contractuales son conformes a los estándares internacionales y normas técnicas peruanas. En caso de evidenciarse una contradicción, se priorizó la documentación contractual.

ISO: Internacional Organization for Standardization, es una organización de alcance internacional que tiene como objetivo establecer homogeneidad en relación a la gestión, productos y servicios por medio de la emisión y difusión de estándares.

ISO 9001: Requisitos de los Sistemas de Gestión de Calidad, especifica requisitos que las empresas deben cumplir para obtener la certificación ISO 9001, con lo cual la empresa evidencia haber seguido un proceso auditable en relación a su necesidad de proveer productos y servicios que satisfagan los requisitos de los clientes, marcos legales y reglamentarios aplicables.

ISO 10005: Directrices para los planes de Calidad de los Sistemas de Gestión de Calidad, documento que proporciona orientación y no requisitos en relación a las directrices para establecer, revisar, aceptar y modificar los planes de calidad para un proceso, producto, servicio, proyecto o contrato.

ISO 10006: Quality Management Systems – Guidelines for quality management in projects, proporciona directrices en relación a la gestión de calidad en los proyectos.

ISO 4288: Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface textura: Profile method – Rules and procedures for the assessment of Surface textura, especifica las reglas para la comparación de valores medidos con los límites de tolerancia de los parámetros de textura superficial definidos en ISO 4287, ISO 12085, ISO 13565-2 y ISO 13565-3.

ISO 1302: Geometrical Product Specifications (GPS) – Indication of Surface texture in technical product documentation, especifica las reglas para la indicación de textura superficial en documentación técnica (planos, especificaciones, contratos, reportes) por símbolos gráficos.

AISC: American Institute of Steel Construction, organización que establece estándares para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural.

AISC 303: Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, establece criterios para las prácticas en construcciones de acero, puentes y otros que se asemejen en relación al diseño, fabricación y montaje.

AISC Design Guide 1, Base Plate and Anchor Rod Design, esta guía se creó para ayudar a los ingenieros y fabricantes en el diseño, detalle y especificación de las conexiones columna-base-placa y varilla de anclaje, de manera que se eviten los problemas comunes de fabricación y montaje.

RCSC: Research Council On Structural Connections, tiene como propósito estimular y apoyar las investigaciones que se consideren necesarias y valiosas para determinar idoneidad, resistencia y comportamiento de varios tipos de conexiones estructurales, promover el conocimiento de prácticas económicas y eficientes relacionadas con conexiones estructurales y preparar y publicar normas.

Specification for Structural Joints Using High – Strength Bolts, cubre el diseño de juntas empernadas y la instalación e inspección de componentes y conjuntos empernados.

ASTM: American Society for Testing and Materials, es una organización de estándares internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

ASTM A380: Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems, cubre recomendaciones y precauciones para limpieza, decapado, pasivado de nuevas partes de acero inoxidable, ensambles, equipamientos y sistemas instalados.

ASTM A967, Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts, esta especificación cubre distintos tipos de tratamientos de pasivación química para partes de acero inoxidable. Incluye recomendaciones y precauciones de decapado.

ASTM A270: Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic and Ferritic / Austenitic Stainless Steel Sanitary Tubing, este estándar describe las propiedades químicas, mecánicas, tolerancias dimensionales y otros en relación a las tuberías sin costura, con costura recta soldada y conformado en frío de tuberías de acero inoxidable sanitario austenítico, ferrítico / austenítico destinado para la industria alimentaria, farmacéutica, etc. Y que cuentan con acabados superficiales especiales.

ASTM E1003: Standard Practice for Hydrostatic Leak Testing, esta práctica cubre las pruebas de fugas de componentes por presurización con líquidos. También brinda procedimientos básicos.

ASTM A312: Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes, este estándar describe las propiedades químicas, mecánicas, tolerancias dimensionales y otros en relación a las tuberías sin costura, con costura recta soldada y conformado en frío de tuberías de acero inoxidable austenítico destinado a servicio de alta temperatura, general y ambiente corrosivo.

ASTM E165: Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry, cubre procedimientos para la examinación de tintes penetrantes.

ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel, cubre planchas y barras de calidad estructural para el uso en remaches, pernos o construcciones soldadas de puentes, edificios o propósitos estructurales.

ASTM A500: Standard Specification for Cold – Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes, este estándar cubre tuberías redondas, cuadradas y rectangulares de acero al carbono con costura y si costura para construcciones estructurales.

AWS: American Welding Society, organización cuya misión se centra en el avance de la ciencia, tecnología y los procesos de unión y corte en todo el mundo.

AWS D1.1: Structural Welding Code – Steel, describe requisitos en relación a los trabajos en estructuras metálicas de acero soldadas.

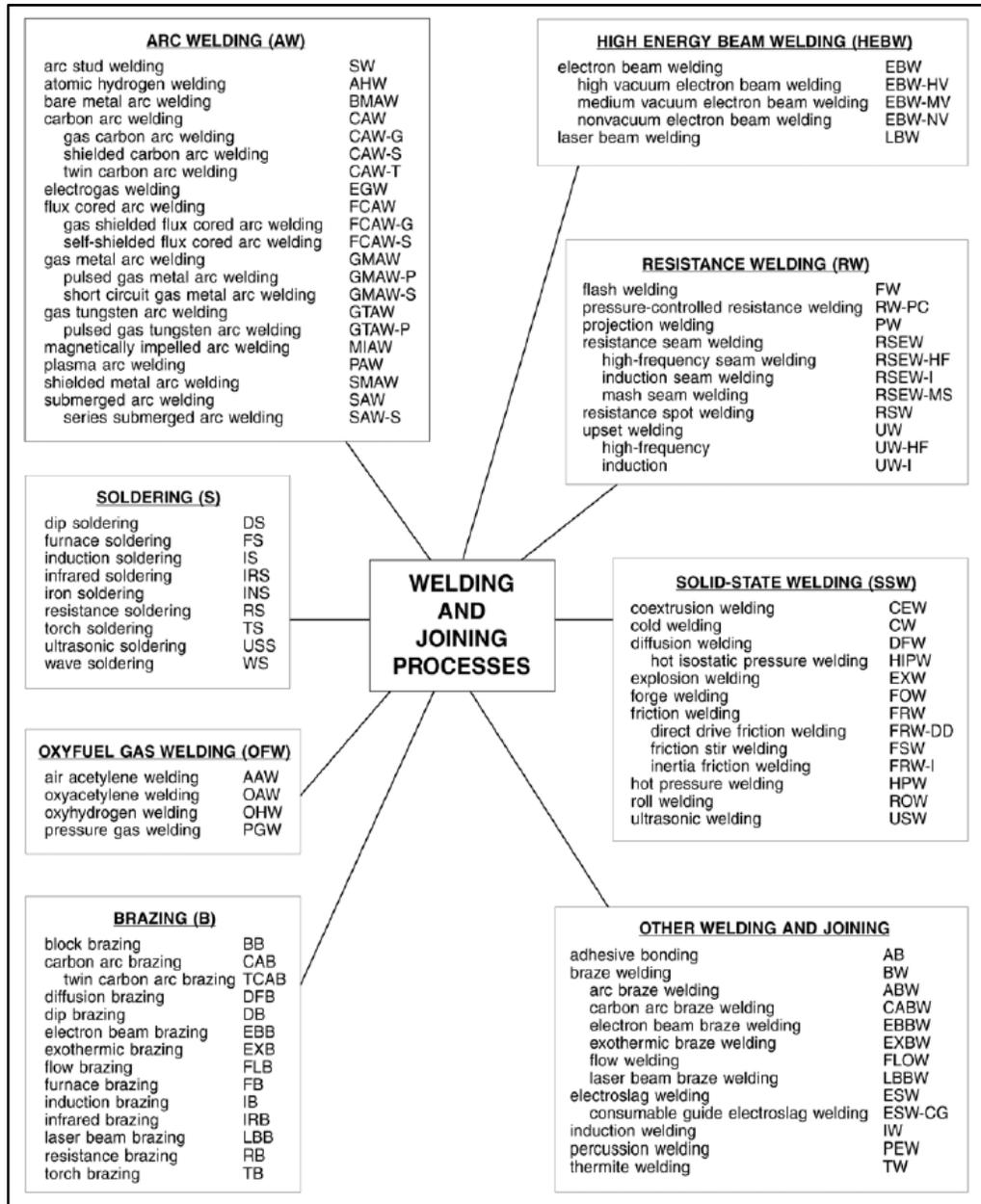
AWS A5.1: Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding, prescribe requerimientos para la clasificación de electrodos para la soldadura de acero al carbono con proceso SMAW.

AWS D18.1: Specification for Welding of Austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications, cubre los requerimientos para soldadura GTAW y PAW de tube y pipe de diámetros desde ¼" a mayores en sistemas de procesos sanitarios (higiénicos).

AWS D18.3: Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications, cubre requerimientos para soldadura de aleaciones de níquel y aceros inoxidable en hojas, planchas y otras formas en aplicaciones sanitarias (higiénicas).

AWS A3.0: Standard Welding Terms and Definitions, el propósito de este estándar es establecer términos estándar y definiciones que ayude a la comunicación de información relacionada a la soldadura, juntas adhesivas, soldadura fuerte, soldadura blanda, corte térmico y termorociado.

Figura 2.50: Procesos de soldadura



Fuente: AWS A3.0, 2020

AWS B1.10: Guide for the Nondestructive Examination of Welds, este estándar provee una guía para los tipos de ensayos no destructivos de soldadura tales como: Inspección visual (VT), tintes penetrantes (PT), partículas magnéticas (MT), radiografía (RT), ultrasonido (UT), etc.

Tabla 2.2: Discontinuidades identificables según el tipo de ensayo no destructivo

Common Weld Examination Methods vs. Discontinuities							
Discontinuities	Examination Methods						
	RT	UT	PT ^a	MT ^{b,d}	VT ^a	ET ^b	LT ^e
Porosity	A	O	A	O	A	O	O
Slag inclusions	A	A	A	A	A	O	U
Incomplete fusion	O	A	A	A	A	O	O
Incomplete joint penetration	A	A	A	A	O	O	U
Undercut	A	U	A	A	A	O	U
Overlap	U	U	A	A	A	O	U
Cracks	O	A	A	A	A	A	O
Laminations	U	A	A ^c	A ^c	A ^c	U	U

^a Surface.
^b Surface and slightly subsurface.
^c Weld preparation or edge of base metal.
^d Magnetic particle examination is applicable only to ferromagnetic materials.
^e Leak testing is applicable only to enclosed structures which may be sealed and pressurized during testing.

Legend:
RT—Radiographic examination
UT—Ultrasonic examination
PT—Liquid penetrant examination
MT—Magnetic particle examination
VT—Visual examination
ET—Electromagnetic examination
LT—Leak testing

A—Applicable method
O—Marginal applicability (depending on other factors such as material thickness, discontinuity size, orientation, and location)
U—Usually not used

Fuente: AWS B1.10, 2016

Según se seleccione un tipo de proceso de soldadura, existen discontinuidades que debido a la naturaleza intrínseca del proceso puede descartarse completamente, tal es el caso de la soldadura GTAW, el cual se mencionó que no genera escoria.

Tabla 2.3: Discontinuidades en cada proceso de soldadura

Discontinuities Commonly Encountered with Welding Processes							
Welding Process	Porosity	Slag	Incomplete Fusion	Incomplete Joint Penetration	Undercut	Overlap	Cracks
SW—Stud welding	X		X		X		X
PAW—Plasma arc welding	X		X	X	X		X
SAW—Submerged arc welding	X	X	X	X	X	X	X
GTAW—Gas arc tungsten welding	X		X	X	X		X
EGW—Electrogas welding	X		X	X	X	X	X
GMAW—Gas metal arc welding	X		X	X	X	X	X
FCAW—Flux cored arc welding	X	X	X	X	X	X	X
SMAW—Shielded metal arc welding	X	X	X	X	X	X	X
CAW—Carbon arc welding	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: AWS B1.10, 2016

AWS B1.11: Guide for the Visual Examination of Welds, este standard provee una introducción a la examinación visual de soldaduras, galgas de soldadura, equipos de medición, etc.

Figura 2.51: Porosidad alineada



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.52: Fusión incompleta en soldadura de ranura



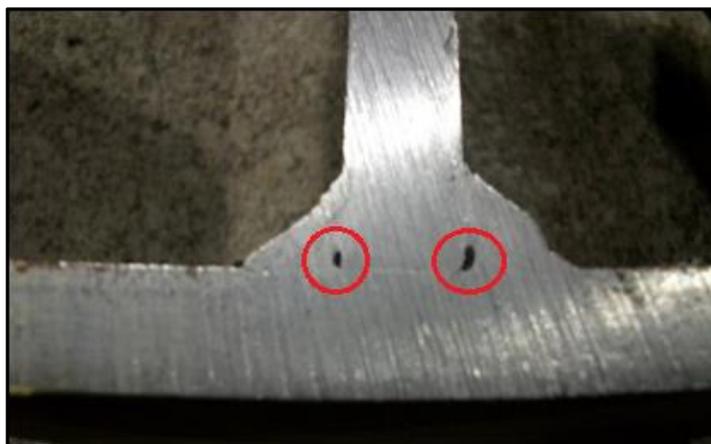
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.53: Fusión incompleta entre cordones de soldadura



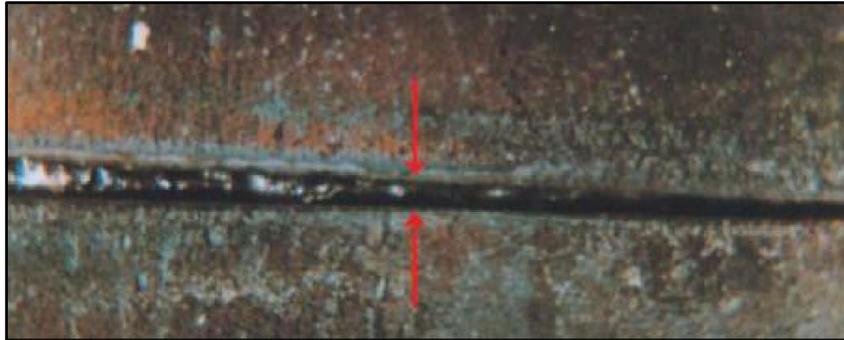
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.54: Fusión incompleta de metal base y de soldadura



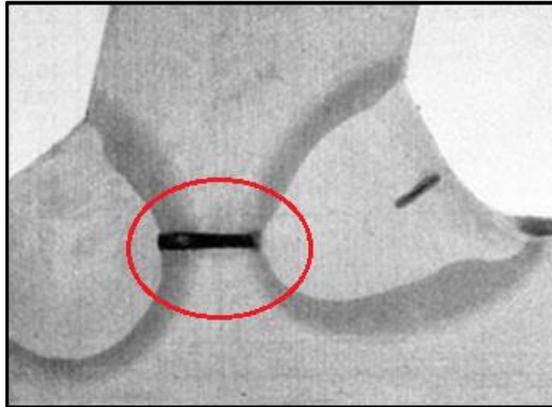
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.55: Penetración incompleta de soldadura de ranura



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.56: Penetración incompleta en soldadura filete



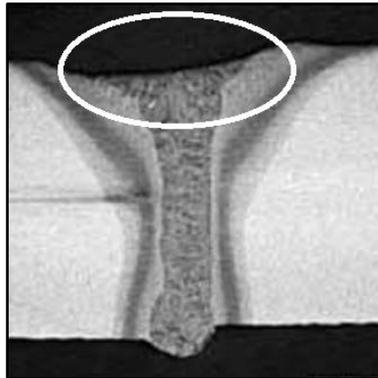
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.57: Socavado de soldadura



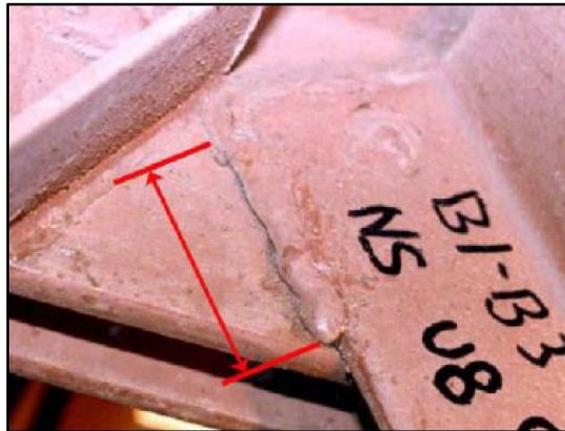
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.58: Falta de relleno en una sección transversal



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.59: Solape de soldadura



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.60: Laminación



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.61: Grieta longitudinal



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.62: Grieta transversal



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.63: Grieta de garganta



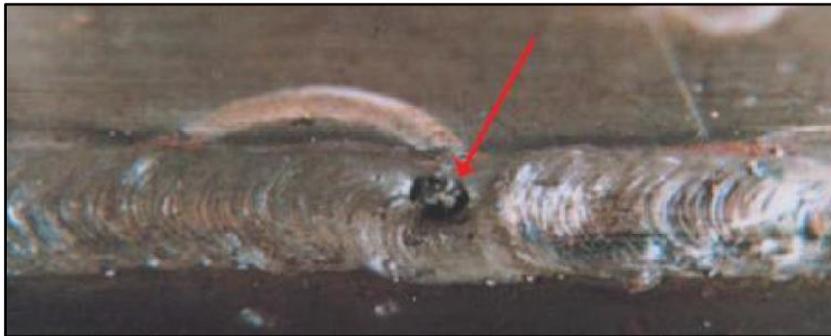
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.64: Grieta de pie



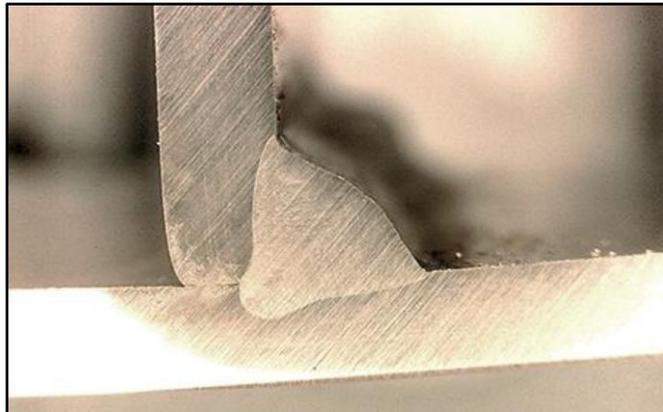
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.65: Inclusión de escoria



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.66: Soldadura convexa



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.67: Golpe de arco



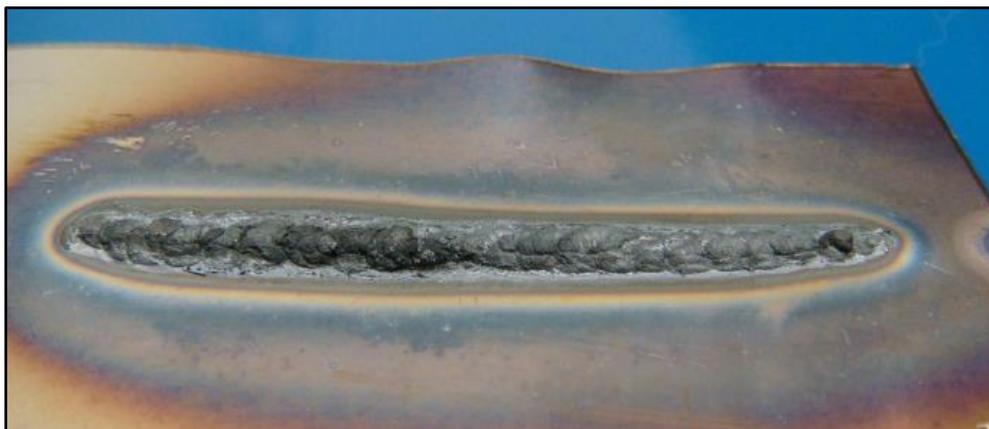
Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.68: Salpicaduras



Fuente: AWS B1.11, 2015

Figura 2.69: Oxidación superficial



Fuente: AWS B1.11, 2015

Reglamento Nacional de Edificaciones, tiene por objetivo normar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de habilitaciones urbanas. Rige en todo el territorio nacional y aplica obligatoriamente a los proyectos de habilitación urbana de carácter público o privado.

ASME: American Society of Mechanical Engineerse, es una organización que promueve el intercambio de conocimientos en todas las disciplinas de la ingeniería.

ASME B31.3: Process Piping, cubre reglas para las tuberías que típicamente se encuentran en refinerías, instalaciones onshore y offshore, plantas químicas, plantas farmacéuticas, plantas textiles, plantas procesadoras de alimentos y bebidas, otros relacionados.

ASNT: American Society of Nondestructive Testing, es una organización que promueve el intercambio de información relacionada a ensayos no destructivos, emisión de estándares y mejora de la tecnología.

SNT-TC-1A, es un estándar desarrollado por la ASNT que instaure requisitos mínimos para la calificación y certificación de personal que realiza ensayos no destructivos.

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas

La empresa Polindustria presentó su Oferta Técnica y Económica al Cliente Hansen en relación a la licitación del Proyecto Consolidación de Plantas CHR – Hansen, la cual fue aceptada. El departamento de Proyectos en coordinación con la Gerencia de la empresa y Recursos Humanos inicia un proceso de selección laboral, para el cual el autor del presente Informe fue seleccionado en el puesto de Supervisor de Calidad. El área de Calidad del Proyecto Consolidación de Plantas CHR – Hansen estuvo conformado por un jefe de Calidad, un supervisor de Calidad y 2 asistentes de Calidad. Durante la ejecución del Proyecto, el cliente HANSEN siguiendo políticas internas cambió de razón social a OTERRA S.A. El Anexo 13 muestra el certificado laboral del autor del presente Informe Trabajo de Suficiencia Profesional.

2.2.1. Etapas de actividades

Etapa 1: Ingeniería de detalle

Esta etapa se realizó de manera coordinada entre las áreas de Ingeniería y Calidad de la Empresa principal. Se inicia con el análisis y revisión de la documentación proporcionada por la Supervisión: Expediente Técnico (Memorias descriptivas, Especificaciones técnicas, entre otros) y los Planos de Ingeniería Básica, con la intención de identificar incompatibilidades / interferencias que existieran para proponer las mejoras correspondientes. Luego, se revisa los planos de Ingeniería de detalle para la construcción de los equipos, tuberías y Estructuras metálicas dentro del alcance del presente informe de suficiencia profesional.

Etapa 2: Establecimiento de lineamientos de aseguramiento y control de calidad en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

En esta etapa, se elabora y revisa la documentación de aseguramiento de calidad que brinde al Cliente la confianza de que se entregará productos que cumplan con los requisitos establecidos. Esos documentos incluyen:

- Plan de Calidad
- Plan de Puntos de Inspección
- Procedimientos
- Formatos y otros relacionados.

Los ítems enlistados líneas arriba se encuentran en conformidad con los documentos contractuales, Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas y Estándares aplicables.

Los documentos de Aseguramiento de Calidad, en su contenido detallan las herramientas del Control de Calidad (inspecciones, pruebas de laboratorio, otros). El Control de calidad permite dirigir y cumplir con los requisitos de calidad durante y posterior a la ejecución de los trabajos.

Etapa 3: Control de Calidad en la fabricación de Taller en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

En esta etapa se describen algunas de las actividades (no se limitan a las únicas) realizadas en el control de Calidad de Taller.

Procedimientos de Estructuras Metálicas

- Procedimiento de Inspección Visual de Soldadura
- Procedimiento de Tintes Penetrantes
- Procedimiento de Ultrasonido
- Procedimiento de Pintura

Procedimientos de Piping, Mecánica:

- Procedimiento de Inspección Visual de Soldadura
- Procedimiento de Tintes Penetrantes
- Procedimiento de radiografía Industrial
- Procedimiento de aplicación de recubrimiento

Etapa 4: Control de Calidad en el montaje e instalación en Obra en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

En esta etapa se describen las actividades (no se limitan a las únicas) realizadas en el control de Calidad de Obra.

Procedimientos de Estructuras Metálicas

- Procedimiento de torque

Procedimientos de Piping, Mecánica:

- Procedimiento de Prueba de Fugas
- Procedimiento de decapado y pasivado
- Procedimiento de apriete de uniones atornilladas
- Procedimiento de medición de rugosidad

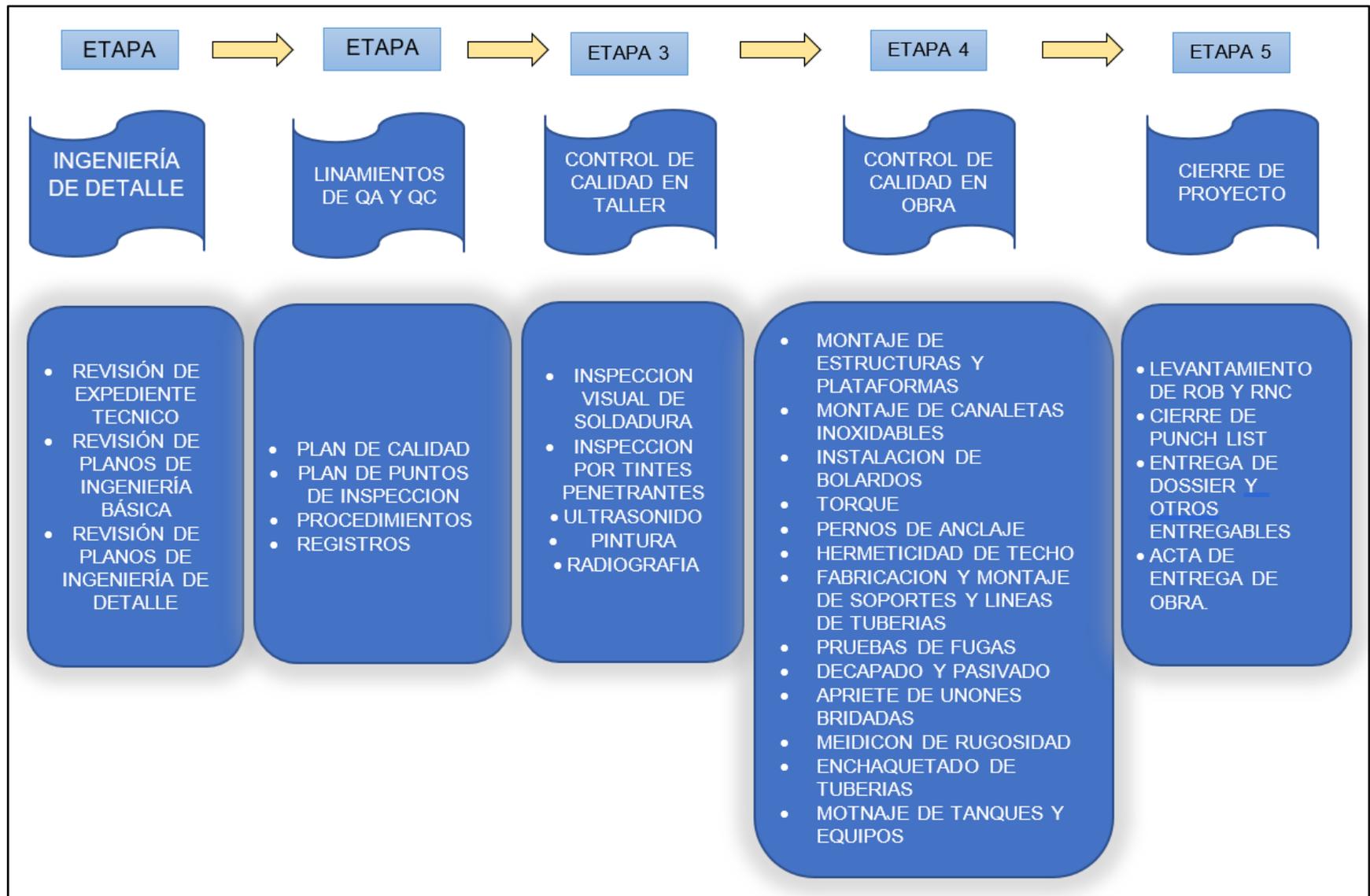
Etapa 5: Cierre del Proyecto

Corresponde a la etapa final del Proyecto, en el cual con participación del Cliente y la Supervisión se concluye la etapa constructiva, Se consideran los siguientes puntos:

- Levantamiento de Reportes de Observaciones y No Conformidades
- Cierre del Punch List del recorrido con el Cliente y Supervisión
- Entrega de Dossier de Calidad y otros entregables (Maquetas 3D, carta de garantía, otros)
- Firma de Acta de entrega de Obra.

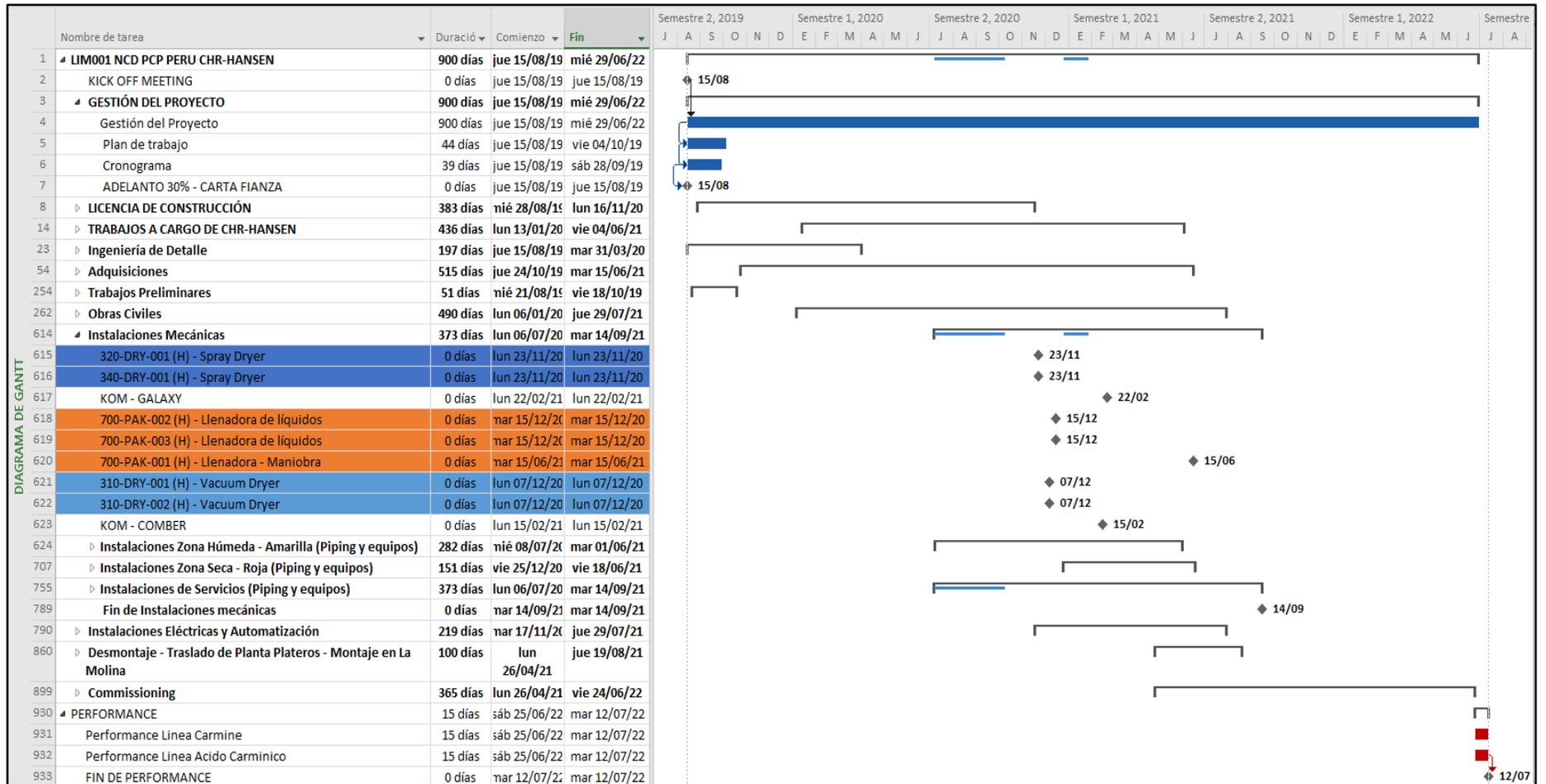
2.2.2. Diagrama de flujo

Figura 2.70: Flujoograma



2.2.3 Cronograma de actividades

Figura 2.71: Cronograma del proyecto



Fuente: POLINDUSTRIA S.A.C.

3. APORTES REALIZADOS

Los aportes realizados se desarrollaron en función a los objetivos específicos del Proyecto, los cuales fueron:

3.1. Evaluación de la Ingeniería de detalle del Proyecto.

3.1.1. Análisis y revisión del expediente técnico (Memorias descriptiva, Especificaciones Técnicas, entre otros)

De acuerdo a la Memoria Descriptiva, las actividades relacionadas al diseño, construcción y pruebas dentro de las facilidades de la Obra deben ser adecuados bajo las siguientes condiciones:

- Ubicación: Ate - Lima – Perú
- Área de la Obra: 1.727,70 m²
- Altura sobre el nivel del mar: 12,8 msnm
- Latitud: 12° S
- Temperatura de bulbo seco: 30° C
- Temperatura de bulbo húmedo: 23,9° C
- Humedad relativa: 62%

El alcance de los trabajos descritos en la Memoria Descriptiva y desarrollados en el presente Informe de Suficiencia Profesional son:

- Sala de calderos y tuberías de acero al carbono para vapor - condensado.
- Chiller y Torre de enfriamiento con redes de tuberías de acero al carbono.
- Planta Carmín Zona Seca (líneas de acero al carbono y acero inoxidable).
- Planta Carmín Zona Húmeda (líneas de acero al carbono y acero inoxidable).
- Tanques y equipos de acero inoxidable austenítico grado sanitario.
- Fabricación y montaje de estructuras metálicas de acero al carbono (Planta Carmín, Laboratorio, Chiller, Torre de enfriamiento y cocina).

De la revisión de las Especificaciones Técnicas, se mencionan los requisitos más importantes en relación a las disciplinas de EEMM, Piping y Mecánica:

- Las Estructuras metálicas deben inspeccionarse visualmente el 100% de las soldaduras terminadas, inspeccionarse con tintes penetrantes a un 10% y ultrasonido a un 10%.
- Los cordones de soldadura de las tuberías de acero inoxidable deben ser decapadas externamente y pasivadas internamente. Las tuberías deben inspeccionarse el 100% de las soldaduras terminadas, inspeccionarse con tintes penetrantes el 50% de las soldaduras de ranura y filete e inspección radiográfica a un 10%.
- Las planchas de acero inoxidable que se emplearán para la fabricación de los equipos mecánicos deben cumplir con el estándar ASTM A240 grado 316L y deben ser pasivadas internamente.
- Las superficies en contacto con el producto deben ser lisas, pulidas y no porosas con un grado de rugosidad no mayor al grado 2B (0.8 Ra). Todos los soldadores del Proyecto deben ser calificados bajo el estándar constructivo y posición aplicable.

Figura 3.1: Revisión de Memoria descriptiva y Especificaciones técnicas

  <p>CHR HANSEN CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS INGENIERÍA BÁSICA CHR0012P-IB-MEC-MD-0001-0 MEMORIA DESCRIPTIVA MECANICA & PIPING</p> <p>Gerente de Proyecto (WSP) <u>Alindor Galarreta</u></p> <p>Gerente de Proyecto (CLIENTE) _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>REV.</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>GENERADO</th> <th>REVISADO</th> <th>APROBADO</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Emitido para revisión interna</td> <td>H. Palacios</td> <td>G. Palomino</td> <td>A. Galarreta</td> <td>03/08/2018</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Emitido para revisión cliente</td> <td>H. Palacios</td> <td>G. Palomino</td> <td>A. Galarreta</td> <td>09/08/2018</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Emitido para Ing. De Detalle</td> <td>H. Palacios</td> <td>G. Palomino</td> <td>A. Galarreta</td> <td>11/10/2018</td> </tr> </tbody> </table>	REV.	DESCRIPCIÓN	GENERADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	A	Emitido para revisión interna	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	03/08/2018	B	Emitido para revisión cliente	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	09/08/2018	D	Emitido para Ing. De Detalle	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	11/10/2018	  <p>CHR HANSEN CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS INGENIERIA BÁSICA CHR0012P-IB-MEC-ET-0001-A ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PIPING CLASS MECÁNICA & TUBERÍAS</p> <p>Gerente de Proyecto (WSP) <u>Alindor Galarreta</u></p> <p>Gerente de Proyecto (CLIENTE) <u>Rodrigo Martins</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>REV.</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>FECHA</th> <th>GENERADO</th> <th>REVISADO</th> <th>APROBADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Emisión Revisión Interna</td> <td>10/12/18</td> <td>H. Palacios</td> <td>G. Palomino</td> <td>A. Galarreta</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Emisión Revisión Cliente</td> <td>11/12/18</td> <td>H. Palacios</td> <td>G. Palomino</td> <td>A. Galarreta</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	GENERADO	REVISADO	APROBADO	A	Emisión Revisión Interna	10/12/18	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	B	Emisión Revisión Cliente	11/12/18	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta												
REV.	DESCRIPCIÓN	GENERADO	REVISADO	APROBADO	FECHA																																																		
A	Emitido para revisión interna	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	03/08/2018																																																		
B	Emitido para revisión cliente	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	09/08/2018																																																		
D	Emitido para Ing. De Detalle	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta	11/10/2018																																																		
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	GENERADO	REVISADO	APROBADO																																																		
A	Emisión Revisión Interna	10/12/18	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta																																																		
B	Emisión Revisión Cliente	11/12/18	H. Palacios	G. Palomino	A. Galarreta																																																		

Fuente: CHR HANSEN S.A.

3.1.2. Análisis y revisión de los Planos de Ingeniería Básica

Se analizó y revisó los planos de Ingeniería Básica de las disciplinas de Estructuras Metálicas, Piping y Mecánica. Por ejemplo, en el Anexo 01 se muestra el plano llave de procesos en vista de planta Carmín 1^{er} nivel CHR0012P-IB-MEC-PL-0010 Rev2, en el que se observa el layout de equipos mecánicos en la Planta Carmín, algunos de los cuales se soportan en plataformas metálicas. El plano en mención se compatibilizó con el plano layout de Estructuras Metálicas, se concluyó que no existen interferencias entre disciplinas que generen modificaciones.

3.1.3. Revisión de los planos de la Ingeniería de detalle

Se revisó los planos de Ingeniería de detalle elaborados por el área de diseño de la Empresa principal. Por ejemplo, en el Anexo 02 se muestra el plano de fabricación 1305-M001 en relación al tanque 280-TNK-001, el cual se verificó que la selección de materiales, acabado superficial y otros cumplan con estipulado en las Especificaciones técnicas y estándares aplicables. Se concluyó que el plano de fabricación del tanque no evidencia incompatibilidades.

3.2. Formulación de los lineamientos de control y aseguramiento de calidad del proyecto en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping

Después de revisar las Especificaciones Técnicas y los estándares internacionales (ASME, AWS, AISC) se generó documentación que asegure una correcta ejecución de las actividades (procedimientos, planes, otros) los cuales fueron revisados y aprobados por la Empresa Principal y la Supervisión:

3.2.1. Plan de Calidad

Se elaboró bajo los lineamientos del ISO 10005, Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para los planes de la Calidad. En el anexo 03 y anexo 04 se adjuntan los Planes de calidad que aplicaron respectivamente a las disciplinas de Estructuras Metálicas y Mecánica / Piping.

3.2.2. Plan de Puntos de Inspección (PPI)

Se elaboró el Plan de puntos de inspección tomando en consideración los aspectos normativos y contractuales a cumplir, importancia de las partidas a ejecutar e impacto en costo y plazo, experiencias pasadas y lecciones aprendidas. Posteriormente se aprobó por la jefatura del Proyecto de la Empresa principal y de la Supervisión.

3.2.3. Procedimientos

Tiene como finalidad indicar cómo, quiénes, dónde y por qué se deben realizar actividades específicas del proyecto. Son elaborados por los responsables de la ejecución en colaboración con el responsable de Calidad de la Empresa principal.

3.2.4. Registros

Son los documentos que demuestran la conformidad de una actividad con los requisitos. Deben ser de fácil interpretación y disponibilidad del cliente.

Se muestra a continuación las Tabla 3.1 con el resumen de la documentación de Calidad que se generó en el Proyecto “Consolidación de plantas CHR - HANSEN, distrito de Ate, periodo 2020 – 2022”.

Tabla 3.1: Documentación de calidad

Ítem	Disciplina	Título	Código
01	General	Plan específico de Calidad para EEMM	O-1011
02	General	Plan específico de Calidad de Empresa Principal	PL-QC-01
03	General	Plan de Puntos de Inspección	CC.CHR.RG.20
04	EE.MM.	Procedimiento de inspección visual	POL-CHR-OC-EM-PR-01
05	EE.MM.	Ensayo NDT por líquidos penetrantes	POL-CHR-OC-EM-PR-02
06	EE.MM.	Procedimiento de preparación superficial y aplicación de pintura	POL-CHR-OC-EM-PR-03
07	EE.MM.	Procedimiento de ultrasonido según AWS D1.1	ESG-OP-PR-02
08	EE.MM.	Procedimientos de apriete de pernos	POL-CHR-OC-EM-PR-11
09	Piping y Mecánica	Procedimiento de Inspección Visual de Soldadura	P-QC-01
10	Piping y Mecánica	Procedimiento de Inspección por Tintes Penetrantes	P-QC-02
11	Piping y Mecánica	Procedimiento de pruebas de fugas	P-QC-03
12	Piping	Procedimiento de recubrimiento de pintura	P-QC-04
13	Piping y Mecánica	Procedimiento de decapado y pasivado de equipos y tuberías	P-QC-05
14	Piping	Procedimiento de apriete de uniones atornilladas	P-QC-06
15	Mecánica	Procedimiento de medición de rugosidad	P-QC-07
16	Piping	Procedimiento de examinación por Radiografía Industrial	INSPEC-RT-04

3.3. Ejecución de los controles de calidad de la fabricación en taller en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping

3.3.1. Estructuras Metálicas

- Recepción de Materiales

Antes de realizar la descarga de los materiales del proveedor transportados en los camiones plataforma, de acuerdo al Plan de Calidad de la Subcontratista de Estructuras Metálicas (Anexo 03), se realizó una

inspección visual de manera general para identificar en primera instancia materiales rechazables. Después de la descarga, se verifica la trazabilidad. El número de lote de los materiales (tipeado en las superficies) debe corresponder a los Certificados de Calidad entregados por el proveedor. Los certificados de Calidad de los materiales deben cumplir con los requisitos de propiedades mecánicas, propiedades químicas, acabado superficial y otros exigidos por los estándares de fabricación de los materiales.

En la tabla 3.2, se ejemplifica el control de calidad en la recepción de los materiales en taller. Se verificó que las propiedades mecánicas (fluencia mínima, tracción mínima y alargamiento mínimo) cumplan con los valores mínimos de los estándares ASTM aplicables.

Tabla 3.2: Revisión de certificados de calidad - EEMM

Material	Stándar	VALORES DE ACUERDO AL ESTANDAR			DE ACUERDO A LOS C. CALIDAD		
		Límite fluencia mínimo (MPa)	Resistencia a la tracción mínimo (MPa)	Alargamiento mínimo en 200 mm (%)	Límite fluencia mínimo (MPa)	Resistencia a la tracción mínimo (MPa)	Alargamiento mínimo en 200 mm (%)
Plancha Estructural	ASTM A36A	250	400 - 550	20	250	400 - 550	20
Tubo Cuadrado	ASTM A500 GrB	315	400	23	335	430	26

En la figura 3.2 y figura 3.3 se visualiza respectivamente los certificados de calidad de planchas estructurales y tubos cuadrados estructurales, en los cuales fueron revisados y resaltados sus descripciones, estándar de fabricación, propiedades mecánicas y propiedades químicas. Se concluyó que las características de los materiales en mención cumplen con los requerimientos de las Especificaciones técnicas.

Figura 3.2: Certificado de calidad – Plancha estructural A36



**COMERCIAL
DEL
ACERO**

Av. Argentina Nro. 2051, Lima - Lima - Lima.

CERTIFICADO DE CALIDAD

N° G-0FE11-0165037-5171230179-90089-1 - 1

N° Factura: 0FE11-0165037

CLIENTE : GERENCIA DE PROYECTOS S.A.C.
FECHA : 25/09/2020

Con el presente documento certificamos que comercializamos **Plancha Estructural de acero** que cumplen con la norma:

ASTM A36/A36M

en las dimensiones: 12.0 X 1500 X 6000MM, 9.0 X 1500 X 3000MM, **16.0 X 1500 X 6000MM**, 16.0 X 1500 X 3000MM

Garantizamos las propiedades mecánicas establecidas en la Norma ASTM A36/A36M:

Límite de Fluencia (fy), mínimo	= 250 MPa <i>O.K.</i>
Resistencia a la Tracción (R)	= 400 - 550 MPa <i>O.K.</i>
Alargamiento en 200mm mínimo	= 20% <i>O.K.</i>

Soldabilidad : Buena

Composición Química:

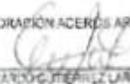
C = 0.25% máximo, hasta 1.5" de espesor	<i>O.K.</i>
0.26% máximo, mayor a 1.5" hasta 2.5" de espesor	
0.27% máximo, mayor a 2.5" hasta 4" de espesor	
0.29% máximo, mayor a 4" de espesor	
Mn = 0.80-1.20%, mayor a 0.75" hasta 2.5" de espesor	
0.85-1.20% máximo, mayor a 2.5" de espesor	
Si = 0.40% máximo, hasta 1.5" de espesor	
0.15-0.40% máximo, mayor a 1.5" de espesor	
P = 0.030% máximo	
S = 0.030% máximo	



El producto cumple con las características dimensionales y de forma establecidas.
Se garantiza el producto para su uso estándar.

Atentamente,

COMPAÑIA ACEROS AREQUIPA S.A.



ING. RICARDO GUTIERREZ LORA - DP 51007
Jefe de Ingeniería de Materiales y Estructuras



Página 1 de 1

CÓDIGO: GCOA02-E001 - VERSIÓN: 01 - APROBADO: Y.A.L. - FECHA: 06/2016

Fuente: Comercial del Acero S.A.

Figura 3.3: Certificado de calidad – Tubo cuadrado ASTM A500



TIANJIN YOUFA INTERNATIONAL TRADE CO., LTD
MANUFACTURER'S TEST CERTIFICATE

2019-11-14

CUSTOMER: YOHERSA YOSHIMOTO HERMANOS S.A.C. AV MEXICO, N.1830 RUC: 20100080932										INVOICE NO. & DATE: YFS-3950-1 Date 2019-11-14				
DESCRIPTION OF GOODS: 266.81MT. HOLLOW SECTION ASTM A500 GR B														
SPECIFICATIONS					QUALITYS									
NO.	SIZE		WT (mm)	LENGTH (m)	WEIGHT (MT)	Heat No.	CHEMICAL ANALYSIS(%)					MECHANICAL ANALYSIS		
	mm	mm					C	Mn	P	S	COPPER	TENSION TEST		YIELD POINT (Mpa)
											TENSILE STRENGTH (N/mm2)	ELONGATION(%)		
1	250	250	6.3	6	20.95	618726	0.17 OK	0.45	0.017	0.032	0.25	430 OK	26 OK	335 OK
2	200	200	6.3	6	21.31	35482	0.16	0.45	0.021	0.03	0.24	425	25	334
3	200	200	4.7	6	21.57	399812	0.17	0.45	0.017	0.032	0.25	430	25	345
4	150	150	4.7	6	54.83	1564893	0.17	0.45	0.021	0.03	0.24	425	25	345
5	100	100	4.2	6	21.05	8458482	0.16	0.45	0.021	0.03	0.24	425	25	335
6	400	200	6.3	6	21.72	451846	0.17	0.45	0.021	0.03	0.24	425	25	350
7	400	200	7.9	6	21.87	548167	0.17	0.45	0.017	0.032	0.25	430	25	325
8	400	200	9.5	6	20.95	81584	0.17	0.45	0.021	0.03	0.24	425	26	355
9	150	50	6.3	6	21.67	79428	0.17	0.45	0.021	0.03	0.24	425	25	355
10	100	75	4.7	6	20.05	58571	0.17	0.45	0.017	0.032	0.25	430	26	355
11	75	50	4.7	6	20.84	75915	0.17	0.45	0.021	0.03	0.24	425	26	355
TOTAL					266.81									
TOTAL QUANTITY 266.81 MT														
WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN TESTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE SPECIFICATIONS AND THE RESULTS OF ALL TESTS ARE ACCEPTABLE														

Fuente: FeIndustrias E.I.R.L.

- Trazo, habilitado y armado

De acuerdo al Plan de Calidad de la subcontratista de Estructuras Metálicas (Anexo 03), se verificó el habilitado y armado de las estructuras metálicas mediante el uso de herramientas como flexómetros, verniers, niveles y escuadras en conformidad con los planos de fabricación. También se verificó los ángulos de los biseles mediante el uso la galga de soldadura Bridge Cam con certificado de calibración vigente. Las superficies cortadas térmicamente con equipos de oxiacetileno manual, con máquinas portátiles / estacionarias y con amoladoras no deben evidenciar rebabas, marcas de corte u otras irregularidades. Las estructuras que fueron liberadas en el armado por el área de calidad fueron rotuladas con stickers adhesivos en señal de conformidad para que continúe con el siguiente paso del proceso, el cual es la soldadura.

El control de calidad que se llevó a cabo en taller durante el habilitado y armado de las Estructuras pre ensambladas se aprecia en la figura 3.4. El cumplimiento de los procedimientos y estándares aseguró la prevención de problemas en el transcurso del montaje en Obra.

Figura 3.4: Control de calidad – Habilidadado y armado EEMM



- Soldadura

Se verificó que los electrodos de bajo hidrógeno (AWS A5.1 y AWS A5.5 antes de su uso se encuentren sellados herméticamente. Si no se usan inmediatamente después de extraerse de su empaque, se deben almacenar en un horno a una temperatura no inferior a 120°C. Los electrodos que fueron expuestos a la atmósfera durante periodos de tiempo inferiores a los lineamientos del AWS D1.1 Structural Welding Code – Steel, pueden regresarse a un horno a 120°C mínimo, después de un mínimo de 4 horas es posible volver a usarlos. Los electrodos expuestos a la atmósfera durante periodos de tiempo mayores deben hornearse de la siguiente forma:

- a) Todos los electrodos de bajo hidrógeno según AWS A5.1 deben hornearse durante por lo menos 2 horas a una temperatura entre 260°C y 430°C.
- b) Todos los electrodos de bajo hidrógeno según AWS A5.5 deben hornearse a durante por lo menos una hora a temperaturas entre 370°C y 430°C.

Se prohibió el soldeo sobre superficies humedecidas. En el Anexo 07 se muestra el documento WPS GP-55, la cual fue una de las Especificaciones de procedimiento de soldadura (WPS) y que aplicó a la soldadura de junta a tope en V. Se revisó la totalidad de WPS en relación a la disciplina de Estructuras Metálicas sin encontrar observaciones.

El Anexo 05, Procedimiento de Inspección visual, indica los criterios de aceptación aplicables a Estructuras Metálicas según AWS D1.1. El anexo 09 muestra la certificación nivel 2 en inspección visual de soldadura de acuerdo a la guía recomendada SNT-TC-1A del autor del presente Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, el cual fue requisito del Cliente para llevar a cabo las liberaciones de las Estructuras Metálicas.

Figura 3.5: Inspección visual de Estructuras metálicas



- Recubrimiento de Estructuras Metálicas

Los trabajos de pintura en taller fueron realizados de acuerdo al procedimiento de Preparación superficial y aplicación de pintura. Se verificó las fechas de vencimiento de los lotes de pintura aplicados en taller, el almacenamiento en un ambiente ventilado y la protección de la radiación UV. Las pruebas de arranque del Proyecto Consolidación de Plantas CHR – HANSEN fueron realizadas de acuerdo a la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Pruebas de arranque de pintura

Etapa	Control	Estándar
Control de sustrato, equipo y abrasivo	Sales en superficie de acero negro	SSPC - Guide 15
	Calidad del aire	ASTM D4285
	Diámetro de boquilla no mayor a 1/32"	Fabricante pintura
	Presión de aire recomendado	Fabricante pintura
Previo a la aplicación de la pintura	Sin presencia de aceites	ASTM D7393
	Conductividad del abrasivo	SSPC – AB2/AB3
	Condiciones ambientales	ASTM E337
	Perfil de anclaje	ASTM D4417
Control y evaluación de sistema seco	Nivel de granallado	SSPC
	Sales en superficie granallada	SSPC – Guide 15
	Nivel de polvos	ISO 8502 – 3
Control y evaluación de sistema seco	Medición de espesores de película seca	SSPC – PA2
	Adherencia por tracción	ASTM D4541

Figura 3.6: Medición de espesor de película seca



- Tintes penetrantes

El Anexo 06, Procedimiento de Inspección por tintes penetrantes, indica los criterios de aceptación aplicables a Estructuras Metálicas según AWS D1.1. El anexo 10 muestra la certificación nivel 2 en tintes penetrantes de acuerdo a la guía recomendada SNT-TC-1A del autor del presente Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, el cual fue requisito del Cliente para llevar a cabo las liberaciones de las Estructuras Metálicas.

Figura 3.7: Inspección por tintes penetrantes a las EEMM



3.3.2. Piping y Mecánica

- Recepción de materiales

Se verificó de acuerdo al Plan de Calidad de la Empresa principal (Anexo 04) la trazabilidad de los materiales recepcionados en taller de acuerdo a los certificados de Calidad. Las características y propiedades de los materiales deben cumplir los requerimientos del Cliente y los estándares ASTM como se ejemplifica en la tabla 3.4:

Tabla 3.4: Revisión de certificados de calidad – Piping y Mecánica

Material	Estándar	VALORES DE ACUERDO AL ESTANDAR			DE ACUERDO A LOS C. CALIDAD		
		Límite fluencia mínimo (MPa)	Resistencia a la tracción mínimo (MPa)	Concentración de carbono máximo (%)	Límite fluencia mínimo (MPa)	Resistencia a la tracción mínimo (MPa)	Concentración de carbono máximo (%)
Codo SS316L Sanitario	ASTM A270	170	485	0.035	260	568	0.029

Figura 3.8: Certificado de calidad – Codos ASTM A270 (316L)

HEBEI LONGSHENG METALS AND MINERALS CO. LTD													
MILL TEST CERTIFICATE													
SUPPLIER: HEBEI LONGSHENG METALS AND MINERALS CO. LTD				INV. NO.: 1906W617				ORDER NO.: ALSI1901					
BUYER: INDUKAY SAC				CERTIFICATE NO.: MTC1906W617				PAGE NO.: 15/21					
GOODS: FITTINGS				CERTIFICATE ACCORDING TO EN10204-3.1				ISSUE DATE: JUN. 03, 2019					
PRODUCT			SPECIFICATION FOR MATERIAL							SPECIFICATION FOR STANDARD			
FITTINGS			SS316L							ANSI B16.9			
Item No.	DESCRIPTION	Qty. (Pcs)	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo			
	3A 90°WELDING ELBOW SANITARY L/R SS316L		≤0.035	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0			
100	2.1/2"	500	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
101	3"	300	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
102	4"	200	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
	3A 90°WELDING ELBOW SANITARY L/R SS316L, CLAMP ENDS												
103	1"	50	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
104	1.1/4"	20	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
105	1.1/2"	200	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
106	2.1/2"	20	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
	3A WELDING CONCENTRIC REDUCER SANITARY SS316L												
107	3/4" X 1/2"	20	0.029	0.460	1.580	0.031	0.020	16.250	10.320	2.050			
Item No.	Heat No.	Tensile Strength(Mpa) Min. 485	Yield Strength(Mpa) Min. 170	Elongation (%) Min. 35	Hardness(HB)	Reduction of Area(%)	Heat Treatment	Dimension Inspection	Suface Inspection	Remarks			
	3A 90°WELDING ELBOW SANITARY L/R SS316L						HOT FORMED WITH TEMPERATURE: MIN.1040°C AIR COOLING			MATERIAL MEET NACE STARNDARD MR0175			
100	H190326	568	260	56	--	--		GOOD	GOOD				
101	H190326	568	260	56	--	--		GOOD	GOOD				
102	H190326	568	260	56	--	--		GOOD	GOOD				
	3A 90°WELDING ELBOW SANITARY L/R SS316L, CLAMP ENDS												
103	H190326	568	260	56	--	--		GOOD	GOOD				
104	H190326	568	260	56	--	--		GOOD	GOOD				
105	H190326	568	260	56	--	--	GOOD	GOOD					
106	H190326	568	260	56	--	--	GOOD	GOOD					
	3A WELDING CONCENTRIC REDUCER SANITARY SS316L												
107	H190326	568	260	56	--	--	GOOD	GOOD					

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN MADE IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND WITH THE REQUIREMENT CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER AND HAS BEEN TESTED TO THE SATISFACTION OF THE MANUFACTURER'S Q.C.INSPECTOR.

Fuente: Indukay S.A.C.

- Trazo, habilitado y armado

AWS D18.1 (2020) indica que los materiales abrasivos usados en el procesamiento de aceros al carbono no se deben emplear en aceros inoxidables. Se verificó que los discos abrasivos destinados al mecanizado de aceros inoxidables no se utilicen para aplicaciones en acero al carbono. En relación a los equipos mecánicos como por ejemplo los tanques, de acuerdo al AWS D18.3 Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications, se verificó el adecuado alineamiento de los miembros antes de soldar y el arriostre con puntos de soldadura.

Figura 3.9: Armado de tanques de acero inoxidable grado sanitario



- Soldadura

En relación al Piping, se verificó el cumplimiento de AWS D10.11 (2007), el cual indica que el argón es el gas más usado para el purgado de gases contaminantes (oxígeno) en la soldadura de aceros inoxidables. Se requirió orificios de entrada y salida. Por la entrada se inyectó el gas de purga al interior del sistema a un ritmo controlado, y por la salida se expulsó el gas contaminante del sistema. El orificio de salida se encontró a un nivel superior

a la entrada. La soldadura de los aceros inoxidables austeníticos se realizó con el proceso GTAW como se muestra en la figura 3.10:

Figura 3.10: Purga de gas contaminante con argón



En el Anexo 08 se muestra el documento POLINDUSTRIA/PUCP WPS 001, la cual fue una de las Especificaciones de procedimiento de soldadura (WPS) y que aplicó a la soldadura de junta a tope de tuberías inoxidables grado sanitario. Se revisó la totalidad de WPS en relación a la disciplina de Mecánica y Piping sin encontrar observaciones.

El Anexo 05, Procedimiento de Inspección visual, indica los criterios de aceptación aplicables a Mecánica y Piping. El anexo 09 muestra la certificación nivel 2 en inspección visual de soldadura de acuerdo a la guía recomendada SNT-TC-1A del autor del presente Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, el cual fue requisito del Cliente para llevar a cabo las liberaciones de los equipos mecánicos y tuberías.

En relación a la calificación de soldadores, se verificó que todos los equipos de medición (galgas de soldadura, pinza amperimétrica, pirómetro), equipos (máquina de soldar), materiales y consumibles (tuberías, varillas sólidas consumibles, argón) cuenten con sus certificados de calibración, certificados de operatividad y certificados de calidad. Se verificó y revisó los WPS (Anexo 08) del Proyecto Consolidación de Planas CHR – HANSEN.

Calificación de Soldadores

Nº WPS seguido: POLINDUSTRIA / PUCP WPS-003 (Anexo 08)

PROCESO: GTAW

STANDARD: ASME IX

Las siguientes variables se encuentran acorde al QW-350 Welding Variables for Welders.

Variables Esenciales:

- Nº P: 1 (Acero simple al carbono)
- Diámetro calificado: 2 ½" a ilimitado
- La soldadura de producción debe realizarse con material de relleno
- Nº F material de aporte: 6 (soldadura con varilla y protección de gas para material base de acero al carbono)
- La soldadura de producción debe realizarse con la forma de varilla desnuda
- Espesor de metal depositado calificado: De 5.2mm hasta 10.4mm
- Posición calificada: Todas (6G)
- Progresión: Solo se permite en ascendente
- La soldadura de producción debe realizarse con gas de respaldo
- Rango de amperaje: 75 – 105 A
- Rango de voltaje: 11 – 27 V

Variables No Esenciales:

- Diseño de ranura: V simple
- Separación de la raíz: 3mm
- Diámetro de varilla de material de aporte: 2.4 mm
- Flujo de gas: 12 - 18 litros/minuto

De acuerdo al procedimiento de soldadura, POLINDUSTRIA / PUCP WPS-003, la temperatura mínima de precalentamiento es 20°C.

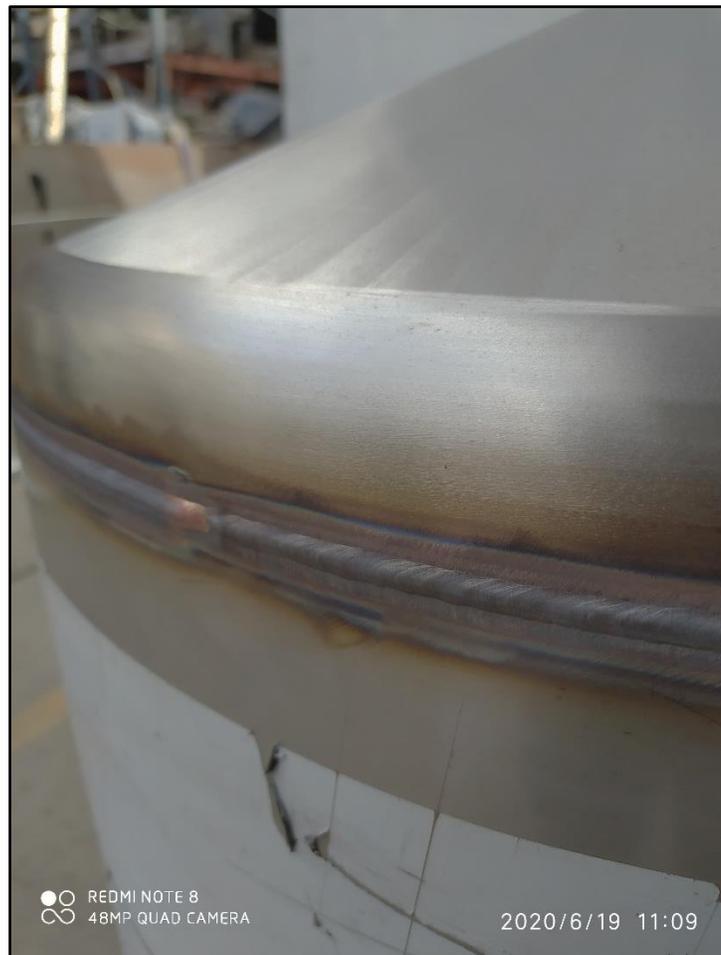
Figura 3.11: Calificación de soldadores en tubería de acero al carbono



En relación a los equipos mecánicos, como por ejemplo los tanques, de acuerdo al AWS D18.3 Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications, se verificó los criterios de aceptación de la soldadura pre acabada y post acabada. Se controló la contaminación oxígeno durante la soldadura mediante la aplicación de la técnica Tándem, el cual consiste en el trabajo coordinado de 2 soldadores al mismo tiempo en los 2 lados de la junta. Por un lado, el soldador principal (aportante) va guiando el avance mientras va fundiendo el material de aporte con el material base. Por el otro lado, el soldador de respaldo va fundiendo

el metal base sin agregar material de aporte. El avance de ambos soldadores debe ser sincronizado y cualquier fluctuación de uno debe ser compensado por el otro.

Figura 3.12: Soldadura de tanques de acero inoxidable grado sanitario



- Tintes Penetrantes

Se inspeccionó el 50% de las soldaduras de ranura y filete. Los pasos del ensayo, las condiciones ambientales y la evaluación de las indicaciones fueron de acuerdo al Procedimiento de Inspección por tintes penetrantes (Anexo 06). El anexo 10 muestra la certificación nivel 2 en tintes penetrantes de acuerdo a la guía recomendada SNT-TC-1A del autor del presente Informe

de Trabajo de Suficiencia Profesional, el cual fue requisito del Cliente para llevar a cabo las liberaciones de los equipos mecánicos y tuberías. En la figura 3.13 se muestra la aplicación del revelador y la indicación resultante.

Figura 3.13: Inspección por tintes penetrantes a tuberías



- **Radiografía**

La inspección radiográfica fue realizada por una subcontratista especializada, la cual fue responsable de proveer todos los recursos (procedimientos, placas, equipos, medidas de seguridad y otros). Se evaluó la aceptación de las inspecciones de acuerdo al estándar ASME B31.3. Las actividades fueron realizadas en horario nocturno con el objetivo de no interferir en los trabajos rutinarios ni exponer a radiación al personal.

Figura 3.14: Inspección radiográfica en tuberías



- **Recubrimientos**

Se verificó que los trabajos de recubrimientos de pintura se realicen conforme al procedimiento de pintura: preparación superficial, condiciones ambientales, sistemas de pintura, pruebas, reparación, etc. La referencia normativa es conforme a los estándares SSPC, NACE, ASTM. En la figura 3.15 se muestra la inspección de las condiciones ambientales que se realizó previo a la aplicación de la primera capa del sistema de pintura

Figura 3.15: Medición de condiciones ambientales – capa base



3.4. Ejecución de lo control de calidad en el montaje e instalación en Obra en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping

3.4.1. Estructuras Metálicas

- Instalación de pernos de anclaje

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante se verificó semestralmente la calibración de la estación total Leica TS06 Plus 3”.

En relación a la instalación de los pernos de anclaje, el Reglamento Nacional de Edificaciones en el capítulo E.090 párrafo 13.4.5.1, indica que la tolerancia para la instalación de los pernos de anclaje de centro a centro debe ser menor a 3mm. Mientras que el AISC 303 indica que la variación horizontal será en función al diámetro del perno. Se eligió el valor más restrictivo. Se verificó la tolerancia máxima de 3 mm para pernos de 19mm.

El equipo Leica TS06 Plus 3”, tiene integrado la función “medida de línea y desplazamiento”, el cual calcula a partir de mediciones o coordenadas los desplazamientos longitudinales y transversales respecto a una línea de referencia o línea conocida. Esta función se aprovechó para verificar que la separación longitudinal y transversal de los pernos de anclaje en relación al centro de la plancha base (en el cual se asumió una línea de referencia) se encuentre dentro de la tolerancia permitida. Antes y después del vaciado se verificó la ubicación de los pernos de anclaje, colocando el prisma en cada uno de los pernos de anclaje como se muestra en la figura 3.16.

Durante el montaje de las Estructuras Metálicas se instaló tuercas de nivelación y arandelas de acuerdo al párrafo 2.9.1 del AISC Design Guide 1, Base Plate and Anchor Rod Design.

El espesor del Grout utilizado fue de acuerdo al párrafo 2.10 del AISC Design Guide 1, Base Plate and Anchor Rod Design, el cual indica que si la columna se encuentra a nivel piso terminado 1 pulgada puede ser adecuado, y si se encuentra sobre un pedestal el espesor recomendado varía entre 1 ½ pulgada a 2 pulgadas. La resistencia a la compresión del Grout debe ser de al menos el doble de la resistencia a la compresión del pedestal. Las placas bases grandes pueden requerir mayor espesor de Grout. Se escarificó el pedestal por medio de un taladro percutor previo al vaciado. En la figura 3.17 se muestra el acabado de una columna aplicada con Grout.

Figura 3.16: Verificación de ubicación de pernos de anclaje



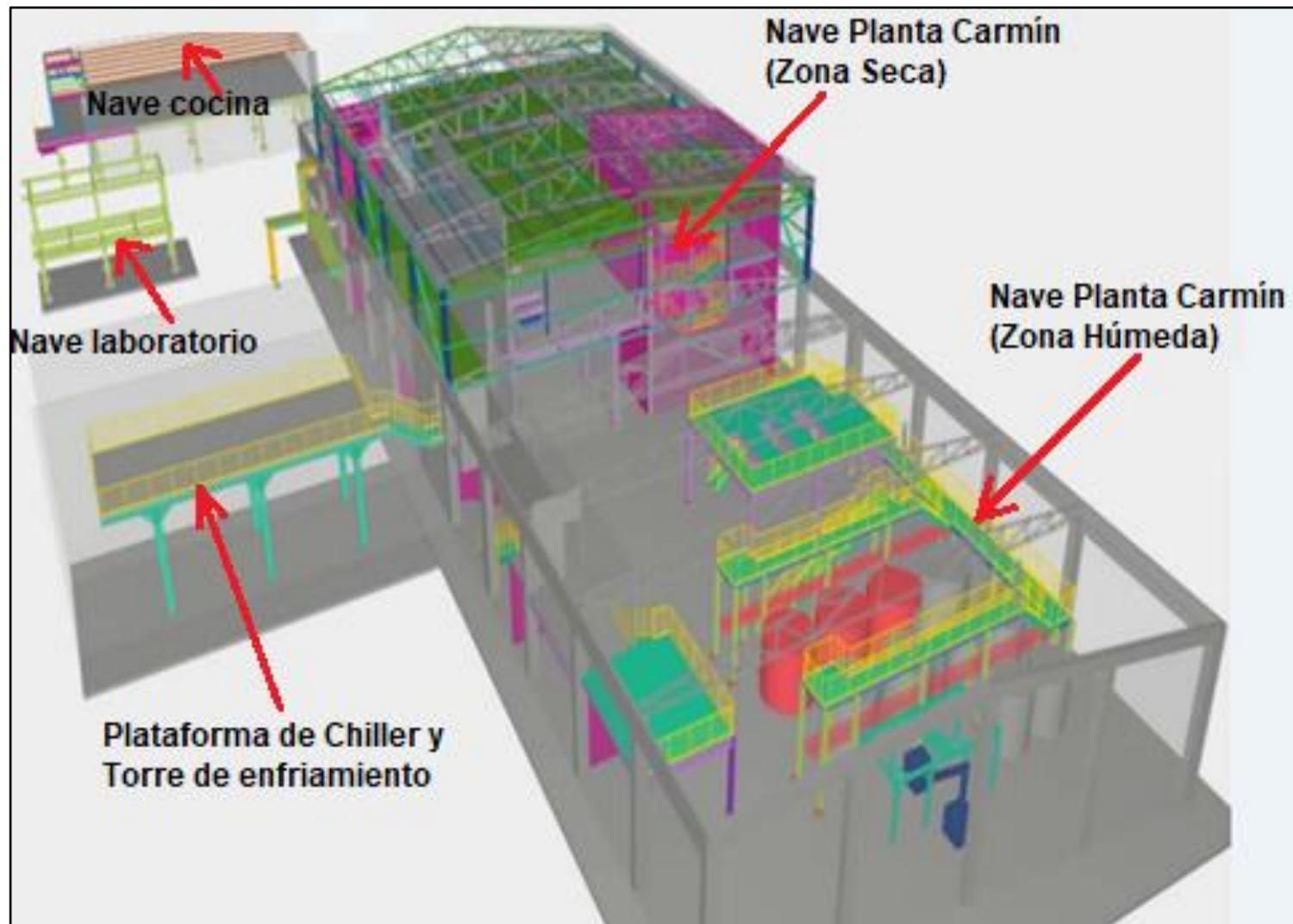
Figura 3.17: Aplicación de Grout



Figura 3.18: Montaje de estructuras pre ensambladas



Figura 3.19: Montaje de estructuras pre ensambladas - Navisworks



Fuente: POLINDUSTRIA S.A.C.

Torque

El párrafo 6.2.1 del Specification for Structural Joints Using High-Strength, indica que cuando pernos del grupo 120 (Grado A325) son pretensionados en conexión con materiales con un límite de fluencia menor que 40 KSI, se debe emplear arandelas del tipo ASTM F436 debajo de la cabeza del perno y de la tuerca. Los materiales estructurales montados en Obra correspondieron al tipo estructural ASTM A36 de 36 KSI de límite de fluencia mínimo, por ende, se verificó que todas las conexiones incluyan arandelas en la cabeza del perno y en la tuerca.

El párrafo 2.11.1 del RCSC 2020 indica que solo los pernos grado A325 pueden reutilizarse para el pretensionado, siempre y cuando tengan un acabado liso (fierro negro). En el Proyecto Consolidación de Plantas CHR – Hansen solo se emplearon pernos grado A325 galvanizados en caliente, por lo tanto, no se permitió la reutilización.

El torque de las Estructuras Metálicas fue realizado de acuerdo al Procedimiento de apriete de pernos de Estructuras Metálicas y los métodos empleados para el pretensionado fueron:

- Giro de la Tuerca (se permite el giro de la cabeza en caso sea impráctico el giro de la tuerca)
- Llave Calibrada (no se permite girar la cabeza del perno)

3.4.2. Piping, Mecánica

- Pruebas de fugas

Para la ejecución de la Prueba Hidrostática, las normas referenciales fueron el ASTM E1000 “Standard Practice for Hydrostatic Leak Testing” y el procedimiento de pruebas de fugas. Se empleó una bomba manual como se aprecia en la figura 3.20 para todas las líneas de piping.

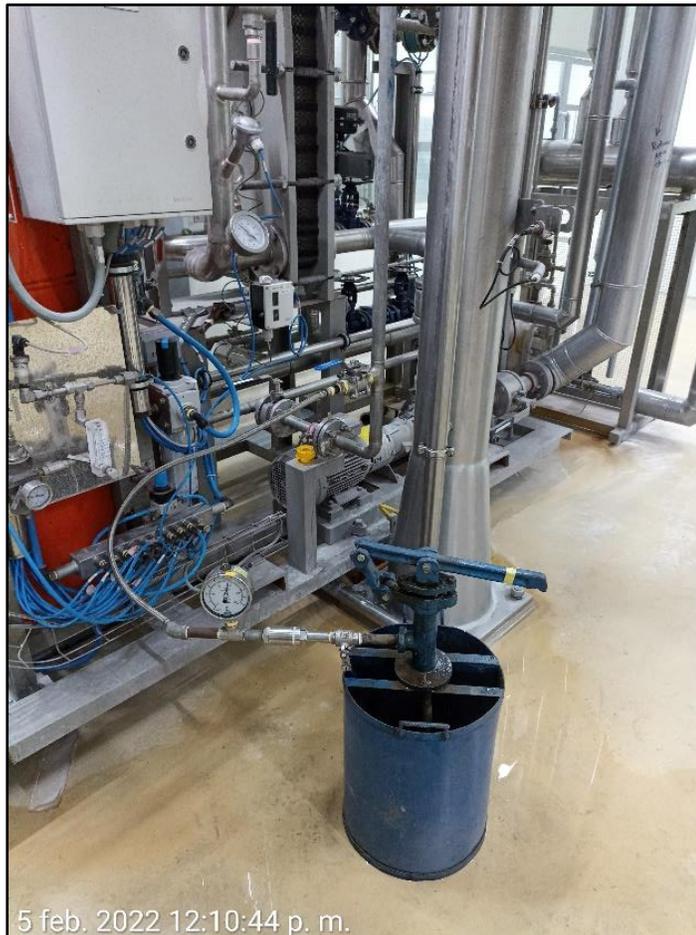
Antes del llenado del Sistema:

- Se realizó un flushing que asegure la limpieza interior del sistema.
- La entrada de fluido de prueba se ubicó en la parte inferior del objeto de prueba con la ventilación de aire atrapado en el punto más alto.
- Todas las válvulas, equipos u otros que no estén diseñados para soportar la presión de prueba hidrostática fueron retirados del sistema.
- Todas las uniones empernadas fueron torqueadas al 100% de acuerdo al procedimiento de Apriete de uniones atornilladas.
- Se empleó agua limpia para el llenado del sistema.
- Los manómetros empleados contaron con calibración vigente.

Durante la Presurización del Sistema

- Antes de comenzar la presurización, se realizó una inspección visual de todo el sistema.
- La presión de prueba fue acorde al Piping Class.
- Para la presurización se empleó bombas manuales o eléctricas.
- La presurización se llevó a cabo desde el punto más bajo del sistema, luego se aumentó gradualmente la presión del hasta el 50% de la presión de prueba, se realizó una verificación inicial de fugas. Se aumentó lentamente la presión hasta la presión de prueba final.
- Debido a que los accesorios bridados varían la presión de trabajo en función a la temperatura del fluido y la clase, se controló la temperatura del sistema para evitar accidentes por falla del accesorio.
- Se evaluó el sistema cada 15 minutos después del inicio de la prueba hidrostática.
- En ningún caso se excedió la presión de prueba en valores mayores al 10%.
- Se mantuvo la presión de prueba durante 2 horas.
- Se brindó la conformidad de la prueba hidrostática, si la presión de prueba no varía en un +/- 5%.

Figura 3.20: Prueba hidrostática a la línea de agua blanda



- Decapado y pasivado

Los trabajos de decapado y pasivado fueron realizados de acuerdo a los estándares ASTM A380 “Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems”, ASTM A967 “Chemical Passivation Treatments for Stainless Steel Parts” y el procedimiento de decapado y pasivado de equipos y tuberías.

Se define el decapado como la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable mediante el uso de productos químicos, generalmente la oxidación superficial que se genera durante la soldadura y que empobrece el contenido de cromo de la superficie del acero.

El pasivado es el proceso donde se formará en el acero inoxidable una superficie inactiva químicamente cuando esa expuesto al aire. Suele generarse espontáneamente, pero a veces puede ser necesario favorecer el proceso con tratamientos de ácidos oxidante (ácido nítrico, ácido cítrico, otros), medios mecánicos (pulidos, escobillado, granallado, otros) o una combinación de ambos. No se elimina metal alguno de la superficie.

Todos los componentes fabricados fueron decapados externamente si se tiene acceso (exterior de tuberías) y pasivados internamente si no se tiene acceso (interior de tuberías y tanques). En algunos casos la pasta decapante cumple también las funciones del agente pasivante. La pasta decapante fue aplicada con brocha y lavada con abundante agua como se aprecia en la figura 3.21. El tiempo de acción recomendado por el fabricante de la pasta decapante Soldinox a temperatura ambiental es de 5 a 20 minutos. No se aplicó sobre áreas calientes, la superficie se encontró a temperatura ambiental. El pasivado interior fue desarrollado en varias etapas de prelimpieza, limpieza, enjuagues, lavado con soda y lavado con ácidos.

Figura 3.21: Decapado de tubería inoxidable



- Medición de rugosidad

La medición de rugosidad se realizó teniendo en consideración a los estándares ISO 1302 Geometrical Product Specifications (GPS) – Indication of Surface texture in technical product documentation, ISO 4288 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture y el procedimiento de medición de rugosidad.

En el presente proyecto desarrollado, todas las superficies pulidas tuvieron un grado no mayor a $0.8 \mu\text{m}$. Para obtener el grado requerido, las superficies pulidas fueron procesadas sucesivamente con rueditas flap de número de granos 60, 120 y 180.

La figura 3.22 muestra la medición de la rugosidad que se realizó en una superficie pulida de acero inoxidable austenítico, se obtuvo un valor aceptable de $0.43 \mu\text{m}$.

Figura 3.22: Medición de rugosidad en costura pulida



3.5. Finalización del Proyecto con la entrega de Obra y Dossier de Calidad

- **Levantamiento de Reportes de Observaciones y No Conformidades**

Los responsables del área de Calidad de la Supervisión, empresa principal, empresa tercerizadora y subcontratistas verificaron el cierre de todas las Observaciones y No Conformidades identificadas. Se firmaron los registros respectivos y se anexó al Dossier de Calidad.

- **Cierre del Punch List del recorrido con el Cliente y Supervisión**

Se realizaron recorridos en Obra con el Cliente, Supervisión, empresa principal, empresa tercerizadora y subcontratas; los trabajos aún pendientes fueron registrados en el Punch List. Cuando se completaron las actividades pendientes, se formalizó por correo la fecha del último recorrido en Obra y los participantes, en cual concluyó con el cierre definitivo del Punch List con la firma del registro respectivo.

- **Entrega de Dossier de Calidad y otros entregables (maquetas 3D, cartas de garantía, otros)**

El Dossier de Calidad del Proyecto Consolidación de plantas CHR – Hansen fue entregado al responsable de Calidad de la Supervisión. Se formalizó por medio de un acta de entrega firmado por las partes interesadas. En el Anexo 11 se muestra el acta de entrega del Dossier de Calidad de la disciplina de Estructuras Metálicas. En el Anexo 14 se muestra la maqueta 3D Navisworks en el cual se aprecian las disciplinas de Mecánica y Piping.

- **Firma de Acta de entrega de Obra**

La gerencia de la Empresa principal, por medio del Acta de entrega de Obra del Proyecto Consolidación de plantas CHR – Hansen formalizó el cierre en conformidad de los requisitos del Cliente. En el anexo 12 se muestra el acta de entrega de Obra del Puente Peatonal, el cual conecta las áreas de Laboratorio y Planta Carmín (Zona Seca).

4. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1. Discusiones

4.1.1. Evaluación de la Ingeniería de detalle del proyecto del cliente.

- La figura 3.1 muestra la compatibilización realizada entre la memoria descriptiva y las Especificaciones Técnicas de la disciplina de Mecánica y Piping con el objetivo de identificar incongruencias. Es fundamental que esta compatibilización evidencie mínimas incongruencias para evitar modificaciones que retrasen el avance del Proyecto, para lo cual de acuerdo a Morales (2019), es relevante contar con el soporte de un competente departamento de Ingeniería.

4.1.2. Formulación de los lineamientos de control y aseguramiento de calidad del proyecto en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

- La tabla 3.1 enlista los documentos generados por el Área de Calidad, incluye el Plan de Calidad, el cual de acuerdo a Muñoz (2019), es fundamental para el cumplimiento de los requisitos de Calidad y éxito del Proyecto.

4.1.3. Ejecución de los controles de calidad de la fabricación en taller en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

- La tabla 3.2, tabla 3.4, figura 3.2, figura 3.3 y figura 3.8 brindan un ejemplo del control de calidad de los materiales (planchas y tubos cuadrados) recepcionados en Taller en donde se contrastan los certificados de calidad de los materiales con los estándares ASTM de fabricación. De acuerdo a Collahua (2019), este proceso asegura el cumplimiento de los requisitos del Cliente en relación a las características de los materiales.

- La figura 3.4 evidencia el control de calidad durante el habilitado y armado de las Estructuras pre ensambladas en taller, el operario mediante el uso de herramientas (escuadra) asegura el cumplimiento de las tolerancias conforme a los procedimientos. El adecuado pre ensamble de las Estructuras genera un margen de H-H de ahorro durante el montaje según Morales (2019).
- La figura 3.5 muestra la inspección visual de soldadura de Estructuras metálicas realizado en taller con el apoyo de galgas de soldadura, que de acuerdo a Alanoca (2021), con un adecuado cumplimiento del estándar aplicable se asegura la Calidad en la unión soldada.
- La tabla 3.3 enlista las pruebas de arranque de pintura en el Proyecto Consolidación de Plantas CHR – Hansen, de acuerdo a Berroa (2019), estas pruebas aseguran la adecuada aplicación del recubrimiento y la protección del sustrato metálico.
- En la figura 3.6 se muestra la medición de espesores de película seca en Estructuras metálicas. De acuerdo a Berroa (2019), el control de espesores de película seca y las otras pruebas de arranque realizadas aseguran el adecuado desempeño de la protección del sustrato.
- En la figura 3.7 se muestra la inspección por tintes penetrantes realizado a las Estructuras metálicas en taller según AWS D1.1, de acuerdo a Suarez (2020), el cumplimiento de los lineamientos del estándar aplicable asegura un adecuado desarrollo de la inspección.
- La figura 3.10 muestra un sistema de tubería de acero inoxidable que se suelda con proceso GTAW, que de acuerdo a Gallegos y Canahua (2022) es un proceso más eficiente que el SMAW. El proceso GTAW desarrolla bajas temperaturas, que se alinea a Camargo, Bohórquez y Sánchez (2018) quienes indican que temperaturas inferiores a 400°C evitan la formación de carburos de cromo y potenciales daños por corrosión intergranular. El método empleado es la cámara de purga con el cual de acuerdo a Espín et al. (2018) se obtienen soldaduras con mejores resistencias a la tracción.

- La figura 3.13 muestra el desarrollo de una inspección de un spool con tintes penetrantes y la indicación resultante (tipo lineal de color rojo) de acuerdo a los lineamientos del ASME B31.3, esto se alinea a Suarez (2020) quien concluye que el cumplimiento del estándar en mención permite una adecuada inspección con tintes penetrantes.
- La figura 3.15 muestra la medición de condiciones ambientales previo a la aplicación de la capa base del sistema de pintura, esta medición (junto a otras pruebas) de acuerdo a Berroa (2019) asegura la adecuada aplicación del recubrimiento y la protección del sustrato metálico.

4.1.4. Ejecución de lo control de calidad en el montaje e instalación en Obra en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

- Las figuras 3.16 y 3.18 muestran respectivamente la verificación de ubicación de los pernos de anclaje con equipo topográfico y el montaje en Obra de las Estructuras. El adecuado control de ambas actividades sumado al control de calidad en taller de las estructuras pre ensambladas asegura el margen de H-H de ahorro durante el montaje de acuerdo a Morales (2019).
- La figura 3.20 muestra la ejecución de una prueba hidrostática efectuado con una bomba manual, de acuerdo al procedimiento de pruebas de fugas y lo indicado por Uriarte (2017) un adecuado venteo del sistema elimina las bolsas de aire que podrían generar el rechazo de la prueba.
- La figura 3.21 muestra el proceso de pasivado de una tubería de acero inoxidable austenítico siguiendo el Procedimiento de decapado y pasivado de equipos y tuberías, de esta manera de acuerdo a Lara (2018) se mejora la resistencia a la corrosión del acero inoxidable.
- La figura 3.22 evidencia un grado de rugosidad aceptable (según las Especificaciones Técnicas del Proyecto) de una superficie de acero inoxidable austenítico pulido después de ser sometido al aporte térmico de soldadura. Esto se alinea a lo indicado por Delgado y López (2020) quienes

concluyen que el acabado superficial influye en la resistencia a la corrosión del acero inoxidable.

4.1.5. Finalización del Proyecto con la entrega de Obra y Dossier de Calidad.

- El Dossier de Calidad del Proyecto se resguarda en conformidad con el ISO 10006 (2003) el cual indica que en un proceso de cierre de Proyecto se asegura que la información documentada se conserve por un tiempo específico.

4.2. Conclusiones

4.2.1. Los resultados del Capítulo III, entrega del Dossier de Calidad y firma del acta de entrega de Obra, demuestra el cumplimiento del Control y Aseguramiento de la Calidad Mecánica en el Proyecto Consolidación de Plantas CHR – Hansen.

4.2.2. Evaluación de la Ingeniería de detalle del proyecto del cliente.

No se identifica incompatibilidades o interferencias entre los documentos del Expediente Técnico (Memorias Descriptivas, Especificaciones Técnicas, otros), Planos de Ingeniería Básica y los Planos de Ingeniería de Detalle.

4.2.3. Formulación de los lineamientos de control y aseguramiento de calidad del proyecto en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping.

Como resultado de esta etapa, se genera una lista de documentación (Plan de calidad, Plan de Puntos de Inspección, Procedimientos de Calidad) que sirve de guía en las actividades relacionadas a la Calidad.

4.2.4. Ejecución de los controles de calidad de la fabricación en taller en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping

El ítem precedente se emplea para ejecutar el control de Calidad en Taller. Durante el desarrollo de las actividades, la Supervisión verifica el cumplimiento de los requisitos de Calidad por medio de los registros (evidencia objetiva).

4.2.5. Ejecución de lo control de calidad en el montaje e instalación en Obra en relación a las disciplinas de Estructuras Metálicas, Mecánica y Piping

El ítem precedente se emplea para ejecutar el control de Calidad en Obra. Durante el desarrollo de las actividades, la Supervisión verifica el cumplimiento de los requisitos de Calidad por medio de los registros (evidencia objetiva).

4.2.6. Finalización del Proyecto con la entrega de Obra y Dossier de Calidad

Por medio del acta de entrega de Obra se formalizó la culminación las actividades. También se entregó el Dossier de Calidad del Proyecto en físico y en digital de acuerdo al Plan de Calidad.

5. RECOMENDACIONES

- El contenido del capítulo III puede servir de guía, en lo relacionado a Calidad, para el desarrollo de futuros Proyectos afines de distintos tipos de contrato (Design Bid Build, Management Contracting, EPC, Build Operate and Transfer, otros).
- Adicional a los controles y métodos descritos en el capítulo III, podrían aplicarse controles obligatorios y no obligatorios (acuerdos) en futuros Proyectos afines.
- En caso de evidenciarse incompatibilidades entre los requisitos de un Proyecto futuro y los estándares internacionales, se deberá consultar con la Supervisión y el Cliente para acordar una solución.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALANOCA VARGAS, Richar, 2021. *Control de calidad de uniones soldadas con ensayo visual y líquidos penetrantes de una estructura metálica de acuerdo al AWS D1.1*. Tesis [Ingeniero Metalurgista]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. 126 pp.
- AMERICAN WELDING SOCIETY, (2000). *Certification manual for welding inspectors*. 4ª Ed. American Welding Society, pp. 184-263. ISBN 0-87171-626-7.bse
- AMERICAN WELDING SOCIETY, (2008). *Welding Inspection Technology*. 5ª Ed. Miami: American Welding Society, pp. 9.2-9.25. ISBN 978-0-87171-579-1.
- BACA URBINA, Gabriel. 2013. *Evaluación de Proyectos*. 7ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill. pp. 4-5. ISBN 978-607-15-0922-2.
- BERROA HUARACHI, Eder. 2019. *Aplicación de control de calidad de los requisitos mínimos para el proceso de preparación superficial y recubrimiento en un tanque de clarificación del proyecto Tambomayo*. Tesis [Ingeniero de materiales]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. 81 pp.
- CAMARGO, Ernesto, BOHÓRQUEZ, Leonardo y SÁNCHEZ, Mónica. 2018. Influencia de la soldabilidad de un acero inoxidable austenítico. *Revista Científica* [en línea]. Septiembre, **33**(3), 275-286 [fecha de consulta: 15 de septiembre del 2023]. ISSN 0124-2253. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=504373145006>
- CARRO, Roberto y GONZÁLES, Daniel. 2012. *Administración de la Calidad Total*. Mar del Plata: Universidad Nacional del Mar de Plata. pp. 2-3.
- CHANG, Raymond y COLLEGE, Williams. 2002. *Química*. 7ª Ed. Ciudad de México: McGraw-Hill. pp. 769-799. ISBN 970-10-3894-0.
- COLLAHUA CUYA, Luis. 2019. *Elaboración de un Plan de Calidad para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmecánica, ubicada en*

Lurín, Lima. Tesis [Ingeniero Mecánico Electricista]. Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. 46 pp.

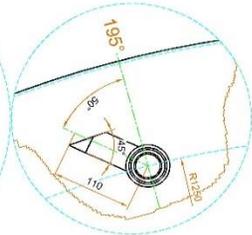
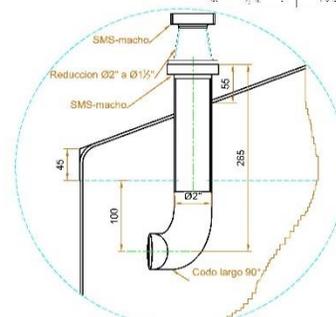
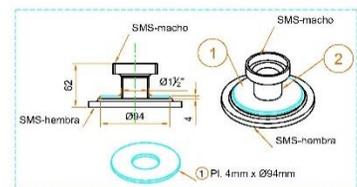
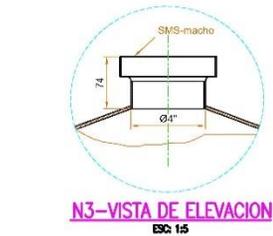
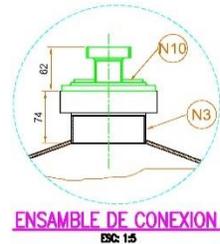
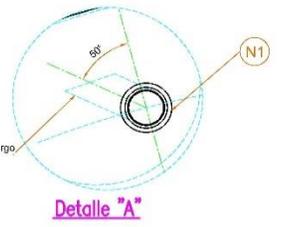
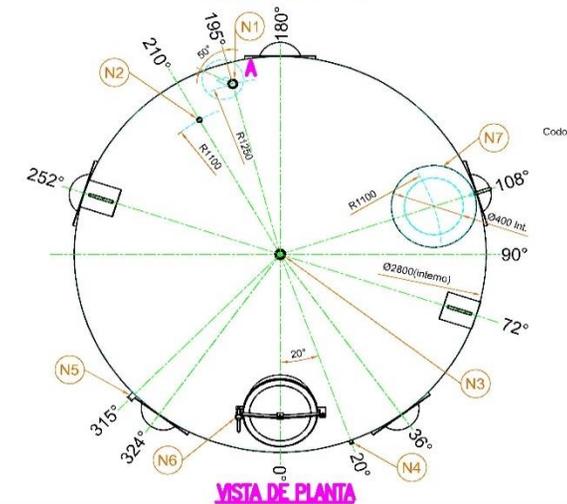
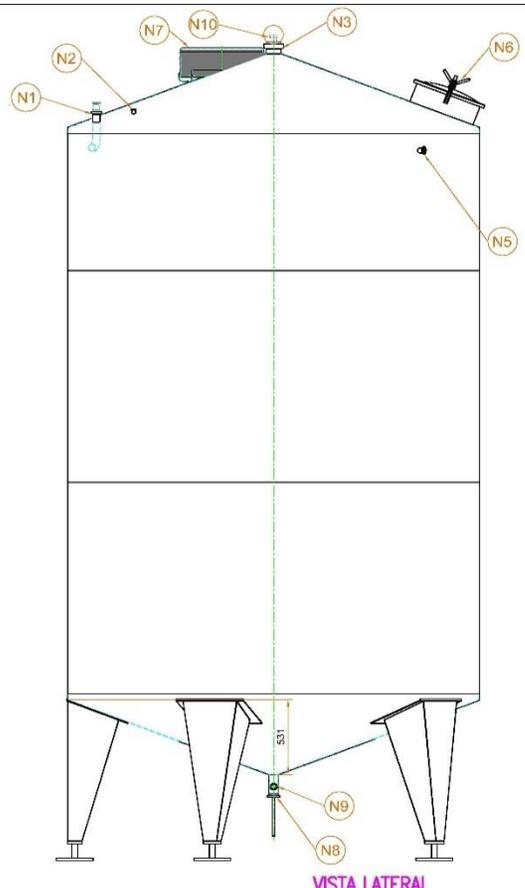
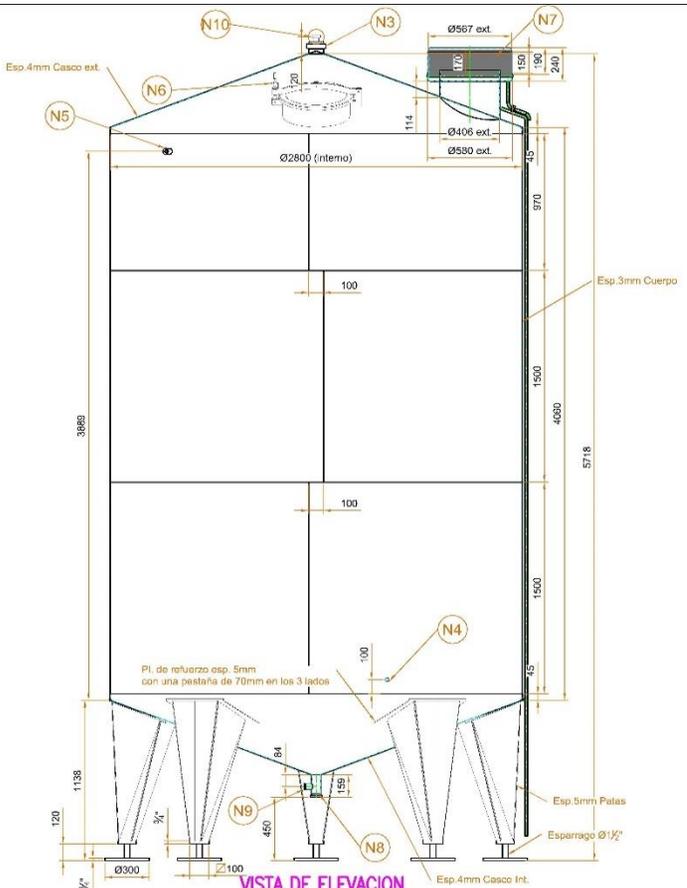
- CROSBY, Philip. 1984. *Quality Without Tears*. New York: McGraw-Hill. pp. 1-212. ISBN 0-452-25658-5.
- DELGADO, John y LÓPEZ, Andrés. 2020. *Estudio de la integridad superficial del acero AISI 420 maquinado mediante proceso de rectificado*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. 81 pp.
- DEMING, William. 1986. *Out of the Crisis*. Cambridge: Massachusetts. pp. 19-68. ISBN 978-84-87189-22-7.
- ESPÍN, Segundo et al. 2018. Influencia del contenido de oxígeno atmosférico en el proceso de purgado con argón en la soldadura TIG de tubería de acero inoxidable AISI 304. *Dyna* [en línea]. Diciembre, **86**(208), 355-361 [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2023]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.70364>
- FOSCA PASTOR, Carlos. 2006. *Introducción a la metalurgia de la soldadura*. 6ª Ed. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú Virtual. pp. 3-131.
- GALLEGOS, Pedro y CANAHUA, Nadir. 2022. *Comparación de procesos de soldadura en aceros inoxidables austeníticos* [en línea]. Puno: Instituto Universitario de Innovación, Ciencia y Tecnología Inudi Perú [fecha de consulta: 14 de setiembre del 2023]. ISBN 978-612-5069-27-6. Disponible en: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.038>
- GRZYNA, Frank, CHUA, Richard y Defeo, Joseph. 2007. *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad*. 5ª Ed. Ciudad de México: McGraw-Hill. p. 171. ISBN 978-970-10-6142-8.
- GUTIÉRREZ, Humberto. 2014. *Calidad y productividad*. 4ª Ed. Ciudad de México: McGraw-Hill. pp. 10-43. ISBN 9778-607-15-1148-5.
- HERNÁNDEZ, Germán. 2007. *Manual del soldador*. 18ª Ed. Cesol. p. 422. ISBN 9788493431624.

- JURAN, Joseph et al. 1998. *Juran's Quality Handbook*. 5ª Ed. New York: McGraw-Hill. pp. 2.5-2.7. ISBN 0-07-034003-X.
- LARA BANDA, María. 2018. *Caracterización electroquímica de la pasivación de acero inoxidable empleado en la fabricación de fuselajes de helicópteros*. Tesis [Doctor en ciencias de la ingeniería aeronáutica]. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma de Nueva León. 176 pp.
- MORALES YOVERA, David. 2019. *Optimización del proceso de montaje de estructuras en una refinería*. Tesis [Ingeniero Mecánico - Eléctrico]. Piura: Universidad de Piura. 128 pp.
- MUÑOZ MÁRQUEZ, Natalia. 2019. *Metodología para el desarrollo del plan de Aseguramiento de calidad de proyectos, basado en buenas prácticas de ingeniería*. Tesis [Maestro en dirección y gestión de proyecto de ingeniería]. Villahermosa: Centro de Tecnología Avanzada. 39 pp.
- NACE. 2010. *Coating Inspector Program Level 1*. Nace. pp. 2.1-20.13.
- SUAREZ SALAZAR, Carlos. 2020. *Inspección por Tintes Penetrantes conforme con el Código ASME B31.3-2018 a las juntas soldadas del Proyecto Carbon Steel Pipes and Spools en la empresa Metrain SAC-2020*. Tesis [Ingeniero Metalúrgico]. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 98 pp.
- SCHWEITZER, Philip. 2010. *Fundamentals of Corrosion*. New York: CRC Press. pp. 32-35. ISBN 978-1-4200-6770-5.
- SHEWHART, Walter. 1931. *Economic Control of Quality of Manufacture Product*. Lancaster: D. Van Nostrand Company. pp. 3-424. ISBN 9780873890762.
- SOLIS SANTAMARIA, Javier et al. 2021. La importancia de la estructura cristalina de los metales en los procesos mecánicos industriales. *Polo del Conocimiento* [en línea]. Septiembre, 6(9), 2409-2423 [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2023]. ISSN 2550-682X. Disponible en: DOI: 10.23857/pc.v6i9.3173

- URIARTE CONDORI, Juan. 2017. *Metodología para la aplicación, medición y control de la prueba hidrostática del Loop Costa II, tramo Chilca-Lurín*. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. 88 pp.

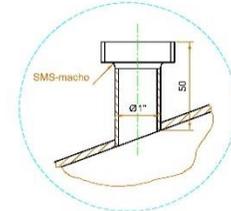
ANEXO 1

ANEXO 2

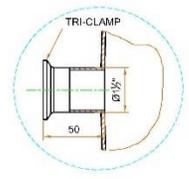


N1-VISTA DE ELEVACION
ESC: 1:5

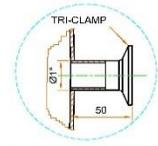
N1-VISTA DE PLANTA
ESC: 1:5



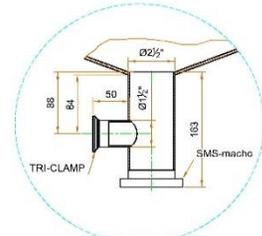
N2-VISTA DE ELEVACION
ESC: 1:2



N5-VISTA DE ELEVACION
ESC: 1:3



N4-VISTA DE ELEVACION
ESC: 1:3



N8/N9-VISTA DE ELEVACION
ESC: 1:5

Capacidad de almacenamiento
25000Ltrs

Item	Cantidad	Denominación	Código	Material
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				



TANQUE PURIFICACION #268
DETALLE DE CONEXION CUERPO, FONDO Y TAPA
CHR- HANSEN

Este dibujo contiene información confidencial y no debe ser usada
por terceros sin la expresa autorización de Plantas de S.A.

Fecha: 24/08/20
Revisado: 24/08/20
Aprobado: 24/08/20

Nombre: PLANTA
Apellido: CHIRE

Código: 1305-84001

ANEXO 3

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	1 de 41

PLAN ESPECIFICO DE CALIDAD PARA ESTRUCTURAS METALICAS

PROYECTO LIM001 NCD PCP PERU
CHR-HANSEN

ACEROS Y CONCRETOS SAC

Versión: 01
Código: SGC-PLC



	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	2 de 41

PRESENTACIÓN

GERENPRO S.A.C tiene un sistema de gestión de calidad (SGC) Auditado, basado en la Norma ISO 9001, nuestro SGC permite elaborar, gestionar, supervisar y controlar técnicamente el aseguramiento de la calidad (QA) y control de la calidad (QC) de los procesos constructivos de los proyectos que ejecuta como servicio a sus clientes.

El Plan de aseguramiento (QA) y control de calidad (QC) del proyecto será llamado **Plan de calidad** y se aplicará al control de los procesos constructivos del proyecto, está elaborado en concordancia con los requisitos del cliente, normas técnicas, códigos, especificaciones que son documentos que rigen y regulan los procesos constructivos.

Los controles de los procesos se realizan bajo el marco de la política y los objetivos de calidad de GERENPRO, que forman parte de la documentación de nuestro sistema de gestión de calidad y del plan de calidad, elaborado específicamente para el proyecto.

El presente Plan de calidad será de aplicación a todas aquellas fases que tuviesen alguna incidencia sobre la calidad del proyecto y se respalda utilizando un plan operativo de campo resumido llamado plan de puntos de Inspección PPI.

GERENPRO presentara procedimientos QA/QC y Registros QA/QC, con la finalidad de dejar evidencia objetiva del cumplimiento los controles de los procesos constructivos. Todos estos documentos forman parte del plan de calidad para este proyecto y tienen como entregable el **Dossier de calidad** al cliente y supervisión.

Nuestro cliente recibirá el Dossier de calidad del Proyecto ejecutado, con toda la información física y digital del aseguramiento y control de calidad al finalizar la obra

Nota: Proyecto se refiere a cada trabajo que GERENPRO realice, por lo tanto, el presente plan de calidad se adjunta a "cada proyecto de obra".



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 2 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

CONTENIDO

1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. POLÍTICA DE CALIDAD	6
4. REFERENCIAS	7
4.1. Abreviaciones	7
4.2. Códigos y Normas	7
4.3. Definiciones	7
5. ORGANIZACIÓN	9
5.1. Organigrama QA/QC	9
5.2. Funciones y Responsabilidades	9
6. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO (SGC)	11
6.1. Plan de Calidad	11
6.2. Planes de Puntos de Inspección (P.P.I)	11
6.3. Mapa de procesos	11
6.4. Procedimientos QA/QC	11
6.5. Elaboración de Documentos	12
6.6. Registros QA/QC	12
6.7. Calibración de Equipos e instrumentos QA/QC	13
6.8. Ingeniería y Calidad QA/QC	13
6.9. Logística, Almacén y Verificación de Calidad QA/QC	13
6.10. Identificación del Producto y Trazabilidad QA/QC	14
6.11. Supervisión QA/QC de Subcontratistas	14
6.12. No Conformidad y Tratamiento de la NC	15
6.13. Acciones Correctivas y Preventivas	15
6.14. Auditorías internas de Calidad	15
6.15. Capacitación y Entrenamiento	15
6.16. Dossier de calidad	15
7. CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE EEMM	17
7.1. QA/QC de Materiales	17
7.2. QA/QC del Armado de las EEMM	25
7.3. QA/QC de la Soldadura de Estructuras Metálicas	27
7.4. QA/QC de la preparación superficial y pintura	38
7.5. QA/QC del Torque	40
7.6. QA/QC Cobertura	41
8. ANEXO	41
8.1. Plan de puntos de inspección	41
8.2. Mapas de Proceso	41



1. OBJETIVO

El objetivo del plan de calidad, es realizar el aseguramiento y control de calidad (QA/QC) de los procesos constructivos del proyecto, garantizando que los servicios que brinda GERENPRO se realizarán en cumplimiento con los requisitos del cliente y requerimientos de la calidad establecidos por las normas técnicas, códigos y especificaciones del proyecto.

El cumplimiento del plan de calidad se realizará mediante la aplicación de los procedimientos QA/QC de GERENPRO, registrando las medidas de control en registros QA/QC, utilizando un Plan de puntos de inspección (PPI) en campo que resume el presente plan, verificando el Mapa de Procesos de cada especialidad, realizando ensayos destructivos, Ensayos NDT según alcance de las normas técnicas y Elaborando el Dossier de calidad del proyecto.

2. ALCANCE

El PLAN DE CALIDAD se aplica a las especialidades de:

- Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas.
- Instalación de pernos de anclaje.
- Placa colaborante AD600.
- Acondicionamiento de techo existente.

El Plan de calidad ha sido realizado según los documentos:

- Plan de calidad interno de GERENPRO.
- Presupuesto aprobados por parte del cliente
- Alcances y exclusiones de la propuesta de GERENPRO.
- Especificaciones y planos entregados por el cliente.

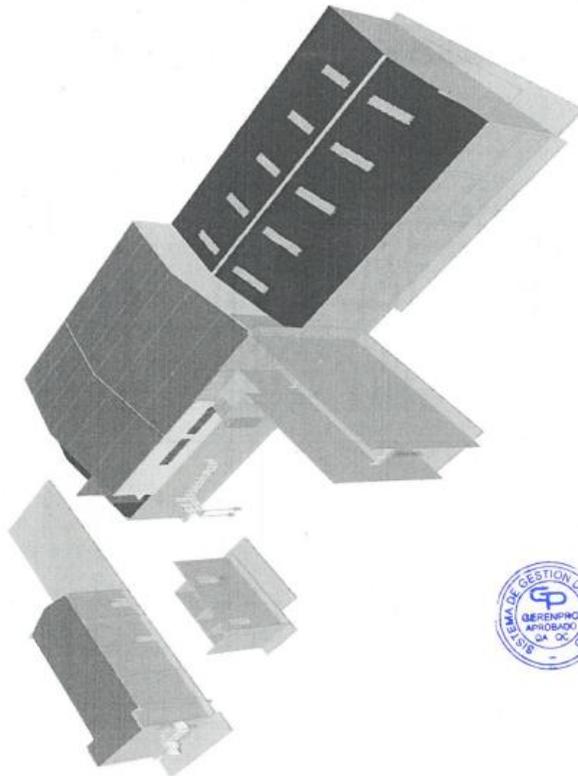
2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Av. La Molina cuadra 4, Sub lote A-2, Ate-Lima



	FORMATO PLAN DE CALIDAD O-1011		Código	SGC-PLC
			Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	5 de 41

2.2 VISTA ISOMETRICA



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 5 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO PLAN DE CALIDAD O-1011		Código	SGC-PLC
			Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	6 de 41

3. POLÍTICA DE CALIDAD



**POLITICA INTEGRADA DE CALIDAD,
SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL,
MEDIO AMBIENTE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL**

GERENCIA DE PROYECTOS SAC, es una empresa que brinda servicios en Ingeniería, obras civiles, fabricaciones de estructuras metálicas y montaje electromecánico de plantas industriales. GERENCIA DE PROYECTOS SAC establece los siguientes compromisos:

- 1 Identificar y cumplir con los requisitos legales vigentes, requisitos internos del cliente y otros requisitos necesarios para asegurar la Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Responsabilidad Social en sus actividades.
- 2 Lograr la satisfacción del cliente brindando productos y servicios, considerando la Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y la Responsabilidad Social como elementos básicos en la ejecución de los mismos.
- 3 Promover la Mejora continua del sistema de Gestión de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Responsabilidad Social.
- 4 Prevenir incidentes, lesiones, dolencias y enfermedades ocupacionales, identificando y controlando los riesgos de seguridad y salud en el trabajo de nuestras actividades, brindando un ambiente seguro y saludable a nuestros trabajadores y terceros.
- 5 Proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación ambiental Reconociendo, evaluando y controlando los aspectos e impactos ambientales relacionados con nuestras actividades.
- 6 Garantizar que los trabajadores y sus representantes sean consultados y participen activamente en todos los elementos del Sistema de Gestión Integrado de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente.


 Ricardo Martínez Woodson
 Director General
 GERENCIA DE PROYECTOS SAC

Versión : 00
 Fecha de aprobación: 07-21-13
 Aprobada por el Comité de Calidad, y Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 6 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Versión	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	7 de 41

4. REFERENCIAS

El Plan de calidad se elaboró según la ISO 10005, guía para los planes de control de calidad.

4.1. Abreviaciones

Organismos y abreviaciones que el Plan de calidad cumple:

NTP	Norma Técnica Peruana.
RNE	Reglamento Nacional de Edificación
AISC	American Institute of Steel Construction.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
AWS	American Welding Society.
SSPC	Steel Structures Painting Council.

4.2. Códigos y Normas

METÁLICAS

NTE-E.090	Norma técnica de edificación en estructuras metálicas.
ASTM A6	Especificación para requisitos generales de barras laminadas de acero.
ASTM A36	Especificación Normalizada del Acero al carbono estructural.
ASTM A325	Especificación para la Fabricación de Pernos estructural Hexagonales.
ISO 13920	Tolerancias generales para construcciones Soldadas.
AWS D1.1	Código de Soldadura para estructuras de Acero.
AWS D1.3	Código de Soldadura para estructuras de acero de espesores delgados
SSPC-SP1	Limpieza con solventes
SSPC-SP2	Preparación Superficial Manual con Lijas.
SSPC-SP3	Preparación Superficial Manual con herramienta mecánica.
SSPC-SP10	Preparación superficial al cercano al blanco.

4.3. Definiciones

- a) **Estructuras metálicas:** Estructuras a fabricar, pintar e instalar.
- b) **Suministro:** Actividad por la cual se proporcionan materiales o insumos.
- c) **Fabricación:** Actividad que comprende la elaboración de la estructura metálica.
- d) **Montaje:** Colocación de las piezas fabricadas, de acuerdo a los planos, en la posición prevista.
- e) **Inspector QA/QC:** Personal encargado de inspeccionar la calidad del suministro de los materiales, fabricación, Soldadura, pintura, montaje, obras civiles.
- f) **Propietario:** se refiere al propietario de la instalación o su representante designado.
- g) **Coordinador QA/QC:** Persona designada por el jefe de calidad para llevar a cabo las inspecciones del correcto trabajo del inspector QA/QC y coordinaciones con el cliente.
- h) **Fabricante de Recubrimientos:** proveedor de los recubrimientos de pintura
- i) **Abrasivo:** Es una sustancia generalmente sólida en forma de partícula utilizada para efectuar la limpieza de una superficie metálica o no metálica, y que produce un perfil de anclaje cuando por medio de un dispositivo se impacta a presión sobre una superficie.
- j) **Acabado:** Es la capa exterior de un sistema de recubrimiento. Proporciona resistencia adicional, ayudando a proteger al recubrimiento primario e intermedio del medio ambiente y de la acción de sustancias químicas.
- k) **Ambiente:** Es el medio físico que rodea a la superficie metálica a proteger.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 7 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Versión	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	8 de 41

- l) **Ambiente húmedo y salino:** Es el que predomina en zonas geográficas cuya humedad relativa promedio anual es mayor del 60 %, con brisa marina, así como los que se localizan a una distancia de 10 kilómetros costa adentro.
- m) **Contaminación visible:** Son todos aquellos contaminantes que se pueden ver a simple vista, encontrados en la superficie que se va a tratar, tales como óxido, cascañilla de laminación, pintura vieja, grasa, aceite o cualquier otro material extraño.
- n) **Contaminación no visible:** Son todos aquellos contaminantes que no se pueden ver a simple vista, tales como sales de cloro, sales solubles de hierro y sulfatos.
- o) **Condiciones de Operación:** Son las condiciones bajo las cuales opera un equipo, tuberías y accesorios como: Presión y Temperatura.
- p) **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's):** Es la cantidad de compuestos orgánicos y volátiles (solventes) contenidos en una pintura, que cuando se aplica a un sustrato estos ingresan a la atmósfera y participan en las reacciones fotoquímicas que con la luz solar y el calor forman ozono.
- q) **Película de pintura:** Capa de recubrimiento o pintura.
- r) **Perfil de anclaje:** Es la profundidad y la forma de la rugosidad máxima, que se obtiene cuando la superficie de un material es impactada con un abrasivo a presión o cuando se le aplica un mordentado con solución química.
- s) **Primer:** Es un recubrimiento cuyas funciones principales son la obtención de una buena adherencia con el sustrato metálico, inhibir la corrosión y presentar una superficie áspera y compatible para que las capas de enlace o acabado logren una buena adherencia.
- t) **Pintura:** Es una dispersión formada por un pigmento finamente dividido en una solución de resina, aditivos y diluyentes.
- u) **Pigmento:** Partículas en forma de polvo finamente molidas de origen natural y sintético, insoluble que cuando se dispersan en un vehículo líquido para formar una película puedan proporcionar, en adición al color muchas de las propiedades esenciales como: opacidad, grado de brillo, dureza, durabilidad, resistencia al desgaste y a la corrosión, entre otros.
- v) **Preparación de superficie:** Es la acción de eliminar los contaminantes visibles y no visibles de la superficie del equipo o material a proteger mediante la aplicación de los métodos de limpieza conocidos.
- w) **Punto de rocío:** Temperatura en la que la humedad o agua satura el aire de Ambiente y se empieza a condensar sobre la superficie del acero.
- x) **Recubrimiento anticorrosivo:** Es la pintura anticorrosiva que se aplica sobre la superficie de un metal, con la finalidad de protegerla del medio ambiente y evitar su corrosión.
- y) **Sustrato:** Es la superficie del material base sobre el que se aplica una capa de recubrimiento para protegerla de los efectos del ambiente de exposición permanente o intermitente.
- z) **Estructuras Cubiertas:** Estructuras metálicas protegidas de la intemperie y del contacto directo de los rayos del sol.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 8 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	9 de 41

5. ORGANIZACIÓN

Para el cumplimiento del Plan de calidad, GERENPRO ha dispuesto personal conformado por el Jefe de calidad, Coordinador QA/QC, Inspector QA/QC y Control de Documentos QA/QC, quienes llevarán a cabo el aseguramiento y control de calidad del proyecto.

5.1. Organigrama QA/QC



5.2. Funciones y Responsabilidades

Jefe de calidad

- Elabora el Plan de calidad y plan de puntos de inspección del proyecto según las especificaciones técnicas, planos de ingeniería y requisitos del cliente.
- Define el mapa de procesos de control de calidad a aplicar en el proyecto.
- Define los procedimientos QA/QC y registros QA/QC a aplicarse en el proyecto.
- Gestiona la calibración de equipos QA/QC.
- Establece Mejoras en los procesos constructivos de producción.
- Gestionar que se efectúen las actividades operativas de cada proceso productivo.
- Selecciona con el Jefe de calidad y supervisión del cliente los tipos de aceros y materiales equivalentes a aplicarse al proyecto.
- Aplica los sistemas de Soldaduras eficientes según elaboración de PQR y WPS.
- Aplica las juntas de soldadura eficientes con menor generación de distorsión.
- Gestiona la Calificación de soldadores.
- Selecciona e implementa los tipos de Maquinas a utilizar en el proyecto.
- Selecciona los aportes de Soldadura, Pintura, Gases, mezclas, materiales.
- Gestiona los servicios relacionados a la calidad del proyecto (Ensayos destructivos, No destructivos NDT, Calificaciones, Pruebas de materiales, Pintura).
- Gestiona, Supervisa y aplica los sistemas de pintura, Ensayos.
- Supervisa, Capacita, Audita al personal QA/QC.
- Verifica en campo la aplicación del plan de calidad y liberación de elementos.
- Gestiona el Cierre de las No conformidades internas y externas del proyecto.
- Gestiona con los proveedores y subcontratistas el cumplimiento de plan de calidad
- Gestiona la elaboración del dossier de calidad del proyecto.
- Coordina con la supervisión y Cliente.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 9 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	10 de 41

Coordinadora de calidad

- Supervisa la calidad de los procesos constructivos de obra del personal de GERENPRO y Subcontratistas de especialidades con el apoyo de los inspectores de calidad.
- Supervisa la aplicación Plan de calidad y plan de puntos de inspección.
- Aplica el mapa de procesos de control de calidad a aplicar en el proyecto.
- Selecciona los equipos QA/QC calibrados del proyecto.
- Supervisa que se efectúen las actividades operativas de cada proceso productivo.
- Elabora la lista de PQR y WPS del proyecto.
- Establece el Control de trazabilidad QA/QC del proyecto.
- Supervisa el uso y aplicación de los registros QA/QC y procedimientos QA/QC
- Supervisa la Recepción y verificación de Materiales en coordinación con Logística.
- Coordina con ingeniería el Packing list, isométricos, Planos de detalle y revisiones.
- Supervisa las actividades de Armado, soldadura, pintura del Inspector QA/QC
- Supervisa los servicios de ensayos del proyecto.
- Supervisa, Audita, capacita al inspector QA/QC y control documental.
- Verifica en campo la aplicación del plan de calidad.
- Realiza de ser necesario la liberación de elementos construidos.
- Registra la apertura y el Cierre de las No conformidades internas y externas.
- Coordina con los proveedores y subcontratistas el cumplimiento de plan de calidad
- Emite informes semanales al coordinador QAQC, supervisión del cliente.
- Supervisa la elaboración del dossier de calidad del proyecto.
- Coordina con la supervisión y Cliente.
- Gestiona y solicita los planes de mantenimiento, carta de garantía de los subcontratistas del proyecto.

Inspector QA/QC

- Aplica el plan de calidad y plan de puntos de inspección.
- Realiza el control de calidad según el mapa de procesos.
- Aplica los procedimientos QA/QC y registros QA/QC a aplicarse en el proyecto.
- Utiliza los equipos QA/QC calibrados del área de calidad.
- Ejecuta las actividades operativas de calidad de cada proceso productivo.
- Aplica los PQR y WPS establecidos por el jefe de calidad.
- Realiza la Calificación de soldadores.
- Reporta el avance del Control de trazabilidad QA/QC del proyecto.
- Realiza la Recepción y verificación de Materiales.
- Realiza las Liberaciones según los planos de ingeniería
- Supervisa las actividades de Armado, soldadura, pintura, servicios subcontratados.
- Supervisa los servicios de ensayos del proyecto.
- Registra la entrega del Plan de calidad de GERENPRO a los servicios por terceros.
- Supervisa, capacita puntualmente al personal obrero, subcontratista.
- Elabora, Registra la apertura y el Cierre de las No conformidades internas y externas del proyecto.
- Coordina con la supervisión del cliente.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 10 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Version	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	11 de 41

6. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO (SGC)

6.1. Plan de Calidad

Al iniciar el Proyecto, el Cliente según su sistema de Gestión de calidad tendrá la Potestad de entregar al Constructor GERENPRO el Plan de calidad del Proyecto a ejecutar, si el cliente no entregara dicho plan de calidad en un lapso de 7 días a partir del inicio de las obras indicado en el cuaderno de obra, GERENPRO aplicará su Plan de calidad estándar.

El presente plan de calidad de GERENPRO es de cumplimiento para las áreas de GERENPRO en Logística, Almacén, Producción, Calidad, Ingeniería, proyectos y subcontratistas, el plan de calidad será ejecutado por Inspectores QA/QC, Coordinador QA/QC, Control documentario QA/QC y auditado por el Jefe de calidad.

Si GERENPRO subcontrata servicios de terceros, el área de calidad deberá entregar el plan de calidad mediante actas al subcontratista y realizar supervisiones QA/QC.

6.2. Planes de Puntos de Inspección (P.P.I)

Establece para cada proceso constructivo controles del aseguramiento y control de calidad (QA/QC), describe las etapas en las cuales se va a inspeccionar, las características críticas, el método de inspección, los ensayos, los documentos que contienen los criterios de evaluación y los registros aplicables en cada etapa.

La supervisión, tiene opción a presenciar cualquier prueba, o inspección prevista Esta es la definición de los Puntos de Espera en el P.P.I, y en dicho caso el fabricante GERENPRO debe avisar al cliente, con 3 días de anticipación los ensayos a realizar. Si el cliente o la supervisión no se presentasen a dichas actividades, el fabricante podrá realizar las actividades previstas y continuar la fabricación, emitiendo informes fotográficos y registros de servicios contratados de las actividades realizadas con los resultados obtenidos, teniendo valides las actividades realizada para los sustentos ante la supervisión o cliente.

6.3. Mapa de procesos

El control de los procesos productivos se realizará de acuerdo a los procedimientos internos que tiene establecido GERENPRO siguiendo el Mapa de Procesos Macro SGC-MAP-02, el Mapa de control de calidad Metalmeccánico SGC-MAP-03, el Mapa de control de calidad Civil SGC-MAP-04.

6.4. Procedimientos QA/QC

Los procedimientos QA/QC de GERENPRO a utilizar según especialidad son:

CÓDIGO	NOMBRE
POL-CHR-OC-EM-PR-01	Inspección Visual Estructuras Metálicas
POL-CHR-OC-EM-PR-02	Tintes Penetrantes
POL-CHR-OC-EM-PR-03	Preparación superficial y Aplicación de Pintura
POL-CHR-OC-EM-PR-04	Ensayo por Ultrasonido
POL-CHR-OC-EM-PR-05	Mantenimiento de Estructuras
POL-CHR-OC-EM-PR-06	Recepción y Verificación de Materiales
POL-CHR-OC-EM-PR-07	Soldadura (PQR+WPS)
POL-CHR-OC-EM-PR-08	Liberación de Estructuras

Version : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 11 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Version	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	12 de 41

POL-CHR-OC-EM-PR-09	Montaje de Estructuras Metálicas
POL-CHR-OC-EM-PR-10	Instalación de pernos de anclaje
POL-CHR-OC-EM-PR-11	Torqueo de pernos
POL-CHR-OC-EM-PR-12	Montaje de cobertura
POL-CHR-OC-EM-PR-13	Desmontaje de cobertura
POL-CHR-OC-EM-PR-14	Hermeticidad de techo

6.5. Elaboración de Documentos

La elaboración de la documentación y nuevos procedimientos para el proyecto se ordenarán según el código del proyecto, ejemplo POL-CHR-OC-EM-PR-01, siendo CHR el código del proyecto, PR es el procedimiento y 01 es el contador.

6.6. Registros QA/QC

Los registros QA/QC son los Formatos llenos que proporcionarán evidencia objetiva de que los controles e inspecciones se han cumplido y de que los resultados se ajustan a las especificaciones o requisitos establecidos. Los certificados de calidad de los materiales, informes o reportes con los resultados de los ensayos que realicen como método de inspección las empresas proveedoras de servicios, también son considerados como registros de calidad. GERENPRO anexara los registros QA/QC de los procesos controlados en un dossier de calidad para el presente proyecto.

Formatos de registros

Los Registros QA/QC de todas las especialidades se trabajarán en formato Manual y/o digital.

% de Entrega de registros

El área de calidad realizara la inspección visual del 100% de estructuras (Principales y secundarias), elaborando el 100% de Registros QA/QC de las estructuras Principales (Columnas, pórticos) y el 10% de Registros QA/QC de las estructuras Secundarias (Viguetas, Arriostres, templadores, Anclajes, etc.). Estos porcentajes son los que se entregaran en el Dossier de calidad.

REGISTROS QA/QC DE GESTIÓN:

- Listado de Equipos calibrados
- NC+levantamiento+SACP+Postventa
- Satisfacción del cliente
- Acta de reunión
- Acta de entrega de obra
- Acta en entrega parcial Obra
- Acta de entrega de DOSSIER
- Punch List

REGISTROS QA/QC PARA FABRICACION DE EEMM:

- Recepción y verificación de Materiales
- Trazabilidad de Estructuras
- Lista de PQR Soldadura
- Lista de WPS de soldadura
- Calificación de WPQ
- Lista de WPQ , TWPQ de soldadura

Version : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 12 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		



FORMATO
PLAN DE CALIDAD
O-1011



Código	SGC-PLC
Versión	00
Fecha	22-08-2018
Página	13 de 41

- Control de parámetros de soldadura
- Registros Dimensional-Soldadura Primarios
- Registros Dimensional-Soldadura Secundarios
- Registro P.T
- Control de Ensayos
- Registro de Pintura-fabricación
- Lista de Homologación de pintores
- Liberación de EEMM

REGISTROS QA/QC PARA MONTAJE DE EEMM:

- Registro de Pintura de Montaje
- Registro de Montaje de EEMM
- Registro de Montaje de estructuras secundarias
- Registro de verificación de distancia entre ejes
- Registro de verticalidad de Columnas
- Registro de Torque de Pernos
- Registro de Montaje de Cobertura
- Registro de hermeticidad
- Registro de Bajada de lluvia
- Registro de liberación de Estructuras Montadas
- Registro de Grouting



6.7. Calibración de Equipos e instrumentos QA/QC

- a) Se utilizará un instrumento patrón para la verificación de la calidad de los procesos y el tiempo estimado de calibración del instrumento patrón será de cada 12 meses.
- b) Los instrumentos QA/QC utilizados por el inspector QA/QC serán comparados o se utilizarán según el certificado de calibración vigente anual.
- c) El control documentario QA/QC anexara al Dossier de calidad el registro de instrumentos calibrados del proyecto.
- d) Las herramientas de control de calidad a calibrar serán: Vernier, Micrómetro de exteriores, Cinta métrica, Galga de calibración de soldadura, Pinza Amperimétrica, Pie de Rey, Equipo de calibración de Pintura, Torquímetro.

6.8. Ingeniería y Calidad QA/QC

- El Área de Ingeniería deberá entregar los siguientes documentos al área de calidad para su correcto control y aseguramiento de la calidad del proyecto.
- a) Planos de Arquitectura, Ingeniería básica, calculo, memorias descriptivas del proyecto RFI, respuestas a consultas provenientes de la fase de licitación.
 - b) visualizador del Modelo 3d del proyecto al área de calidad en formato pdf o el que aplique.
 - c) Packing list del proyecto por sectores o total para poder realizar la trazabilidad de la fabricación
 - d) Planos de Fabricación, Montaje, especialidades de los servicios de terceros.
 - e) Revisiones de los planos constructivos.

6.9. Logística, Almacén y Verificación de Calidad QA/QC

- a) Logística deberá enviar las O.C de los materiales al área de calidad de GERENPRO y gestionar el envío de la documentación faltante de los proveedores al área de calidad.
- b) Los materiales a emplear en el proyecto serán comprados por el área Logística según el código del proyecto y serán verificados por el área de calidad según la O.C. y certificado de calidad para luego ser recepcionados por el área de almacén de GERENPRO según la O.C y cantidades.

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 13 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		



FORMATO
PLAN DE CALIDAD
O-1011



Código	SGC-PLC
Versión	00
Fecha	22-08-2018
Página	14 de 41

- c) Los materiales verificados por el área de calidad deberán cumplir las normas, códigos y especificaciones en planos señalados en el alcance de la orden de servicio de GERENPRO y el cliente o Contrato.
- d) Si los materiales adquiridos por Logística GERENPRO no cumplieran las especificaciones de calidad de los planos y/o especificaciones del proyecto, el Área de calidad realizara la NO CONFORMIDAD al producto dirigida al proveedor y Logística gestionara el levantamiento de la misma.
- e) El Material verificado por calidad pasa directamente a la gestión del Área de almacén el cual deberá apilar correctamente en las instalaciones y anaqueles.

Control de los Productos Suministrados por el Cliente

En el caso que existan productos suministrados por parte del cliente y sean enviados al taller, Obra para resguardo provisional estas deberán ser inspeccionadas, Almacenadas y el inspector QA/QC realizara un informe de calidad del estado recibido del producto.

6.10. Identificación del Producto y Trazabilidad QA/QC

La identificación del producto se realiza a partir del marcado con punto centro, equipo neumático, tipeado o etiquetado del elemento fabricado y/o Izado.
El área de calidad construye la trazabilidad a partir del packing list de ingeniería y el registro de trazabilidad de los procesos QA/QC de cada elemento.
Los marcajes iniciales son con nissen pasando a ser tipeados para luego colocarse las etiquetas de liberación de control dimensional y finalmente etiquetas de Liberación QA/QC.

6.11. Supervisión QA/QC de Subcontratistas

- a) El área de calidad deberá entregar el Plan de calidad y P.P.I al subcontratista para asegurar el cumplimiento del control de calidad de la obra.
- b) El área de calidad deberá validar los registros de sus subcontratistas para anexarlos al dossier de calidad.
- c) La Vigencia de los registros de Homologación de soldadores caducan cada 6 meses y deberán ser revaluados luego de dicha fecha.
- d) La Vigencia de los registros de Homologación de Pintores de los proveedores de preparación superficial será por proyecto.
- e) El área de calidad valida mediante registros el avance de los servicios valorizados, los subcontratistas deberán enviar su registro de control para firma por parte del inspector QA/QC y Jefe de calidad.
- f) Las No conformidades producto de los materiales, desviaciones, mala aplicación de los procesos contratados de los servicios de proveedores y subcontratistas deberán ser levantadas por los mismos en un plazo de 1 semana.
- g) Si los proveedores o subcontratistas no realizan el levantamiento de la No conformidad, GERENPRO podrá realizar el levantamiento de la No conformidad a un costo total contabilizando costos operativos, administrativos, Logística, ingeniería, calidad, seguridad, producción y Lucro cesante, los cuales se gestionará el descuento de su valorización en coordinación con el área de producción y administración de GERENPRO.
- h) El área de calidad realizara las liberaciones de retenciones por valorización final ascendentes al 10% del valor total y las que correspondan al fondo de garantía del servicio.



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 14 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	15 de 41

6.12. No Conformidad y Tratamiento de la NC

GERENPRO ha establecido un control de todos aquellos elementos que no cumplan con los requisitos especificados, los cuales, dependiendo de su situación, serán identificados y separados temporal o definitivamente basándose en la disposición que emita el inspector QA/QC en coordinación con el área de producción. El Jefe de calidad efectuara el seguimiento de los elementos no conformes hasta su disposición final referente a su utilización o no en el proyecto, Las disposiciones serán:

- a) Reparación para satisfacer los requerimientos especificados
- b) Aceptación con o sin reparación por concesión
- c) Reclasificación para otras aplicaciones
- d) Rechazo definitivo o desecho.



Todo elemento no conforme está debidamente identificado, de tal forma, que no pueda seguir su curso productivo. Asimismo, no es utilizado, hasta que la no conformidad quede resuelta y se determine si el componente es apto para su utilización o por el contrario debe ser apartado del proceso productivo. La actividad afectada, queda siempre retenida, hasta que la no-conformidad sea subsanada.

Si los materiales son reparados, serán sometidos nuevamente al proceso de control establecido en el presente documento.

La responsabilidad en la toma de decisiones de qué tratamiento a seguir en una no conformidad recae sobre el Jefe de Taller/ Residente de obra en base al examen realizado por el área de calidad.

6.13. Acciones Correctivas y Preventivas

GERENPRO ha establecido dentro de su sistema de gestión de la calidad, un procedimiento de medición, análisis y mejora, en el cual se detalla las acciones a seguir en caso de observarse un producto no conforme y las acciones correctivas que esto implica o las acciones preventivas para evitar su ocurrencia y/o recurrencia a lo largo del desarrollo del proyecto.

6.14. Auditorías internas de Calidad

El presente plan de calidad prevé el desarrollo de auditorías internas de calidad que son dirigidas por el jefe de calidad, el objetivo principal es evaluar la aplicación del plan de calidad, lo cual incluye verificar el grado de implantación del plan de calidad del proyecto e identificar las acciones correctivas / preventivas y no conformidades, de tal manera que contribuya a mejorar la eficiencia y efectividad del plan.

6.15. Capacitación y Entrenamiento

Se ha establecido dentro del Sistema de Gestión de la Calidad evaluaciones de desempeño que le permite identificar las necesidades de capacitación del personal QA/QC, según esta evaluación se capacitara al personal de calidad.

6.16. Dossier de calidad

El Dossier de calidad es un conjunto de registros garantizan y evidencian el aseguramiento y control de calidad (QA/QC) realizado al proyecto, siendo el entregable del constructor al cliente del proyecto ejecutado, el Jefe de calidad es el responsable de velar por su elaboración, mantenimiento y entrega al cliente en obra.

Dossier entregado al Cliente:

Información entregada al Cliente: 1 Tomo original y 1 Cd Scaneado +Estuche.

Información entregada a la Supervisión: 1 CD Scaneado +Estuche.

Información en Backup de GERENPRO: 1 CD Scaneado +Estuche

Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 15 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Versión	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	16 de 41

Tiempo de resguardo del backup del Dossier

GERENPRO Resguardara 1 Copia del CD Scaneado en custodia archivada y guardada por 3 años a partir de la entrega de obra, pasado este tiempo el cliente no podrá solicitar alguna gestión de copia por perdida del dossier original, GERENPRO solo enviara el cargo firmado de entrega de dossier final al cliente.

Modelo de Índice del Dossier de calidad

El contenido del dossier de calidad se realiza según modelo mostrado el cual será validado por Supervisión.

Se adjunta Índice de Dossier de Calidad

INDICE

- 1 Generalidades y Alcance del Proyecto (SCOPE WORK)**
 - 1.1 Cronograma de Obra
 - 1.2 Memoria Descriptiva
 - 1.3 Plan de Calidad de Proyecto
 - 1.4 Plan de Puntos de Inspección
- 2 Procedimientos de Trabajo**
- 3 Fichas Técnicas**
- 4 Certificados de Calidad**
- 5 Certificado de Calibración de Equipos de Medición y Ensayo (por Disciplina)**
- 6 Plan de Mantenimiento**
- 7 Registros/ Protocolos por Disciplina**
- 8 ANEXOS**
 - 8.1 Registros de calificación y registros de personal calificado**
 - 8.1.1 Registro de Calificación Soldadura
 - 8.1.2 Registro de Homologación de Pintores
 - 8.2 Códigos y Normas QA/QC**
 - 8.3 Hojas de Seguridad - MSDS**
 - 8.4 Observaciones y No conformidades**
 - 8.4.1 Reportes y cierre de Observaciones
 - 8.4.2 Reportes y cierre de No Conformidades
 - 8.5 Listado de Contactos Post Venta / Listado de datos**
 - 8.6 Listado de Planos**
 - 8.6.1 Listado de Planos Red Line (Por Disciplina / Area)
 - 8.6.2 Listado de Planos As-Built (Por Disciplina / Area)
 - 8.7 Acta de Recepción Definitiva de Obra**
 - 8.8 Garantía**



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 16 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

7. CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE EEMM

El aseguramiento y control de calidad (QA/QC) se realiza a los procesos productivos de la fabricación y Montaje de EEMM.

- A) QA/QC de Materiales
- B) QA/QC del Armado.
- C) QA/QC de Soldadura.
- D) QA/QC de los ensayos no destructivos.
- E) QA/QC Limpieza Mecánica
- F) QA/QC de la Preparación Superficial y aplicación de Pintura.
- G) QA/QC del Montaje.
- H) QA/QC del Torque de pernos
- I) QA/QC Resane de pintura en Obra.
- J) QA/QC de Instalación de cobertura

7.1. QA/QC de Materiales

El área de calidad de GERENPRO, revisara técnicamente las órdenes de compras de logística para verificar el cumplimiento de la calidad de los materiales del proyecto (Acero, pernos Soldadura, Gases, Pintura, Cobertura).

La verificación de calidad se realizará según la inspección visual del estado de los materiales y los certificados de calidad, aplicando un registro de control de materiales. Para los documentos que no posean certificado de calidad GERENPRO entregara cartas de garantía expedidas por el proveedor de materiales.

7.1.1. QA/QC del Acero

Los aceros suministrados en planchas, barras y perfiles para el proyecto serán en calidad ASTM o equivalente según las bases del proyecto, se muestran un resumen de las especificaciones más utilizadas, para mayor detalle se debe verificar con las normas ASTM.

ASTM A36 Especificación del acero estructural al carbono, aplicado a ángulos, Planchas, barras, rejillas, grating.

Análisis Químico	PERFILES	A36-PLANCHAS Y BARRAS				
		Hasta 20 mm	(20-40) Mm	(40-65) mm	(65-100) mm	100 a mas
Espesor (mm)	Todos	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29
%C máximo	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29

Propiedades Mecánicas	A36-PERFILES+PLANCHAS+BARRAS
Esfuerzo de Tracción mínimo KSI (MPa)	58-80 (400-550)
Esfuerzo de Fluencia Mínimo KSI (MPa)	36 (250)
Elongación en 8 Pulg Mínimo (%)	20

*Nota: Para más detalle de materiales ver el Procedimiento POL-CHR-OC-EM-PR-06 RECEPCION Y VERIFICACION DE MATERIALES

7.1.2. QA/QC del aporte de Soldadura

El área de calidad de GERENPRO verificara que la soldadura del proyecto cumplas con los estándares y los certificados de calidad del producto.

- SMAW: Aporte AWS E6011 de 1/8 (opcional solo apuntalamiento)
- SMAW: AWS E7018 de 1/8"
- GMAW: AWS ER70S-6 de 0.8, 1.0 mm y 1.2 mm
- FCAW: AWS E71T-1 de 1.2 mm y 1,6 mm
- SAW: F7A0-EL12K (PS1 comercial de 3/32" y 1/8") Fundente: Pop 185 o similar.

AWS E6010 (Según AWS A5.1)

Soldadura de buena penetración para el pase de raíz, para aceros no templebles, y en general no requiere almacenamiento bajo horno, ideal para trabajo sobre superficies con poca limpieza, se utiliza en diámetro de 3.2 mm, aplicado SMAW.

Análisis Químico del Metal Depositado: (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.07	0.55	0.30	max 0.020	max 0.005	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [20°C] [J]
sin tratamiento	450 - 550 (62 250 - 79 750)	min. 360 (52 200)	22 (30)	min. 60

Conservación del Producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- No requiere almacenamiento bajo horno.

Posiciones de Soldadura



AWS E7018 (Según AWS A5.1)

Electrodo revestido tipo básico para proceso SMAW, de bajo hidrogeno con buenas propiedades mecánicas y de soldabilidad, buena resistencia a la tracción, requiere almacenamiento en Horno, se utiliza en diámetros 2.5,3,2,4,0,6 mm, el gas de protección proviene de su propio revestimiento.

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.05	1.00	0.60	max 0.020	max 0.005	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [20°C] [J] [Ft-lbf]
sin tratamiento	520 - 630 (75 400 - 88 450)	min. 400 (58 000)	min.22	[30°C (22°F)] min. 70 (57)

Conservación del Producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- Almacenamiento en horno: 125 - 150°C.
- Resaca de 300°C a 250°C por 2 horas.

Posiciones de Soldadura



AWS ER70S-6 (Según AWS A5.18)

Alambre sólido para soldadura GMAW de aceros al carbono con gas de protección CO2 puro o gas Mezcla 80AR+20%CO2, diseñado para aplicaciones de alto rendimiento y alto grado de deposición, se utiliza en diámetro de 0,8,1,0 y 1.2 mm, proceso superior al SMAW.

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,08 0,15	1,40 1,95	0,30 1,15	max. 0,010	max. 0,011				0,005	

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [-30°C] [J]
Sin tratamiento	497-552 (72 050-80 000)	min. 410	22	min. 81

Conservación del Producto

Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
No requiere almacenamiento bajo nitrógeno.

Posiciones de Soldadura



AWS E71T-1 (Según AWS A5.20)

Alambre para proceso Tubular (FCAW) para soldadura de aceros al carbono con gas CO2 Puro o gas Mezcla 80AR+20%CO2, diseñado para aplicaciones de alto rendimiento y alto grado de deposición, se utiliza en diámetros de 1.2 y 1.6 mm, se utiliza para toda posición. Altas propiedades mecánicas, permite trabajar sobre superficies con falta de limpieza, superior al proceso GMAW.

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Gas de Protección
0,03	1,29	0,30	0,011	0,005	-	-	-	-	100% CO2
0,02	1,52	0,40	0,008	0,004	-	-	-	-	75% Ar/25% CO2

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado (valores típicos)

Tratamiento Térmico (Gas Protección)	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (ft-lbf)]
Sin Tratamiento térmico [100%CO2]	593 (86 000)	558 (81 000)	29	[-20°C (0°F)] 126 (93)
Sin Tratamiento térmico [75% Ar/25% CO2]	642 (93 000)	600 (87 000)	26	[-30°C (0°F)] 102 (75)

Gas de Protección: 100% CO2; 80% Ar/20% CO2; 75% Ar/25% CO2

Conservación del Producto

Mantener seco y evitar humedad.

Posiciones de Soldadura



Versión : 01

Aprobación : 17-08-20

Página 19 de 41

Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada

AWS F7A0-EL12K (Según AWS A5.17)

Alambre para proceso de arco sumergido SAW, que trabaja con fundente de protección de excelentes propiedades mecánicas y el de mayor tasa de Deposición para procesos convencionales en Posición Plan, Horizontal y Filete.

Fundente Aglomerado (OK FLUX 10.81)

Composición química típica del metal depositado (%)

AWS A5.17	C	Mn	Si	Cr	Cu	Otro
F7AZ-EL12	0.07	1.50	1.00	-	0.10	-
F7A0-EM12K	0.08	1.65	1.08	-	0.10	-

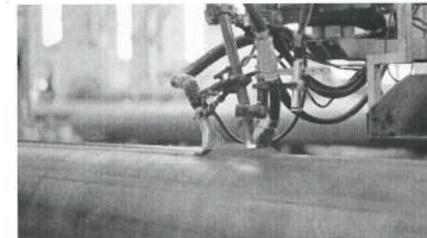
Propiedades mecánicas típicas del metal depositado (%)

Propiedades Mecánicas	F7AZ-EL12	F7A0-EM12K
Resistencia a la tracción (MPa)	575	635
Límite de fluencia (MPa)	490	560
Elongación (%)	28	27
Energía absorbida [J (°C)]	-	32 [-18]



F7A0 (Fundente)

EL12 (Alambre) (2,5,3,2 ,4,0 mm)



Versión : 01

Aprobación : 17-08-20

Página 20 de 41

Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada

7.1.3 QA/QC del Gas de protección

-Los gases de aporte a utilizar para el corte de estructuras serán Acetileno y Oxígeno
 -Los gases de Pre calentamiento del Acero serán: Propano y Acetileno.
 -Para el proceso GTAW se utilizará Argón al 100%
 -Para el proceso GMAW y FCAW Los gases de Protección de Soldadura serán: 100% CO2 Puro ó Gases mezclas (80%AR+20% CO2) para soldaduras de alta tasa de producción y/o mecanización.

- 1- Denominación del gas
- 2- Símbolo de riesgo, clase y N° UN
- 3- Frase de riesgo
- 4- Frase de seguridad
- 5- Fabricante del gas.
- 6- Aplicación del gas.



CODIGO DE COLORES PARA CILINDROS DE GASES

GAS	FORMULA QUIMICA	COLOR NORMA ICONTEC 1671/1672
OXÍGENO MEDICINAL	O ₂	
OXÍGENO INDUSTRIAL	O ₂	
ÓXIDO NITROSO	N ₂ O	
ARGÓN	Ar	
ACETILENO	C ₂ H ₂	
NITRÓGENO	N ₂	
AIRE		
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	
HIDRÓGENO	H ₂	
HELIO	He	
AGAMIX		

7.1.4 QA/QC de la Pintura

La Pintura a aplicar sobre las estructuras metálicas serán según las especificaciones del proyecto, se utilizan principalmente las pinturas epoxicas en base y acabado según sistema de pintado, el área de calidad verificara los lotes, certificados de calidad.

Nota: Se recomienda al cliente que en su alcance y presupuesto final deben de considerar que las estructuras expuestas al sol deben de estar protegidas con una capa extra de pintura poliuretano de 2 mils, para evitar el efecto de tizado de la pintura epoxica (Amarillamiento externo) de la estructura metálica producto de los rayos U.V.

Si no está definido y de ser necesario se puede recomendar un sistema a aplicar en el proyecto, según la parte 5 de la norma EN ISO 12944 describe los diferentes tipos de pintura, los sistemas más utilizado en la protección de estructuras de acero frente a la corrosión, los espesores recomendados y el número de capas aplicar, iniciando según el ambiente corrosivo de la zona.

1 mil = 25 Micras

Tabla 1: Categorías de corrosión atmosférica y ejemplos de ambientes típicos.

Categoría de corrosión	Exterior	Interior
C1 Muy baja		Edificios con calefacción y atmósferas limpias.
C2 Baja	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales.	Edificios sin calefacción con posibles condensaciones.
C3 Media	Atmósferas urbanas e industriales, con moderada contaminación de SO ₂ . Áreas costeras con baja salinidad.	Naves de fabricación con elevada humedad y con alguna contaminación.
C4 Alta	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Industrias químicas y piscinas.
C5-I Muy alta (industrial)	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y contaminación elevada.
C5-M Muy alta (marítima)	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad.	Edificios o áreas con condensaciones permanentes y contaminación elevada.

Categoría de corrosión C2

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Epoxi fosfato de zinc Acrílico hierro micáceo	1 x C-Pox Primer ZP200 HP	80 µm
	1 x C-Cryl S450 Mix	80 µm
Espesor total		160 µm
Epoxi tolerante aluminio Poliuretano	1 x C-Pox ST180 AL	110 µm
	1 x C-Thane S250	50 µm
Espesor total		160 µm

Categoría de corrosión C3

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Epoxi fosfato de zinc Poliuretano de gran espesor	1 x C-Pox Primer ZP200 HP	100 µm
	1 x C-Thane S700 HB	100 µm
Espesor total		200 µm
Epoxi tolerante aluminio Intermedio epoxi Poliuretano	1 x C-Pox ST180 AL	80 µm
	1 x C-Pox S100	40 µm
Espesor total		200 µm
Epoxi tolerante de superficie	1 x C-Pox ST180 MP	165 µm
Espesor total		165 µm

Categoría de corrosión C4

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Impregnación etilfosfato de zinc Intermedio epoxi Poliuretano	1 x C-Pox Primer IZS920	75 µm
	1 x C-Pox S130 FD	125 µm
	1 x C-Thane RPS HS	50 µm
Espesor total		250 µm
Impregnación rica en zinc	1 x C-Pox Primer ZN150	50 µm
Epoxi tolerante de superficie	1 x C-Pox ST160 MP	100 µm
Espesor total		150 µm

Categoría de corrosión C5M

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Impregnación rica en zinc Intermedio epoxi Poliuretano	1 x C-Pox Primer ZN800	75 µm
	1 x C-Pox S990 Mix FD	85 µm
	2 x C-Thane RPS HS	80 µm
Espesor total		240 µm

Categoría de corrosión C5M (cont.)

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Impregnación epoxi fosfato de zinc Intermedio epoxi hierro micáceo Poliuretano	1 x C-Pox Primer ZP200 HB	100 µm
	1 x C-Pox S990 Mix FD	140 µm
	2 x C-Thane RPS HS	80 µm
Espesor total		320 µm
Impregnación epoxi zinc Poliuretano flexible de alto espesor	1 x C-Pox Primer ZPE50	75 µm
	1 x C-Thane S690 HB F	125 µm
Espesor total		200 µm

Nota: Los sistemas arriba recomendado por la Norma ISO 12944 se aplican para pinturas y sistemas de trabajo de durabilidad de 15 años a más.

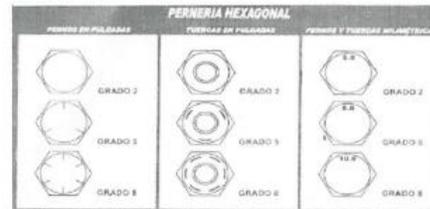
Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 23 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

7.1.5 QA/QC de los Pernos

- Los pernos de anclaje serán de calidad ASTM SAE1045 o lo indicado en planos y las especificaciones del proyecto.
- Los pernos de las conexiones de estructuras principales en la zona central serán de calidad grado 5 o de calidad ASTM A325 de cabeza y tuerca hexagonal para el caso de aplicaciones de alta resistencia o lo indicado en planos y las especificaciones del proyecto.
- Las dimensiones de los pernos y sus tuercas estarán de acuerdo a ANSI B18.2.1 y ANSI B18.2.2 respectivamente, las características de la rosca se ajustarán a lo indicado en la norma B1.1 para roscas de la serie UNC Gruesa, clase 2 A.
- Las arandelas endurecidas serán fabricadas bajo ASTM F436

PROPIEDADES MECANICAS DE PERNOS HEXAGONALES EN PULGADAS

GRADO	Díámetro	Carga de Tensión Kpuncz	Extens. a rotura %mín	Dureza en el Centro	Dureza en la Superficie	Observaciones
GRADO 2	1/4 a 3/4	38.7	45.5	70 Br/ milí min		SAE 1015, 1018
	> 3/4	23.2	35.7	100 Br/ milí max		SAE 1020 ASTM A307
GRADO 5	1/4 a 1	60	84.5	25 a 34 HRC	50 HRC max	SAE 1035, 1038, 1042, 1045
	1 a 1 1/2	52	73.9	19 a 30 HRC	50 HRC max	ASTM A325, A449
GRADO 8	1/4 a 1 1/2	84.5	105.8	33 a 39 HRC	58.6 HRC max	SAE 8025, 8040, 4140, 4037 ASTM A439 grado 80, A354



NOMENCLATURA Y MEDIDAS DEL PERNOS ESTRUCTURAL



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 24 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

7.2. QA/QC del Armado de las EEMM

El QA/QC del armado lo realiza el inspector QA/QC de GERENTPRO, supervisado por el jefe de calidad, utiliza herramientas Winchas, vernier, Micrómetro, Niveles, escuadras.

El corte de los materiales podrá hacerse térmicamente por equipos de oxicorte y Plasma o por medios mecánicos (Cizallado, aserrado, esmerilado), los biseles una vez cortados deberán quedar libres de rebabas.

7.2.1 Inspección del Armado

Para la Inspección QA/QC del armado, se verificará:

- La calidad de los aceros de armado según los planos de fabricación.
- El proceso de soldadura y aporte de soldadura para el armado.
- La preparación de los biseles según PQR/WPS de soldadura considerando tolerancias de contracción por soldadura.
- La Machina de Fabricación para estructuras repetitivas.
- En caso de Tijerales la contraflecha de la Machina, Uso de Backing de respaldo en uniones a tope de tijerales, posición de los agujeros y accesorios.
- Para las fabricaciones Primarias (columnas, vigas) se elaborarán registros QA/QC al 100% por procesos y se liberarán con un sticker de QA/QC GERENTPRO de Liberado.
- Para las fabricaciones Secundarias (Arriostres) se elaborarán registros QA/QC EN Spot.

7.2.2 Tolerancias Dimensionales

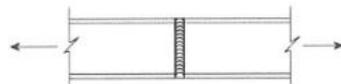
Las tolerancias dimensionales lineares y angulares que serán adoptadas para la aceptación o rechazo de elementos soldados se encuentran indicadas en el estándar ISO 13920 CLASE A: "Tolerancias Generales para Construcciones Soldadas", dichas tolerancias se aplicaran para los registros QA/QC de GERENTPRO.

7.2.3 Empalme de Alas y Almas entre en columnas, vigas y Pórticos Metálicos

Para el empalme de alas y almas se buscará optimizar el uso de los materiales con criterios de calidad, razón por la cual se aplicarán los siguientes ítems:

Número de cortes permitidos en estructuras:

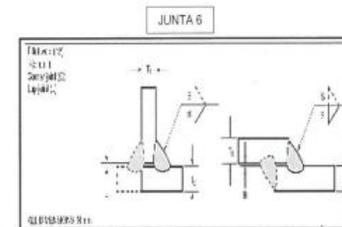
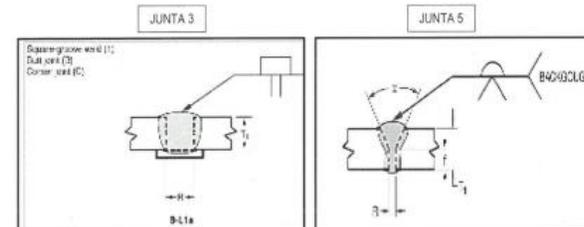
- En elementos mayores a 4m y menores a 6m, tendrán 1 empalmes soldados como máximos.
- En elementos menores a 8m y mayores a 6m, tendrán 2 empalmes soldados como máximos.
- En elementos menores a 14m y mayores a 8m, tendrán 3 empalmes soldados como máximo.



7.2.4 Preparación de Bordes de Juntas a Soldar

Los Biseles a utilizar en la fabricación serán según las recomendaciones de los códigos, Normas de soldadura y los PQR de GERENTPRO.

- Para las Juntas de estructuras metálicas de Penetración Completa con bisel recto simple y uso de plancha de respaldo Backings usaremos el diseño de junta (Junta 3)
- Para las Juntas de estructuras metálicas de Penetración Completa con bisel recto simple, sin uso de plancha de respaldo backing utilizaran soldadura por ambos lados. (Junta 5)
- Para las Juntas de estructuras metálicas de Penetración Completa en T se usará la junta (Junta 6)
- Las Juntas en Filete en Tijerales serán de penetración parcial según el detalle (Junta 6)



	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Version	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	27 de 41

7.3. QA/QC de la Soldadura de Estructuras Metálicas

7.3.1. Lineamientos de Soldadura

Procedimiento de Soldadura (WPS)

Los procedimientos de soldadura a utilizar por GERENPRO serán WPS precalificados y/o calificados según AWS D1.1

Todos los WPS precalificados o calificado, serán visados por un inspector de construcciones soldadas y/o CWI.

Calificación del procedimiento de Soldadura (PQR)

La calificación del procedimiento de soldadura llamado PQR para la aplicación de los procesos constructivos de fabricación según Código de soldadura AWS, no caduca según fecha de realización del PQR, es decir si el PQR realizado por GERENPRO para un caso de espesor de material y clase de material definido fue en el Año 2000, este puede ser utilizado en adelante para la Ejecución de todos los proyectos realizados con las mismas variables y no se requiere volver a realizar el PQR y WPS (Procedimiento de soldadura respectivo).

Calificación de Soldadores (WPIQ)

Los Soldadores y Operadores de soldadura deberán ser calificados y presentar homologación vigente de 6 meses de antigüedad o validación por ensayo NDT continuo de trabajo.

Método de soldadura

La secuencia y proceso de soldadura deberán ser tales que minimicen la distorsión y contracción. Donde sea requerido en los planos se deberán aliviar las tensiones a través de tratamientos térmicos.

Reproceso de Soldadura

Cualquier trabajo correctivo en el proceso de fabricación, de ser necesario, se puede lograr por medios mecánicos o localizados por la aplicación de una cantidad limitada de calor, que no superé los 650 ° C.

Control de Parámetros de soldadura

La verificación de los parámetros de soldadura de las máquinas de soldar se realizará mediante el uso de amperímetros calibrados y se registrará al inicio y final del proyecto. Se realizará por spot de equipos.

Juntas a Tope

Todas las juntas a tope deberán de ser de penetración completa, usándose para esto soldadura de chafán doble o individual, según las dimensiones de la pieza y la posición de la junta y de acuerdo con la información mostrada en los dibujos para la fabricación.

Juntas en Filete y Solape

Todas las juntas a filete y solape serán de penetración parcial para cargas estáticas a menos que por consideraciones de diseño de cargas dinámicas indique lo contrario y este especificado en los planos.

Version : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 27 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD O-1011		Version	00
			Fecha	22-08-2018
			Página	28 de 41

7.3.2. QA/QC de los Procesos de Soldadura

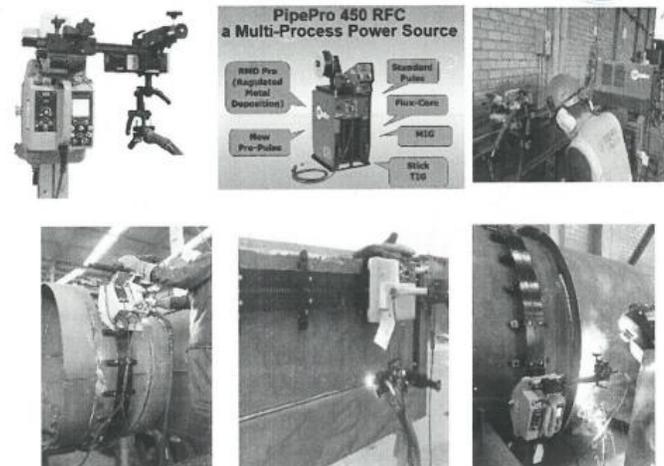
La selección de los procesos de soldadura a utilizar se aplica en función al tipo de acero, espesor del Acero, criterios de productividad y de obra, posición de soldadura. Los Procesos de soldadura de GERENPRO son: SMAW, GMAW, GTAW, FCAW, SAW.

7.3.3. QA/QC de Máquinas de soldar

Se les realizarán un contraste de parámetros, comparando los parámetros de voltaje y corriente del multimetro calibrado versus los parámetros de soldadura del display de la máquina de soldar, dichos datos se llevarán a un registro QA/QC (2 registros en máquinas principales)

- SMAW: Máquinas de Aplicación: Monofásicas y trifásicas R220, R330, R400, STAR 162, CST 280.
- Maquinas GTAW: Inversoras+ CST 280+Miller XMT 350
- GMAW: Maquinas de Aplicación: trifásicas CCEP, Multiprocesos, Carritos semiautomáticos, CEMONT, Miller XMT 350+Suitcase 12 VS.
- GMAW Pulsado: Pipepro 450 RFC y KAT-Gulico oscilador.
- FCAW: ESAB ORIGO L405, XMT 350 +Suitcase 12 VS
- SAW: Arco sumergido Dimensión 652+Jetline.

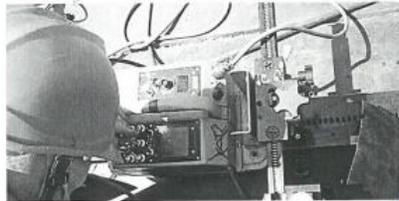
PROCESO GMAW (Transferencia RMD/PROPULSE/CONVENCIONAL)



Version : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 28 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

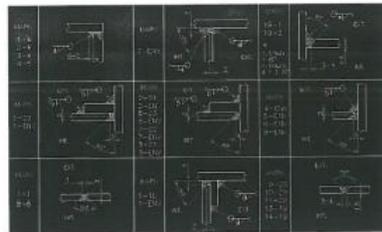
7.3.5. Homologación de Soldadores y/o Operadores

- Los soldadores de taller/obra deberán ser calificados y presentar homologación vigente W/PQ de 6 meses de antigüedad validados por un CWI.
- La Calificación de soldadores se realizará según WPS-GERENPRO, inspección visual y Ensayo destructivo /NDT según el código de soldadura.
- Las estampas del soldador se realizarán según las iniciales de su nombre y DNI. JOE VIVAS LAZO DNI: 42243419 Estampa: JVL419
- La valides de la Homologación será según adjunto de reporte de dobles, NDT, caducidad.



7.3.6. QA/QC de planos de Ingeniería

Se revisan los detalles de soldadura de los planos de ingeniería según AWS A2.4.



7.3.7. QA/QC del Pre calentamiento del Acero

Cuando sea necesario, dependiendo del acero, espesor de las planchas a soldar y las condiciones de temperatura, deberá hacerse un pre-calentamiento antes de iniciar el proceso de soldadura y se realizara el cálculo de la temperatura de precalentamiento en función de la composición química y espesor del material y condiciones de trabajo. El control de la temperatura se realiza con Tizas térmicas y pirómetros.



7.3.8. Inspección visual de los cordones de soldadura (100% VT)

La Inspección visual de soldadura lo realiza el inspector QA/QC de GERENPRO, supervisado por Jefe de calidad, La Inspección visual de los cordones de soldadura se realizará en el antes, durante y después del proceso de unión por soldadura.

- La inspección visual de la soldadura se realiza al 100% de las estructuras fabricadas.
- La inspección visual se realiza en superficies limpias de escoria y salpicaduras.
- La inspección visual se realiza con el uso de un calibrador de soldaduras. (BRIDGE CAME y/o V-WAC Gage)
- Los cordones de soldadura se inspeccionan según los criterios de aceptación de los códigos y normas de soldadura.
- En obra se realizará inspección visual en las zonas reforzadas y/o reparación siendo registrado en el formato POL-CHR-OC-EM-PR-01

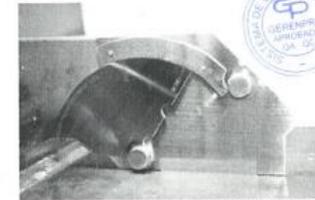
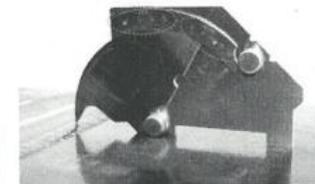


Fig. 5 Medición de longitud de soldadura de fillet.



Fig. 6 Tomado de la geometría de cordones de fillet.



Medición del Corozo de Soldadura



Fig. 7 Medición de Bases de fillet

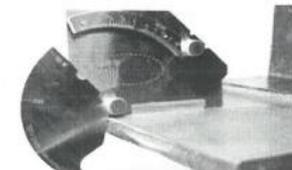
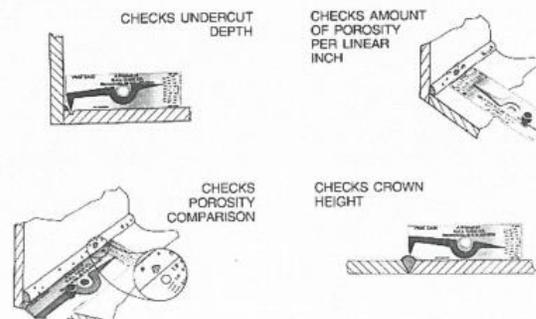
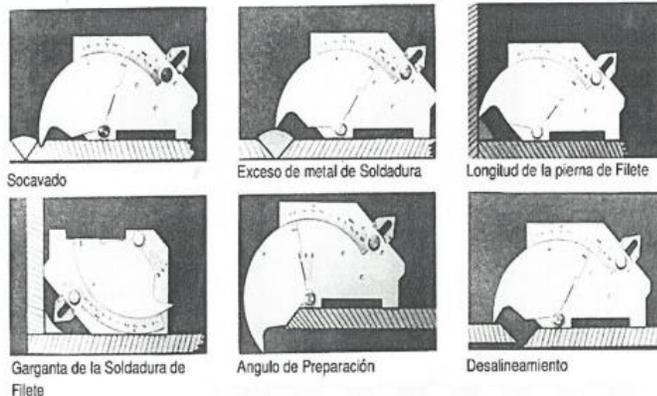


Fig. 8 Medición del Espesor de preparación



7.3.9. Juntas de Penetración completa y parcial.

- a) Las Juntas de penetración completa se simbolizan CJP y se aplican a juntas a Tope.
- b) Las Juntas de Penetración parcial se simbolizan PJP y se aplican a juntas a Filete, solape (traslape) y de borde.
- c) Para la Fabricación de Vigas de Alma llena a partir de filetes de planchas estructurales, se utilizará juntas PJP con catetos de soldadura según los espesores del acero.

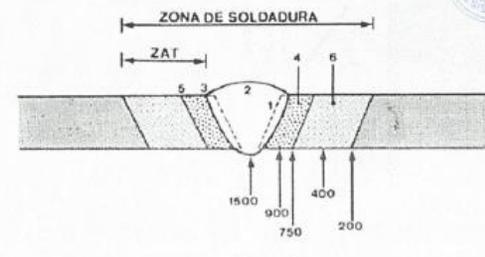
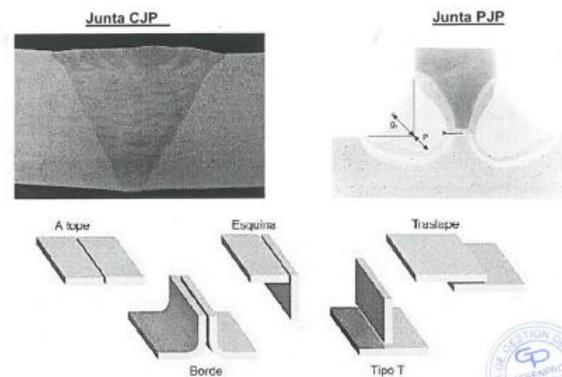


Figura 2

- 1- Borde inicial de la junta
- 2- Metal de soldadura
- 3- Línea de fusión
- 4- Parte transformada de la ZAT
- 5- Línea de transformación
- 6- Parte de baja temp. de la ZAT

7.3.10. Criterios de Aceptación de la inspección visual de los cordones soldadura
a) Serán según AWS D1.1 2015

Tabla 6.1
Criterios de aceptación de la inspección visual (véase 6.9)

Categorías de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones no tubulares cargadas estáticamente	Conexiones no tubulares cargadas cíclicamente						
(1) Prohibición de grietas No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación.	X	X						
(2) Fusión del metal de soldadura/metal base Deberá existir fusión completa entre las caras adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X						
(3) Sección transversal del cráter Se deberán llenar todos los cráteres para proporcionar el tamaño de la soldadura especificado, excepto en los extremos de soldaduras en filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X						
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deberán cumplir con 5.23.	X	X						
(5) Tiempo de inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede comenzar inmediatamente después de que se hayan enfriado las soldaduras finalizadas a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para aceros ASTM A 514, A 517, y A 709 (Grupo HPS 100W [HPS 600R]) deberán estar basados en inspecciones visuales realizadas en un lapso no menor a 48 horas después de la finalización de la soldadura.	X	X						
(6) Soldaduras de tamaño inferior al nominal El tamaño de una soldadura en filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (L): L: tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm] disminución admisible de L, pulg. [mm] <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>≤ 5/16 [1]</td> <td>≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td>1/4 [6]</td> <td>≤ 3/32 [2,5]</td> </tr> <tr> <td>≥ 5/16 [8]</td> <td>≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table>	≤ 5/16 [1]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2,5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X
≤ 5/16 [1]	≤ 1/16 [2]							
1/4 [6]	≤ 3/32 [2,5]							
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]							
En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño inferior al nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura. En las soldaduras de alma a ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitud igual al doble del ancho del ala.								
(7) Sovacación (A) En el caso de materiales de menos de 1 pulg. [25 mm] de espesor, la socavación no deberá exceder de 1/32 pulg. [1 mm], con la siguiente excepción: la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm] en cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier caso de 12 pulg. [300 mm]. En el caso de materiales con espesor igual o mayor de 1 pulg. [25 mm], la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm], cualquiera sea la longitud de la soldadura. (B) En miembros principales, la socavación no deberá ser mayor de 0.01 pulg. [0.25 mm] de profundidad cuando la soldadura sea transversal al esfuerzo de tracción bajo cualquier condición de carga. La socavación no deberá ser superior a 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad en ningún caso.	X							
(8) Porosidad (A) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldaduras en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32 pulg. [1 mm] o más de diámetro no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 1/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (B) La frecuencia de la porosidad vermicular en las soldaduras en filete no deberá exceder de una en cada 4 pulg. [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. Excepciones en el caso de soldaduras en filete que conectan rigidizadores al ala, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (C) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular. En todas las demás soldaduras en ranura la frecuencia de la porosidad vermicular no deberá exceder de una en 4 pulg. [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm].	X	X						

7.3.11 QA/QC de los Ensayos NDT

GERENPRO realizará ensayos no destructivos para la fabricación y Montaje de estructuras metálicas Principales y así validar la sanidad interior de las uniones soldadas según los WPS, PQR, WPO del proyecto.
Los ensayos NDT que realizará GERENPRO será VT/PT/UT para el presente proyecto

Ensayos de tintes penetrantes (10%) en TALLER y OBRA

- El ensayo no destructivo de Líquidos Penetrantes tiene como abreviatura (P.T) y se aplicara en estructuras principales (tijerales, columnas y vigas pórtico prefabricadas) en juntas de soldaduras de juntas a filete, en T y/o a tope para el presente Proyecto.
- El ensayo P.T será aplicado a estructuras de cualquier espesor de acero.
- La cantidad de Ensayos P.T a realizar por GERENPRO será al 10% de la cantidad total de estructuras principales y la selección de dichas estructuras será realizada por el inspector QA/QC de GERENPRO o por la supervisión del cliente.
- El ensayo de PT en Tijerales, será el 10% cantidad del total en un máximo muestro de 04 juntas en filete.
- El ensayo de P.T en columnas, vigas, será el 10% cantidad del total en un máximo 02 juntas en CJP, en el pase raíz.
- Si el cliente solicita una mayor cantidad de ensayos al propuesto en este párrafo, este será considerado adicional, estableciéndose un control de cambios en el presente plan de calidad.
- Para la realización del ensayo será realizado por inspectores de GERENPRO calificados o Servicio contratado. Los registros de ensayos de tintes serán validados por un Inspector ASNT-SNT-TC-1A Nivel 2 PT.
- En caso de falla de P.T se realizará la reparación y ensayo respectivo.
- Los Registros de Ensayos P.T serán Anexados al Dossier de calidad.



	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Versión	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	37 de 41

Ensayos de Ultrasonido (10%) en TALLER

- a) El ensayo no destructivo de Ultrasonido tiene como abreviatura (U.T) y se aplicara en estructuras **principales** en Juntas de soldadura de uniones a **Tope con penetración completa según AWS D1.1 en espesores mayores a 6mm.**
- b) El ensayo U.T será del tipo convencional y será aplicado a elementos principales (Columnas, vigas)
- c) La cantidad de Ensayos U.T a realizar será igual al 10% del total de elementos principales y la selección de dichos elementos será realizada por el Control de calidad de GERENPRO o por el Cliente.
- d) El ensayo de U.T será aplicado al 10% cantidad del total en un máximo 02 juntas en CJP por elemento principal seleccionado.
- e) Si el cliente solicita una mayor cantidad de ensayos al propuesto este será considerado adicional, estableciéndose un control de cambios en el presente plan de calidad.
- f) Para la realización del ensayo GERENPRO contratará a una empresa de prestigio en el tema de NDT (Ensayos no destructivos) y se seguirá el procedimiento del proveedor según equipos de ensayos y lo realizarán los inspectores calificados ASNT-SNT-TC-1A Nivel 2 UT.
- g) En caso de falla de U.T se realizará la reparación y ensayo respectivo.
- h) Los Reportes de Ensayos U.T serán Anexados al Dossier de calidad.



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 37 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

	FORMATO		Código	SGC-PLC
	PLAN DE CALIDAD		Versión	00
	O-1011		Fecha	22-08-2018
			Página	38 de 41

7.4. QA/QC de la preparación superficial y pintura

En el proceso previo de preparación superficial se aplicará ensayos QA/QC al abrasivo (Conductividad por Parche bressler/rugosidad) utilizando la norma del fabricante de pinturas. Los resultados obtenidos serán registrados en los reportes de pintura anexados en el dossier de calidad.

7.4.1. Preparación superficial

Según los alcances del proyecto la preparación superficial será según Taller:

SSPC-SP10: Chorro de limpieza cercano al blanco

Obra:

SSPC-SP3: Limpieza mecánica utilizando equipos motrices (escobilla circular)

SSPC-SP2: Limpieza mecánica utilizando equipos manuales (Lijas y cepillos)

7.4.2. Pintura

- a) Se debe verificar las condiciones ambientales antes del proceso de pintado verificando que la Humedad relativa sea menor a 85%.
- b) El sistema de pintura en base y acabado a aplicar será según las especificaciones del proyecto.
- c) El procedimiento de Pintura lo entrega el proveedor de recubrimientos y se aplica a fabricación y obra.
- d) Para las estructuras metálicas que se realizaran mantenimiento se realizará según el procedimiento de pintura y registrado en formato DTP CHR_OC_RG_09
- e) El grado de Rugosidad a controlar será de 1 a 3.
- f) Según la Norma SSPC-PA2. Las lecturas individuales de espesor de Película seca pueden estar y ser aceptados si son menores al 80% del espesor establecido y mayores al 120% del espesor establecido. Pero el promedio de los spots obtenidos será de acuerdo a lo solicitado.
- g) El inspector QA/QC de GERENPRO utilizara el equipo medidor de espesores de pintura POSITECTOR/ELCOMETER para realizar las inspecciones de campo.



Versión : 01	Aprobación : 17-08-20	Página 38 de 41
Una vez impreso este documento, se considera copia no controlada		

7.5. QA/QC del Torque

- a) El inspector QA/QC revisara el procedimiento de apriete de pernos estructurales.
- b) Se verificará que se utiliza equipos calibrados en obra.
- b) Se selecciona el Torquimetro según el rango de torque a aplicar.
- c) Se destraba el seguro y se selecciona el torque, se traba el seguro y se revisa la rotación.



El Torque de los pernos de Conexión de estructuras metálicas se realizará en obra siguiendo la presente tabla donde establece un rango de valores en Libras-Pie.

TABLA 1

PROPIEDADES MECANICAS DE PERNOS HEXAGONALES EN PULGADAS

GRADO	Diámetro	Carga de Prueba (kg/mm ²)	Esfuerzo de rotar (kg/mm ²)	Dureza en el Centro	Dureza en la Superficie	Observaciones
GRADO 2	1/4 a 3/4	38.7	45.5	70 Brinell min		SAE 1015, 1018 SAE 1020 ASTM A307
	> 3/4	23.2	38.7	100 Brinell max		
GRADO 5	1/4 a 1	60	84.5	25 a 34 HRC	50 HRC max	SAE 1035, 1038, 1040, 1045 ASTM A325, A449
	1 a 1 1/2	52	73.9	19 a 30 HRC	50 HRC max	
GRADO 8	1/4 a 1 1/2	84.5	105.6	33 a 39 HRC	58.6 HRC max	SAE 8625, 8640, 4140, 4037 ASTM A490, grado BD, A354

PERNOS HEXAGONALES G-2, G-5, G-8 Fe, INOX - PERNOS SOCKET PRISIONERO ALLEN - TORNILLOS - STOVE BOLTS - ARANDELAS Y ELEMENTOS AFINES PARA LA INDUSTRIA EN GENERAL

TORQUE SUGERIDO Y CARGA DE ALERTA PARA PERNOS EN GRADO 2,5 y 8

Diámetro y Paso	Área de rosca mm ²	GRADO 2			GRADO 5			GRADO 8		
		Resistencia a la Tracción (Lbs.)	Torque de Apriete lbs x pie	Palanca en cm para 100 Kgs	Resistencia a la Tracción (Lbs.)	Torque de Apriete lbs x pie	Palanca en cm para 100 Kgs	Resistencia a la Tracción (Lbs.)	Torque de Apriete lbs x pie	Palanca en cm para 100 Kgs
1/4-20	20.52	1040- 1574	4- 7	0.76	1622- 2433	7- 10	1.21	2293- 3434	15- 14	1.73
1/4-28	23.48	1201- 1802	5- 8	0.90	1856- 2785	8- 12	1.30	26.21- 3931	11- 16	1.91
5/16-18	33.81	1729- 2594	9- 14	1.50	2672- 4000	14- 21	2.43	3773- 5639	20- 29	3.47
5/16-24	37.42	1914- 2871	10- 15	1.73	2958- 4437	15- 23	2.60	4178- 6294	22- 33	3.81
3/8-16	50.80	2558- 3868	16- 24	2.77	3953- 5929	25- 37	4.33	5580- 8370	35- 52	6.06
3/8-24	56.85	2997- 4346	18- 27	3.12	4478- 6717	28- 42	4.85	6322- 9482	40- 59	6.95
7/16-14	68.58	3506- 5262	26- 38	4.44	5421- 8132	40- 60	6.93	7654- 11400	56- 84	9.70
7/16-20	76.50	3917- 5876	29- 43	4.99	6054- 9081	44- 66	7.62	8546- 12823	62- 93	10.74
1/2-13	91.55	4683- 7024	39- 59	6.79	7237- 10855	60- 90	10.42	10217- 15325	85- 128	14.73
1/2-20	103.16	5277- 7915	44- 66	7.62	8155- 12232	68- 102	11.78	11513- 17269	96- 144	16.83
5/16-12	117.42	6056- 9009	58- 84	9.70	9282- 13923	87- 131	15.07	13104- 19656	123- 184	21.31
5/16-18	130.97	6693- 10049	63- 94	10.68	10353- 15530	97- 146	16.81	14616- 21264	137- 200	23.74
5/8-11	145.81	7458- 11187	78- 117	13.51	11526- 17289	120- 180	20.79	16272- 24468	178- 254	29.45
5/8-18	165.16	8448- 12672	88- 132	15.25	13056- 19584	136- 204	23.58	18432- 27648	192- 280	33.28
3/4-10	215.40	11622- 16533	138- 207	23.91	17034- 25551	213- 319	36.90	24348- 36072	301- 451	52.15
3/4-16	240.84	12309- 18484	154- 231	26.68	19023- 28030	238- 357	41.23	26856- 40264	336- 504	58.21
7/8-9	298.06	15246- 22809	222- 334	38.53	23682- 35443	344- 515	59.60	33284- 49896	485- 728	84.03
7/8-14	328.39	16797- 25196	245- 367	42.41	25926- 38030	379- 568	65.06	36884- 54372	534- 802	92.52
1-8	390.97	19996- 29997	333- 500	57.73	30906- 46009	451- 773	89.22	43632- 65440	727- 1091	125.95
1-14	438.06	23407- 33811	373- 563	64.86	34629- 51644	577- 866	99.97	48888- 73332	815- 1222	141.20
1 1/8-7	492.26	25170- 37769	472- 708	81.77	38877- 58616	635- 953	110.01	54336- 82454	1030- 1545	176.48
1 1/8-12	552.26	28240- 42372	536- 794	91.75	43026- 67018	713- 1069	123.53	61632- 92448	1164- 1733	200.48
1 1/4-7	625.16	31977- 47968	608- 939	115.38	48214- 64535	896- 1344	156.23	69788- 104632	1454- 2186	251.91
1 1/4-12	692.26	35405- 53114	738- 1167	127.86	47611- 71462	993- 1489	172.04	77256- 115884	1610- 2414	276.93

Material	Acero de Bajo Carbono	Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente	Acero de Medio Carbono Alado Tratado Térmicamente
Usos	En uniones que no estén sometidos a grandes esfuerzos mecánicos (Muebles, Ceras, Puertas, etc)	En Ensamblajes sometidos a altos esfuerzos mecánicos (Estructuras metálicas, Puentes, Motores, Transformadores, etc.)	En Ensamblajes de partes de seguridad sometidos a muy alto esfuerzo mecánico (vehículos, Maquinaria pesada, puertas, Unidades Automotrices, etc.)

Valor de Torque

Para aplicar el torque en cada proyecto se elaborará un cuadro según los diámetros de los pernos, tipo de hilos y se establecerá un valor de torque según lo recomendado por el proveedor.

CUADRO DE TORQUEO DE OBRA (REFERENCIAL)		
DIAMETRO DEL PERNO UNC del proyecto	RANGO DE TORQUE (LB/PIE) de la TABLA 1	VALOR DE TORQUEO EN CAMPO (LB/PIE)
1/2"	60-90	85
5/8"	120-180	170
3/4"	213-320	320
1"	515-773	700

7.6. QA/QC Cobertura

- a) El inspector QA/QC revisara el procedimiento instalación de cobertura.
- b) Se verificará los planos de montaje y verificación en campo.
- c) Se realizará pruebas de hermeticidad en el techo.
- d) Se verifica el material (cobertura) a usar será según las especificaciones técnicas del cliente.
- e) Para las coberturas desmontadas en obra, se registrará en el formato DTP.CHR.OC.RG.26 el montaje de la cobertura culminado el mantenimiento de las estructuras existente.

8. ANEXO

8.1. Plan de puntos de inspección

8.2. Mapas de Proceso

- SGC-MAP-02 Mapa de Procesos General.
- SGC-MAP-03 Mapa de Procesos de control de calidad metalmecánico.



ANEXO 4

	PLAN DE CALIDAD		PL-QC-01	
			Revisión:	1
			Fecha:	10/10/20
			Página:	1 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU				

	PLAN DE CALIDAD		PL-QC-01	
			Revisión:	1
			Fecha:	10/10/20
			Página:	2 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU				

PLAN ESPECIFICO DE CALIDAD

**PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS
CHR-HANSEN PERÚ**

INDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. DOCUMENTOS REFERENCIALES.....	3
4. POLITICA INTEGRADA DE GESTION.....	5
5. DEFINICIONES.....	6
6. ORGANIZACION.....	6
6.1 ORGANIGRAMA QA/QC.....	6
6.2 FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....	7
7. GESTION DE LA CALIDAD.....	8
7.1 PROCEDIMIENTOS QA/QC.....	8
7.2 CODIFICACION DE DOCUMENTOS.....	9
7.3 PROTOCOLOS DE CALIDAD.....	9
7.4 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS QA/QC.....	10
7.5 LOGISTICA, ALMACEN Y VERIFICACION DE CALIDAD DE LOS MATERIALES SUMINISTRADO POR LOS PROVEEDORES.....	10
7.6 NO CONFORMIDAD Y TRATAMIENTO DE UNA NC.....	11
7.7 AUDITORIAS INTERNAS DE CALIDAD.....	11
7.8 DOSSIER DE CALIDAD.....	11
8. CONTROL DE CALIDAD.....	12
8.1 DISCIPLINA MECANICA.....	12
8.1.1 QA/QC DE LOS MATERIALES.....	12
8.1.2 QA/QC DE LA PINTURA.....	15
8.1.3 QA/QC DE LA SOLDADURA DE PIPING Y EQUIPOS.....	15
8.1.4 INSPECCION VISUAL Y CRITERIOS DE ACEPTACION.....	16
8.1.5 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	17
8.1.6 APRIETE DE UNIONES ATORNILLADAS.....	17
8.2 DISCIPLINA ELECTRICA.....	18
8.1.1 REQUERIMIENTOS DE TENSION.....	18
8.1.1 QA/QC DE LOS MATERIALES.....	18

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	3 de 22

1. OBJETIVO

Establecer las medidas que se seguirán para asegurar el cumplimiento los requisitos de Calidad el Proyecto "CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR-HANSEN PERÚ", especificaciones reglamentarias y de la Industria.

2. ALCANCE

Aplicable a las instalaciones de equipos mecánicos, eléctricos y piping. Se excluyen las disciplinas dentro de la carpeta de Infraestructuras (Obras Cíviles, Arquitectura, HVAC, IISS, SCI, DCI)

3. DOCUMENTOS REFERENCIALES

- ISO 9000: Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario
- ISO 10005: Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para los planes de Calidad
- AWS D1.1: Structural Welding Code - Steel
- AWS D1.6: Structural Welding Code - Stainless Steel
- AWS D18.1: Specification for Welding of Austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications
- AWS D18.3: Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications
- ASME Sección VIII División 1: ASME Boiler and Pressure Vessel Code
- ASME Sección IX: Qualification Standard for Welding, Brazzing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusion Operators.
- ASME Section V: Nondestructive Examination
- ASTM A270: Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic and Ferritic/Austenitic Stainless Steel Sanitary Tubing
- ASTM A312: Standard Specification for Seamless, Welded, and heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Código Nacional de Electricidad
- CHR0012P-IB-MEC-ET-0001-A: Especificación Técnica Piping Class
- CHR0012P-IB-MEC-ET-0002-B: Especificación Técnica Montaje Mecánico Mecánica & Tuberías

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	4 de 22

- CHR0012P-IB-MEC-ET-0003-B: Especificación Técnica Fabricación y Montaje de Tuberías Mecánica & Tuberías
- CHR0012P-IB-ELE-CD-0001-0: Criterios de Diseño – Electricidad
- CHR0012P-IB-ELE-ET-0001-0: Especificaciones Técnicas – Materiales Eléctrica & Instrumentación
- CHR0012P-IB-ELE-ET-0002-0: Especificaciones Técnicas – Montaje Eléctrico
- CHR0012P-IB-ELE-ET-0003-0: Especificaciones Técnicas – Tableros Eléctricos

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
	Página:	5 de 22	

4. POLÍTICA INTEGRADA DE GESTION


POLÍTICA INTEGRADA DE GESTIÓN

POLINDUSTRIA S.A. empresa metalmecánica, dedicada al diseño, automatización, producción, mantenimiento y comercialización de servicios de ingeniería para la industria, por lo tanto, la calidad de servicio, prevención de riesgos laborales, la seguridad y salud en el trabajo y la protección del medio ambiente constituyen valores fundamentales en la organización, Por lo que implementa un SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN (SIG) y asume el compromiso de:

- Brindar un servicio eficaz y eficiente, con el fin velar por la satisfacción de nuestros clientes, a través del cumplimiento de los requisitos pactados.
- Identificar, evaluar, controlar y minimizar los riesgos de nuestras actividades, productos y servicios que afecten la Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, con el fin de prevenir pérdidas, lesiones y daños.
- Formar integralmente al personal, para mejorar la calidad de vida y su desarrollo Profesional, Técnico y Productivo a través de capacitaciones, entrenamiento, motivación y cambio de actitud.]
- Garantizar la Seguridad y Salud en el Trabajo para contribuir con el desarrollo de nuestro personal, para lo cual se fomenta una cultura de prevención de riesgos laborales.
- Prevenir los riesgos que afecten la seguridad y salud de todos los miembros de la organización ya sean de contratación directa o de sub-contrata y visitantes.
- Cumplir con los requisitos legales en materia de Calidad, Seguridad y Salud en el Trabajo y Medio Ambiente, vigentes en nuestro país y otros requisitos pertinentes.
- Promover la participación y la consulta de los trabajadores en el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- Mejorar continuamente el desempeño del sistema Integrado de Gestión y comunicar los resultados.

La dirección asume el compromiso de proveer los recursos necesarios para cumplir la Política Integrada de Gestión en la Planta (Oficina Principal) y Proyectos.

Lima, noviembre 2020

Gerencia de Operaciones

E.GG.01 Ver. 02/ 01-11-2020.

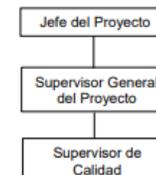
	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
	Página:	6 de 22	

5. DEFINICIONES

- Plan de Calidad: Especificaciones de las acciones, responsabilidades y recursos asociados que se aplicarán a un caso específico.
- Caso específico: Materia de un Plan de Calidad.
- Organización: Persona o grupo de personas que tienen sus propios roles con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.
- Partes interesadas: Persona u organización que puede afectar, ser afectada o percibirse a sí misma como afecta por una decisión o actividad. Pueden ser los Clientes, Propietarios, Proveedores, etc.
- Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
- Producto: Resultado de un Proceso.
- Requisitos: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.
- Proyecto: Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos.
- Evidencia de Auditoría: Registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información que son pertinentes para los criterios de auditoría y que son verificables. Pueden ser cualitativos o cuantitativos.
- Criterios de Auditoría: Conjunto de políticas, procedimientos o requisitos.
- Auditoría: Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría.
- Conformidad: Cumplimiento de un requisito.
- No Conformidad: Incumplimiento de un requisito.
- Corrección: Son las acciones que se toman para eliminar las No Conformidades detectadas.
- Acción Correctiva: Acción a realizar para eliminar la causa origen de una No Conformidad real.
- Acción Preventiva: Acción a realizar para eliminar la causa origen de una No Conformidad potencial u otra situación indeseable.

6. ORGANIZACIÓN

6.1 Organigrama QA/QC



	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	7 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU			

6.2 Funciones y responsabilidades

Jefe del Proyecto

- Asegurar que las actividades y recursos requeridos para el Plan de Calidad se planifiquen, implementen y controlen. Además de realizar el seguimiento de su progreso.
- Aprobación del Plan de Calidad, Plan de Puntos de Inspección, Procedimientos, otros relacionados al Proyecto.

Supervisor General del Proyecto

- Responsable de velar por la difusión y revisión del Plan de Calidad.
- Verifica en campo la aplicación del Plan de Calidad y el Plan de Puntos de Inspección.
- Coordinación en Campo con el Cliente, Contratista y las partes interesadas todo lo relacionado a la implementación del Plan de Calidad.

Supervisor QA/QC

- Elaboración del Plan Específico de Calidad, Plan de Puntos de Inspección, Procedimientos de Trabajo, Protocolos de Calidad, otros relacionado al Proyecto.
- Controlar el cumplimiento del plan de QA/QC y procedimientos.
- Revisión de los requisitos del Proyecto, resolver conflictos y ambigüedades.
- Transmitir los requisitos del Proyecto a todas las partes interesadas, así como resolver los problemas que surjan en las interfaces.
- Verificar que los equipos, herramientas e instrumentos cuenten en físico con la certificación y calibración vigente.
- Gestión en la elaboración de Procedimientos de Soldadura, Calificación de Procedimientos de Soldadura y Soldadores.
- Gestión en el cierre de No Conformidades.
- Elaboración del Dossier de Calidad.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	8 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU			

7. GESTION DE LA CALIDAD

7.1 Procedimientos QA/AC

Los Procedimientos establecen y especifican la metodología que se aplicará durante la planificación, organización, ejecución y control de las actividades realizadas en el Proyecto.

A continuación, se enlista los procedimientos que se aplicarán en el Proyecto:

Código	Nombre
Instalaciones Mecánicas	
P-IIMM-001	Fabricación y Montaje de soportes de tuberías
P-IIMM-002	Fabricación y Montaje de tuberías de Acero al Carbono
P-IIMM-003	Instalación de tuberías de PVC-U
P-IIMM-004	Instalación de líneas de tuberías de Aire Comprimido
P-IIMM-005	Fabricación y Montaje de tuberías de Acero Inoxidable
P-IIMM-006	Fabricación y Montaje de tuberías de Aluminio
P-IIMM-007	Fabricación y Montaje de tuberías PPR
P-QC-001	Inspección Visual de soldadura
P-QC-002	Inspección por Tintes Penetrantes
P-QC-003	Prueba de fugas
P-QC-004	Recubrimiento de Pintura
P-QC-005	Decapado y Pasivado
P-QC-006	Apriete de uniones atornilladas
P-QC-007	Medición de Rugosidad
----	Procedimiento de Radiografía
----	Procedimiento de enchaquetado de tuberías
Instalaciones Eléctricas	
POL-CHR-IEA-PR-01	Instalaciones Eléctricas en Sala de Tableros
POL-CHR-IEA-PR-02	Instalaciones Eléctrica en Zona de Servicios
POL-CHR-IEA-PR-03	Instalaciones Eléctricas en Zona Húmeda - Amarilla
POL-CHR-IEA-PR-04	Instalaciones Eléctricas en Zona Seca - Roja
POL-CHR-IEA-PR-05	Prueba de Aislamiento
P-IIEE-001	Aplicación de Sello Cortafuego a conductores
P-IIEE-002	Instalación de ladrillos cortafuego

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	9 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU			

7.2 Codificación de documentos

La codificación se realizará bajo la siguiente metodología:

XX-YY-ZZ

Donde:

XX: Tipo de documento, por ejemplo:

MA: Manuales

P: Procedimiento

F: Formato

PL, PR, MT: Plan, Programa, Matriz

OD: Otro documento

YY: Subdivisión, área o disciplina específica, por ejemplo:

IIMM: Instalaciones Mecánicas

IIEE: Instalaciones Eléctricas

QC: Control de Calidad

ZZ: Número de correlativo de documento (01, 02, 03..)

7.3 Protocolos de Calidad

Los protocolos de Calidad son los formatos llenos que proporcionarán evidencia objetiva de que los controles e inspecciones se han cumplido y de que los resultados se ajustan a los requisitos establecidos.

Estos Protocolos serán anexados al Dossier de Calidad.

A continuación, se enlista los procedimientos que se aplicarán en el Proyecto:

Código	Nombre
F-QC-001	Reporte de No Conformidad
F-QC-002	Reporte de Observación
F-QC-003	Recepción de materiales y equipos
F-QC-004	Instalación de tuberías y equipos
F-QC-005	Protocolo de Inspección Visual
F-QC-006	Protocolo de Tintes Penetrantes
F-QC-007	Protocolo de Prueba de Fugas
F-QC-008	Protocolo de recubrimiento de pintura
F-QC-009	Protocolo de Decapado y Pasivado

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	10 de 22
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU			

F-QC-010	Protocolo de apriete de uniones atornilladas
F-QC-011	Protocolo de prueba de aislamiento
F-QC-012	Protocolo de medición de rugosidad
F-QC-013	Protocolo de Pruebas SAT

7.4 Calibración de equipos e instrumentos QC

Los equipos utilizados para la medición y pruebas deben contar con un certificado de calibración vigente y con un periodo de antigüedad inferior a 12 meses.

El Certificado de Calibración de los equipos serán anexados al Dossier de Calidad del Proyecto.

A continuación, se detallan los equipos que se emplearán:

- Galga Bridge Cam
- Galga Hi-Low
- Medidor de espesor de Pintura
- Medidor de rugosidad de sustrato de Pintura
- Rugosímetro para medición de pulido en superficies de Acero Inoxidable
- Medidores de Temperatura
- Torquímetro
- Manómetros
- Megóhmetro
- Pinza Amperimétrica
- Multímetro
- Entre otros

7.5 Logística, Almacén y verificación de Calidad de los materiales suministrado por los proveedores

El área de Logística informará al área de Calidad sobre las O.C. enviadas a los proveedores y también gestionará la entrega de los Certificados de Calidad respectivos.

Los materiales serán recepcionados por el área de Almacén.

Calidad verificará que los materiales cumplan con los requisitos del Proyecto, en el caso de no cumplirse se emitirá el Reporte de No Conformidad dirigida al área de Logística, el cual se encargará de gestionar el levantamiento de la misma.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	11 de 22

7.6 No Conformidad y Tratamiento de una NC

NC emitida por Polindustria

Las NC detectadas serán notificadas a los involucrados a través del formato F-QC-01, una vez enviado con la información correspondiente, el emisor deberá realizar el seguimiento respectivo por medio del documento OD-QC-06 Matriz de seguimiento de No Conformidades.

El reporte de NC deberá especificar el procedimiento o requisito que se está incumpliendo.

Todo elemento no conforme está debidamente identificado, de tal forma, que no pueda seguir su curso productivo. Asimismo, no es utilizado, hasta que la no conformidad quede resuelta y se determine si el componente es apto para su utilización o por el contrario debe ser apartado del proceso productivo. La actividad afectada, queda siempre retenida, hasta que la no-conformidad sea subsanada.

Si los materiales son reparados, serán sometidos nuevamente al proceso de control por parte del área de Calidad de Polindustria.

7.7 Auditorías Internas de Calidad

El presente plan prevé el desarrollo de auditorías internas que son dirigidas por el área de Calidad, el objetivo principal es evaluar la aplicación del plan de calidad, lo cual incluye verificar el grado de implantación del plan de calidad del proyecto e identificar No Conformidades y Observaciones, de tal manera que contribuya a mejorar la eficiencia y efectividad.

7.8 Dossier de Calidad

El Dossier de Calidad es la compilación de todos los documentos (procedimientos, fichas técnicas, Certificados de Calidad, etc) que garantizan y evidencian el aseguramiento y control de Calidad (QA/QC) aplicado en el Proyecto siendo entregable al Cliente.

El entregable consta de 1 Tomo original y 1 Tomo digital.

Polindustria resguardará 1 copia digital por un periodo de 3 años, periodo en el cual el Cliente podrá solicitar acceso a la documentación.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	12 de 22

8. CONTROL DE CALIDAD

8.1 Disciplina Mecánica

8.1.1 QA/QC de los Materiales

El área de Calidad de Polindustria revisará técnicamente las órdenes de compra de logística para verificar el cumplimiento de Calidad de los materiales con los requisitos del Proyecto.

La verificación se realizará mediante una inspección visual del estado de los materiales y los Certificados de Calidad.

Tuberías y equipos de Acero Inoxidable para la línea de Procesos

Las líneas y equipos destinados al transporte y almacenamiento del Producto deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Las tuberías de procesos deberán ser acordes a ASTM A270.
- Las líneas de proceso corresponden a las líneas de Acero Inoxidable: Carmin, Ácido Carmínico, Etanol y CIP.
- Las planchas que se emplearán para la fabricación de los equipos deberán ser acordes a ASTM A240.
- Las superficies de contacto deberán ser lisas, pulidas y no porosas para evitar el depósito y acumulación de partículas.
- Las superficies de contacto deberán tener una terminación 2B (0.8 Ra).
- Las soldaduras deberán ser realizadas por el proceso GTAW-P.
- A continuación, se muestran las propiedades mecánicas y químicas del Standard ASTM A270.



PLAN DE CALIDAD		PL-QC-01	
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	13 de 22

Grade	UNS Designation	Tensile Strength min, ksi [MPa]	Yield Strength min, ksi [MPa]	Elongation in 2 in. min, %	Rockwell Hardness Number, max.
TP304	S30400	75 [515]	30 [205]	35	B90
TP304L	S30403	70 [485]	25 [170]	35	B90
TP316	S31600	75 [515]	30 [205]	35	B90
TP316L	S31603	70 [485]	25 [170]	35	B90
	S31803	90 [620]	65 [450]	25	C30.5
2205	S32205	95 [655]	70 [485]	25	C30.5
2507	S32750	116 [800]	80 [550]	15	C32
2003	S32003	90 [620]	65 [450]	25	C30

Propiedades Mecánicas ASTM A270

Element	Grade	TP 304	TP 304L	...	TP 316	TP 316L	...	...	...	...	2003	
	UNS Designation ^a	S30400	S30403	S31254	S31600	S31603	N08908	N08907	S31609	S32005	S32750	S32003
Composition, %												
Carbon, max	0.08	0.025 ^b	0.020	0.08	0.025 ^b	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020 max	0.020 max
Manganese, max	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	2.00 max
Phosphorus, max	0.045	0.045	0.030	0.045	0.045	0.030	0.040	0.030	0.030	0.030	0.035	0.030
Sulfur, max	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020 max	0.020 max
Silicon, max	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00 max
Nickel	8.0-11.0	8.0-12.0	17.5-18.5	10.0-14.0	10.0-14.0	24.0-26.0	23.0-25.5	4.5-6.5	4.5-6.5	8.0-8.0	3.0-4.0	3.0-4.0
Chromium	18.0-20.0	18.0-20.0	19.5-20.5	16.0-18.0	16.0-18.0	19.0-21.0	20.0-22.0	21.0-23.0	22.0-23.0	24.0-26.0	19.5-20.5	19.5-20.5
Molybdenum	...	...	6.0-6.5	2.00-3.00	2.00-3.00	6.0-7.0	6.0-7.0	2.5-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5	1.5-2.0	1.5-2.0
Nitrogen ^c	...	...	0.18-0.22	...	...	0.15-0.25	0.15-0.25	0.08-0.20	0.14-0.20	0.24-0.32	0.14-0.20	0.14-0.20
Copper	...	...	0.50-1.00	...	...	0.50-1.5	0.75 max	...	...	0.50 max	...	...

Propiedades Químicas ASTM A270

- A continuación, se muestran las propiedades mecánicas y químicas del Standard ASTM A270.

UNS Designation	Type ^a	Tensile Strength, min		Yield Strength, ^b min		Elongation ^c in 2 in. or 50 mm, min, %	Hardness, max ^d		Cold Bend ^e
		ksi	MPa	ksi	MPa		Brinell, HBW	Rockwell	
Austenitic (Chromium-Nickel) (Chromium-Manganese-Nickel)									
S30400	304	75	515	30	205	40	201	92 HRBW	not required
S30403	304L	70	485	25	170	40	201	92 HRBW	not required
S31600	316	75	515	30	205	40	217	95 HRBW	not required
S31603	316L	70	485	25	170	40	217	95 HRBW	not required

Propiedades Mecánicas ASTM A240



PLAN DE CALIDAD		PL-QC-01	
PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU		Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
		Página:	14 de 22

UNS Desig ^a	Type ^b	C ^c	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Other Elements ^{d,e}
Austenitic (Chromium-Nickel) (Chromium-Manganese-Nickel)												
S30400	304	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-11.0	...	0.10	...	...
S30403	304L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-12.0	...	0.10	...	...
S31600	316	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	0.10	...	...
S31603	316L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00	0.10	...	...

Propiedades Químicas ASTM A240

Tuberías de Acero Inoxidable para la línea de Servicios

Las líneas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Las tuberías de Servicios deberán ser acorde al ASTM A312.
- Las líneas de Servicios corresponden a las líneas de Acero Inoxidable: Agua Blanda.
- El proceso de soldadura que se empleará será el GTAW Manual.
- Aplican las mismas propiedades mecánicas y químicas del Standard ASTM A270.

Tuberías de Acero al Carbono

Las líneas de Acero al Carbono deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Serán acorde a un material que cumpla con la tri-norma A53/A106/API 5L grado B.
- Corresponden a las líneas de: Vapor, Condensado, Gas Natural, Agua de Torre de Enfriamiento y Agua de Chiller.
- El procedimiento de fabricación de tuberías de Acero al Carbono establece las consideraciones para el habilitado, armado, soldadura y ensayos no destructivos. Estos estarán de acuerdo a lo especificado en el Standard ASME B31.3.
- A continuación, se muestran las propiedades mecánicas y del Standard ASTM A270.

Propiedades Mecánicas	
Resistencia a la tracción, mínimo	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, mínimo	35000 PSI (240 MPa)

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01		
		Revisión:	1	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20	
		Página:	15 de 22	

8.1.2 QA/QC de la Pintura

- Las actividades se realizarán de acuerdo al Procedimiento de Pintura P-QC-04.
- La medición del espesor seco final será acorde al SSPC-PA2.
- Al exceder el tiempo de vida útil de la pintura (pot life), se genera una variación de su viscosidad perdiendo sus propiedades de humectación y nivelamiento, por lo que se deberá desecharla.
- El pot life, tiempo de inducción, tiempos de secado, rendimiento, proporción de mezcla, recomendaciones para al equipo empleado (airless, convencional o brocha) se muestran en las fichas técnicas.
- Se deberá contar con equipos de inspección y control de calidad calibrados en óptimas condiciones (medidor de temperatura, psicrómetro y medidor de espesores de película seca).
- Los sistemas de pintura que se aplicarán serán los siguientes:

Ítem	Sistema de Pintura	Preparación de Superficie	Perfil de Rugosidad	Capa Base / espesor	Capa Acabado / espesor
1	Vapor y Condensado	SSPC-SP6	2 – 3 mills	Unizinc 1000 / 2 – 3 mills	-----
2	Agua de Torre de Enfriamiento y Chiller	SSPC-SP1	-----	Ultramastic 850 / 4 mills	Ultrathane 7000 / 2 mills
3	Gas Natural	SSPC-SP10	2 – 3 mills	Epomastic 800 / 4 mills	Epoxilux 200 / 4 mills
4	Soportería	SSPC-SP1	-----	Epomastic 800 / 4 mills	-----

8.1.3 QA/QC de la Soldadura de Piping y Equipos

Procedimiento de Soldadura (WPS), Registros de Calificación de procedimientos de Soldadura (PQR) y Calificación de Soldadores (WPQ)

Todos los trabajos de soldadura serán realizados bajo un determinado Procedimiento de Soldadura (WPS), el cual será elaborado acorde al material base, material de aporte, variables esenciales y Standard aplicable.

Los WPS serán calificados mediante ensayos destructivos especificados en los Standares aplicables, de resultar satisfactorio, se emitirán los registros de Calificaciones de Procedimientos de Soldadura (PQR).

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01		
		Revisión:	1	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20	
		Página:	16 de 22	

Todo el personal que realice trabajos de soldadura deberán contar con su Calificación de Soldador (WPQ) vigente y acorde al WPS respectivo.

A continuación, se muestra un resumen:

Ítem	Material	Proceso de Soldadura	Estándar de elaboración de WPS, PQR y WPQ
1	Tuberías de Acero Inoxidable	GTAW Manual	ASME IX
2	Tuberías de Acero Inoxidable	GTAW Orbital (Sanitaria)	ASME IX
3	Tuberías de Acero al Carbono	GTAW Manual	ASME IX
4	Planchas de Acero Inoxidable	GTAW Manual	ASME IX
5	Planchas de Acero al Carbono	SMAW	AWS D1.1

8.1.4 Inspección Visual y Criterios de Aceptación

La inspección visual consiste en la examinación por observación de los componentes, juntas y otros elementos de tuberías que son o pueden ser inspeccionados antes, durante y después de los procesos de fabricación. Esta inspección incluye la verificación de los requerimientos del código de fabricación, así como los de la ingeniería del proyecto para los materiales, componentes, dimensiones, preparación de juntas, alineamiento, soldadura, roscado, y fabricación de soportes.

La inspección se realizará de manera directa por personal certificado en nivel 2 en inspección visual de acuerdo a lo indicado por ASNT (Práctica Recomendada SNT-TC-1A), la distancia de inspección al elemento a ser examinado no será mayor de 60 cm, a un ángulo no menor de 30° a la superficie a ser examinada. La fuente de luz puede ser natural o artificial y la intensidad sobre el elemento a inspeccionar no debe ser menor a 1076 lux.

El área de interés, de la superficie a inspeccionar, y sus zonas adyacentes (al menos a una pulgada) deben estar secas y libres de grasa, aceite, polvo, óxidos, pintura y material extraño que pueda interferir con el examen, se inspeccionará el 100% de las uniones soldadas.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	17 de 22

Los criterios de aceptación de soldadura para cada material se detallan en el P-QC-01 "Procedimiento de Inspección Visual de Soldadura". A continuación, se muestra un resumen:

Ítem	Material	Estándar de Criterios de Aceptación para la Inspección Visual
1	Estructuras Metálicas de Acero al Carbono	AWS D1.1
2	Tubería de procesos	ASME B31.3
3	Recipientes a Presión	ASME VIII Div 1
4	Tuberías de Acero Inoxidable Sanitarias	AWS D18.1
5	Tanques y equipos Sanitarios	AWS D18.3
6	Estructuras en Acero Inoxidable	AWS D1.6

8.1.5 Ensayos No Destructivos

- Se inspeccionará el 10% de las soldaduras en tuberías por Tintes Penetrantes.
- Se inspeccionará el 10% de las soldaduras en tuberías por Radiografía.
- Si del 10% radiografiado, un 30% o más se encuentra defectuoso, el Contratista deberá radiografiar el 100% de las uniones y reparar todas las soldaduras defectuosas bajo su costo (tanto radiografía como reparación).
- Lo indicado en el párrafo anterior aplica para el caso de las pruebas por Tintes Penetrantes.
- Las ambigüedades en relación a las pruebas de Ensayos No Destructivos serán resueltas de acuerdo a los Stándares aplicables: ASME, AWS, etc.

8.1.6 Apriete de Uniones Atornilladas

- Se emplearán pernos ASTM A193 Grados B7 y B8 u otros con propiedades químicas y físicas similares.
- Se debe tener presente que todas las superficies de las uniones, incluyendo aquellas adyacentes a las cabezas de los pernos, tuercas y arandelas, deberán estar libres de rebabas, tierra y otras materias extrañas que puedan impedir un asiento sólido entre las partes.
- El torquímetro deberá contar con calibración vigente.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	18 de 22

8.2 Disciplina Eléctrica

8.2.1 Requerimientos de Tensión

Las características principales que tendrá el sistema para el área de procesos son:

- Los tableros de fuerza para Procesos ubicados en el Control Room será trifásico 380 VAC, 60Hz más tierra de acuerdo al sistema de distribución IT (IEC 60364).
- Para motores o equipos eléctricos de proceso la tensión será trifásica 380 VAC 60Hz más tierra (03 conductores: 1 circuitos de 03 fases + 01 conductor de tierra).
- Para la instrumentación (PLC, sensores, etc.) será 24 ó 125 VDC con fuente DC (Corriente continua) alimentada del circuito de control (220 VAC 1F+N) desde los tableros principales.
- Para Servicios auxiliares: Iluminación, tomas industriales y de servicio, etc. Será bifásica 220 VAC 60Hz más tierra.

Las características principales que tendrá el sistema para las áreas de oficinas:

- Para el tablero de fuerza ubicado dentro de sus respectivas áreas serán trifásicos 220 VAC 60Hz más tierra de acuerdo al sistema de distribución IT (IEC 60364).
- Para Servicios: Iluminación, tomacorrientes, etc. será Bifásica 220 VAC 60Hz más tierra.

8.2.2 QA/QC de los Materiales

Cables de Alumbrado y Tomacorrientes

Características Técnicas	
Tipo	Unipolar de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado o flexible.
Tensión nominal de servicio	450/750V
Cubrimiento	PVC
Max. Temperatura de operación	90°C
Norma de fabricación	NTP 370.252
Colores	Amarillo, azul blanco, negro, rojo y verde.
Características	Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
	Página:	19 de 22	

Cables para Motores de velocidad variable

Características Técnicas	
Tipo	Multiconductor con pantalla metálica.
Tensión nominal de servicio	0,6/1kV
Cubrimiento	PVC
Max. Temperatura de operación	90°C
Max. Temperatura de cortocircuito	250°C
Norma de fabricación	IEC 60502-1
Color	Gris
Aplicaciones	Para uso en exteriores e interiores de potencia, control y señalización, incluso en ambientes húmedos industriales. Adecuado para instalaciones al aire libre, en tuberías, bandejas, canales subterráneos directo o indirecto.

Cables para Motores de velocidad fija

Características Técnicas	
Tipo	Multiconductor de cobre flexible recocido electrolítico Clase 5.
Aislamiento	Poliétileno reticulado (XLPE)
Cubierta	Policloruro de vinilo (PVC)
Tensión nominal de servicio	0,6/1kV
Max. Temperatura de operación	90°C
Max. Temperatura de cortocircuito	250°C
Normas de Referencia	UNE 21123-1, UNE 21089, UNE 50265
Color	Gris
Propiedades	Flexibilidad, fácil instalación.
Aplicaciones	Para uso en transporte y distribución de energía en instalaciones industriales de baja tensión. Redes interiores y exteriores aéreas y enterrados.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Revisión:	1
		Fecha:	10/10/20
	Página:	20 de 22	

Cables de Fuerza para acometida a Tableros

Características Técnicas	
Descripción	-Conductor Unipolar de cobre electrolítico temple suave.
Aislamiento	Poliétileno reticulado (XLPE) color natural.
Cubierta exterior	Cloruro de polivinílico (PVC St2) en color negro.
Max. Tensión de operación.	1200V
Temperatura máxima en el conductor	-En operación nominal: 90°C. -En condiciones de emergencia: 130°C. -En condiciones de cortocircuito: 250°C.
Normas de fabricación	NTP-IEC 60502-1
Aplicaciones	En sistemas de distribución de baja tensión. Instalaciones eléctricas de tipo industrial.
Características particulares	Ligeros y fáciles de instalar. Excelente comportamiento frente a los ciclos térmicos garantizando mayor tiempo de vida útil. Alta resistencia a la humedad y a gran diversidad de agente químicos. Cubierta exterior resistente a la abrasión, no propaga la llama.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	21 de 22

Escalerillas Portables

Se utilizarán bandejas tipo escalera de acero galvanizado en caliente y canastillos de acero inoxidable (solo en áreas de proceso) para el tendido de cables Fuerza, control y comunicaciones, las cuales cumplirán las indicaciones de los siguientes cuadros:

Especificaciones Técnicas	
Tratamiento de superficie	Baño electrolítico de zinc para interiores, para exteriores se recomienda un baño en zinc fundido (galvanizado en caliente).
Resistencia mecánica	Flecha o deflexión máxima de la escalera no debe ser mayor que 1/100 de la separación entre soportes.
Continuidad eléctrica	Unión de las escaleras tendrá una resistencia máxima de 50mΩ
Resistencia al fuego	Pruebas en hornos de al menos 3m de largo durante 90 min. Hasta una temperatura de 1000°C.
Características Físicas	
Tipo	Escaleras
Tamaño	3m de largo
Anchos	200, 300, 400, 500, 600 mm
Espesor 1	1.5 mm para anchos menores a 200 mm
Espesor 2	2 mm para los demás anchos
Alto	100 mm con pestaña aplastada
Bandejas Horizontales exteriores	Con tapa lisa a 2 aguas.
Bandejas Verticales Int/Ext	Con tapas lisas.

	PLAN DE CALIDAD	PL-QC-01	
		Revisión:	1
	PROYECTO CONSOLIDACION DE PLANTA CHR-HANSEN PERU	Fecha:	10/10/20
		Página:	22 de 22

Especificaciones Técnicas	
Tratamiento de superficie	Acero inoxidable 316L desengrasado, decapado y pasivado.
Resistencia mecánica	Flecha o deflexión máxima de la escalera no debe ser mayor que 1/100 de la separación entre soportes.
Continuidad eléctrica	Unión de las escaleras tendrá una resistencia máxima de 50mΩ.
Resistencia al fuego	Pruebas en hornos de al menos 3m de largo durante 90 min. Hasta una temperatura de 1000°C.
Características Físicas	
Tipo	Escaleras.
Tamaño	3m de largo.
Anchos	200, 300, 400, 500, 600 mm.
Diámetro de hilo	- 4,5mm para canastillos de 200mm. - 6mm para canastillos de 300 hasta 600mm.
Borde de seguridad longitudinal	Soldado en T, malla de 50x100mm.
Alto	100 mm.
Canastillos Verticales Int/Ext	Con tapas lisas.

Tuberías Conduit de Acero Galvanizado

Las tuberías expuestas para canalización por encima del nivel de piso terminado cumplirán las siguientes características:

Especificaciones Generales	
Tipo	IMC.
Instalación	A la vista y adosado.
Certificación	UL1242Z
Características Físicas	
Material	Acero Galvanizado.
Fabricación	Norma ANSI C80.6 (NTC-169).
Longitud	3,048m.
Otros	Se consideran todos los accesorios.

ANEXO 5



PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	P-QC-01	
	Revisión:	1
	Fecha:	10/08/20
	Página:	1 de 35



PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	P-QC-01	
	Revisión:	1
	Fecha:	10/08/20
	Página:	2 de 35

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

Para la autenticidad del sello y firma del presente procedimiento
Favor de verificar en la siguiente dirección <https://islaend.com/certificados-resortes/>

Firma y sello:

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALÁN, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

Fecha: 09/30/2020

INDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE	3
3. DOCUMENTOS REFERENCIALES	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. RESPONSABILIDADES	4
6. REQUISITOS SSOMA.....	5
7. PROCEDIMIENTO.....	5
7.1 ANTES DE LA SOLDADURA	5
7.2 DURANTE LA SOLDADURA.....	6
7.3 DESPUES DE LA SOLDADURA.....	6
7.4 CRITERIOS DE ACEPTACION	7
7.4.1 ESTRUCTURAS EN ACERO AWS D1.1.....	7
FIGURA 1	8
FIGURA 2	9
FIGURA 3.....	10
FIGURA 4.....	14
FIGURA 5.....	14
FIGURA 6.....	15
7.4.2 TUBERIA DE PROCESO ASME B31.3.....	16
FIGURA 7	16
FIGURA 8	17
7.4.3 RECIPIENTES A PRESION ASME SECCION VIII DIV 1.....	20
FIGURA 9.....	20
FIGURA 10.....	21
7.4.4 PIPING A INOXIDABLE AUSTENÍTICO SANITARIAS (HIGIENICO) AWS D18.1.....	22
FIGURA 11.....	22
FIGURA 12	24
FIGURA 13	25
FIGURA 14	26
FIGURA 15	27
7.4.5 TANQUES Y OTROS EQUIPOS SANITARIOS (HIGIÉNICO) AWS D18.3.....	28
FIGURA 16	30
FIGURA 17	31
FIGURA 18	32
FIGURA 19	33
7.4.6 ESTRUCTURAS EN ACERO INOXIDABLE AWS D1.6	34
FIGURA 20	34
8. REGISTROS	35
9. CONTROL DE CAMBIOS	35

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALÁN, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01		
		Revisión:	1 *	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20	
		Página:	3 de 35	

1. OBJETIVO

Establecer la metodología, requerimientos y los criterios de aceptación para el desarrollo de la inspección visual durante la preparación, ejecución y una vez finalizada las uniones soldadas en el Proyecto "CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR-HANSEN PERÚ".

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a la inspección visual en la fabricación y reparación de estructuras metálicas, tuberías de acero al carbono e inoxidable, recipientes a presión, tanques y tuberías de grado sanitario en el Proyecto "CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR-HANSEN PERÚ".

3. DOCUMENTOS REFERENCIALES

- ASME B31.3: Process Piping.
- AWS D1.1: Structural Welding Code - Steel
- AWS D1.6: Structural Welding Code - Stainless Steel
- ASME Sección VIII División 1: ASME Boiler and Pressure Vessel Code
- ASME Section V: Nondestructive Examination
- AWS D18.1: Specification for Welding of Austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications
- AWS D18.3: Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications
- POL-41182-ID-ME-ET-001-1: Especificación técnica de tuberías

4. DEFINICIONES

- Discontinuidad: Una falta de continuidad o de cohesión, una interrupción intencional o no intencional en la estructura física o la configuración de un material.
- Defecto: Una o más deficiencias cuyo tamaño, forma, orientación, tamaño u otra propiedad no cumple con los criterios de aceptación especificados y es rechazable.
- Indicación: La respuesta o la evidencia de un examen no destructivo.
- Interpretación: La acción de determinar si las indicaciones son falsas, no relevantes o relevantes.
- Indicación falsa: Una indicación que se interpreta como causadas por una condición distinta de una discontinuidad o imperfección.
- Indicación no relevante: Una indicación que es causada por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazable.

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ XALANZAR
FOR CONFORMITY: call # 965370639

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01		
		Revisión:	1 *	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20	
		Página:	4 de 35	

- Indicación relevante: Una indicación que es causada por una condición o tipo de discontinuidad que requiere evaluación.
- Evaluación: Una revisión, después de la interpretación, de las indicaciones observadas para determinar si cumplen o no con el criterio de aceptación especificado.

5. RESPONSABILIDADES

5.1 Jefe de Proyecto

- Dirigir y acompañar las actividades definidas en este procedimiento.
- Es el encargado de facilitar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto con todas las medidas de seguridad necesarias.
- Responsable de aprobar el presente documento.

5.2 Supervisor General del Proyecto

- Coordinará en campo, con el Ingeniero Residente por parte del cliente, todas las actividades relacionadas a la inspección visual.
- Responsable de la revisión del presente procedimiento antes de la ejecución de la tarea.
- Asegurar el cumplimiento de lo establecido en el presente procedimiento.

5.3 Supervisor QA/QC

- Controlar y verificar el cumplimiento del plan de QA/QC y procedimiento exigidos por el cliente.
- Responsable del control y el archivo de los registros que se generen de la aplicación de este procedimiento.
- Verificar que los equipos, herramientas e instrumentos cuenten en físico con la certificación y calibración vigente.

5.4 Supervisor SSOMA

- Verificar toda la documentación previa requerida para el inicio de actividades.
- Asesorar al Supervisor General en la aplicación y cumplimiento del presente procedimiento.
- Reportar inmediatamente los casos de incidentes durante las actividades de este procedimiento.

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ XALANZAR
FOR CONFORMITY: call # 965370639

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Página:	5 de 35

5.5 Inspector NDT

- Respetar y cumplir el presente procedimiento para la correcta realización del trabajo, considerando normas y estándares de seguridad.
- Usar el EPP básico y específico en función a la labor a realizar.

6. REQUISITOS SSOMA

- EPP's básicos (Casco, barbiquejo, lentes de seguridad, zapatos de seguridad, guantes) y específicos de acuerdo a la actividad a realizar.
- Arnés de seguridad con doble línea de anclaje, cuando sea necesario.

7. PROCEDIMIENTO

La inspección visual consiste en la examinación por observación de los componentes, juntas y otros elementos de tuberías que son o pueden ser inspeccionados antes, durante y después de los procesos de fabricación. Esta inspección incluye la verificación de los requerimientos del código de fabricación, así como los de la ingeniería del proyecto para los materiales, componentes, dimensiones, preparación de juntas, alineamiento, soldadura, roscado, y fabricación de soportes.

La inspección se realizará de manera directa por personal certificado en nivel 2 en inspección visual de acuerdo a lo indicado por ASNT (Práctica Recomendada SNT-TC-1A), la distancia de inspección al elemento a ser examinado no será mayor de 60 cm, a un ángulo no menor de 30° a la superficie a ser examinada. La fuente de luz puede ser natural o artificial y la intensidad sobre el elemento a inspeccionar no debe ser menor a 1076 lux.

El área de interés, de la superficie a inspeccionar, y sus zonas adyacentes (al menos a una pulgada) deben estar secas y libres de grasa, aceite, polvo, óxidos, pintura y material extraño que pueda interferir con el examen, se inspeccionará el 100% de las uniones soldadas.

Las actividades para realizar el control de la calidad en la Inspección Visual de soldadura, son las siguientes:

7.1 Antes de la soldadura

- Revisión de planos y especificaciones: El inspector revisará las últimas actualizaciones de los planos, especificaciones y demás documentación previa. Se verificarán los detalles de soldadura, requerimientos del material, dimensiones, etc.
- Revisión de los procedimientos y calificaciones de desempeño del soldador: Se verificará que los procedimientos de soldadura y los registros de calificación de soldador se encuentren de acuerdo a los requerimientos del trabajo.
- Examinación del metal base: Antes de soldar, el metal base debería ser examinado para detectar inaceptables discontinuidades tales como laminaciones, seams, laps y otras condiciones superficiales.
- Examinación del bisel y alineación de junta: Este punto es importante para la producción de soldaduras sanas, algunos ítems a tener en consideración son:

REVISADO
POR: ALEX DE LA CRUZ Y... ASNT LEVEL III N° 284287
FOR CONFORMITY: call # 966370539

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Página:	6 de 35

Angulo de ranura, profundidad de bisel, apertura de raíz, limpieza de junta, precalentamiento, etc.

- Revisión de almacenamiento de consumibles: Los consumibles de soldadura deberían ser revisados para asegurar que son apropiados para el trabajo y son los especificados en los procedimientos de soldadura. La adquisición, almacenamiento y manipulación de los metales de aporte es crucial en la producción de soldaduras sanas.

7.2 Durante la soldadura

- Verificar cumplimiento con el WPS: Algunos típicos factores a verificar son la clasificación de consumibles, diseño de juntas, características eléctricas, etc.
- Verificar el precalentamiento entre pases: Cuando la temperatura del material está bajo una temperatura especificada, adicional calentamiento podría ser requerido por el estándar de soldadura o WPS. Precalentamiento debería ser verificado antes de que la soldadura empiece.
- Examinar el pase de raíz: La primera soldadura depositada en una soldadura, es susceptible a discontinuidades de soldadura tales como: Fusión incompleta, grietas, penetración incompleta de junta, etc. A través de la inspección visual de la raíz se puede detectar muchas inaceptables condiciones que deberían ser corregidas antes de depositar las siguientes capas de soldadura
- Examinación de las capas intermedias de soldadura: La examinación de las capas de soldadura como trabajo progresivo para asegurar que estén libres de inaceptables condiciones o discontinuidades tales como grietas, socavado, fusión incompleta, inclusión de escoria, etc.

7.3 Después de la soldadura

- Examinación de la calidad de superficie de soldadura: Se realiza para verificar que el perfil de soldadura se encuentre en conformidad con los criterios especificados en los documentos de contrato o el estándar aplicable. Algunas típicas discontinuidades encontradas en la superficie de la soldadura son: Porosidad, fusión incompleta, penetración incompleta de junta, socavado, grietas, etc.
- Verificación de las dimensiones de soldadura: Todas las soldaduras completas deberían ser examinadas visualmente para verificar que las soldaduras se encuentren con el perfil de los requerimientos de los planos, tamaño, longitud, localización.
- Las juntas que evidencien defectos, deberán ser reparadas en el plazo más próximo.
- El método de remoción del defecto dependerá de la naturaleza del mismo, en caso de realizar esmerilado se verificará visualmente la completa remoción del defecto. Una vez finalizada la reparación, se volverá a inspeccionar visualmente la junta.

REVISADO
POR: ALEX DE LA CRUZ Y... ASNT LEVEL III N° 284287
FOR CONFORMITY: call # 966370539

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	7 de 35

7.4 Criterios de aceptación

7.4.1 Estructuras en Acero AWS D1.1

- Todas las soldaduras deben cumplir con los criterios de aceptación visual de las Figuras 1 y 2, deben estar libre de grietas, traslapes y las discontinuidades inaceptables de perfil que se muestran en las Figuras 3, 4 y 5.
- Las caras de las soldaduras en filete pueden ser levemente convexas, planas o ligeramente cóncavas como se muestra en la Figura 3 y según lo permita las Figuras 1, 2, 4 y 5. El tamaño mínimo en la soldadura de filete, a excepción de las soldaduras que se usan para reforzar soldaduras de ranura, debe ser como se muestra en la Figura 6.
- El refuerzo de la soldadura de ranura debe cumplir con las Figuras 4 y 5.

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ YALCAN, ASNT LEVEL III N° 264297
 FOR CONFORMITY: call N° 985279839

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	8 de 35

Figura 1

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 8.9)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections										
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X										
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X										
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X										
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 7.2.3.	X	X										
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W (HPS 690W) steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X										
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.	L,	U,	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X
L,	U,											
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]											
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]											
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]											
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]											
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X	X										
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X	X										

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ YALCAN, ASNT LEVEL III N° 264297
 FOR CONFORMITY: call N° 985279839

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	9 de 35

Figura 2

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 10.24)

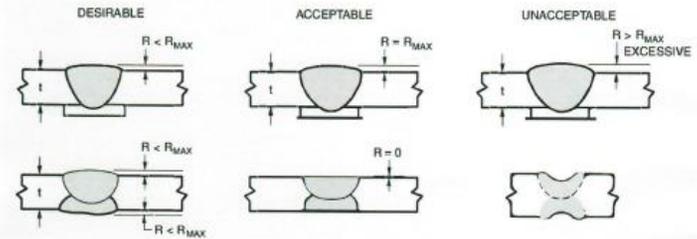
Discontinuity Category and Inspection Criteria	Tubular Connections (All Loads)										
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X										
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X										
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X										
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 7.23.	X										
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W (HPS 690W) steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X										
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U):	X										
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">L_u</td> <td style="text-align: center;">U</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table>	L_u	U	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X
L_u	U										
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]										
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]										
$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]										
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]										
In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to flange welds on girders, undercut shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.											
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X										
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X										

Note: An "X" indicates applicability for the connection type, a shaded area indicates non-applicability.

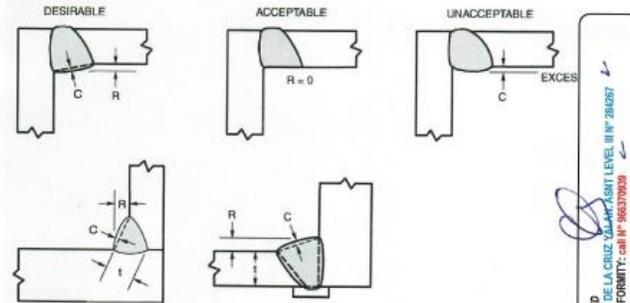
REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ-SALAS/ASNT LEVEL III N° 284287
 FOR CONFORMITY: call N° 965379959

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	10 de 35

Figura 3



(A) WELD PROFILES FOR BUTT JOINTS



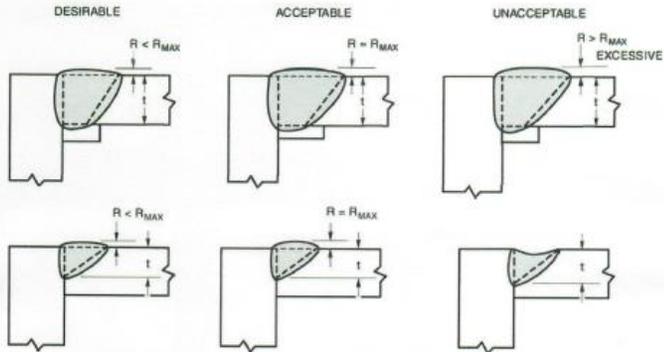
(B) GROOVE WELD PROFILES INSIDE CORNER JOINTS

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ-SALAS/ASNT LEVEL III N° 284287
 FOR CONFORMITY: call N° 965379959

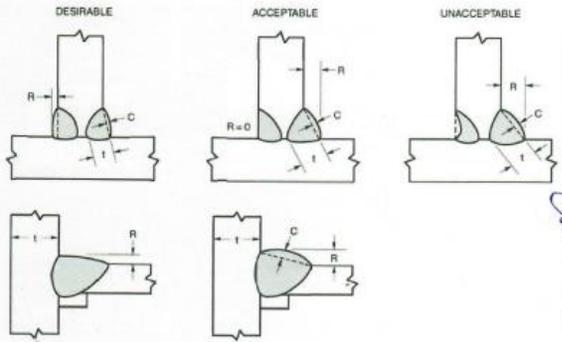


PROCEDIMIENTO
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

P-QC-01
Revisión: 1 *
Fecha: 10/08/20
Página: 11 de 35



(C) GROOVE WELD PROFILES OUTSIDE CORNER JOINTS



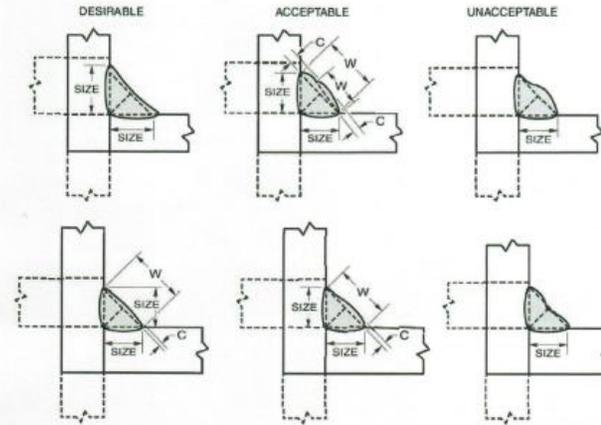
(D) GROOVE WELD PROFILES IN T-JOINTS

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAC, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 985270939

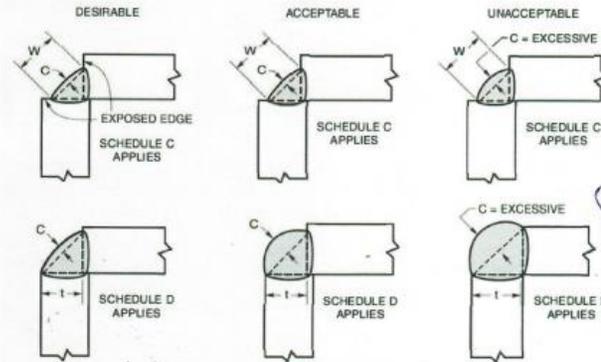


PROCEDIMIENTO
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA

P-QC-01
Revisión: 1 *
Fecha: 10/08/20
Página: 12 de 35

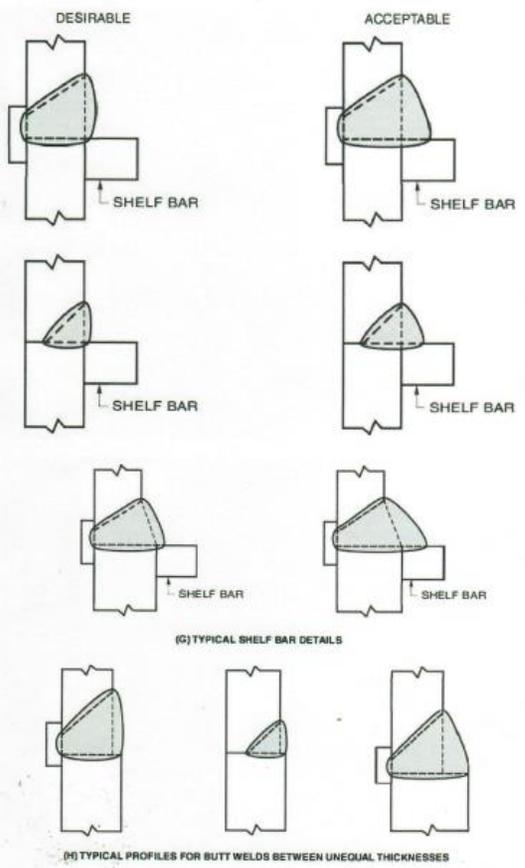


(E) FILLET WELD PROFILES FOR INSIDE CORNER JOINTS, LAP JOINTS, AND T-JOINTS



(F) FILLET WELD PROFILES FOR OUTSIDE CORNER JOINTS

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAC, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 985270939



REVIEWED BY: ALEJANDRO CRUZ YACOVITZ, ASNT LEVEL III N° 284087 FOR CONFORMITY: cal# 98031929

Figura 4

Weld Profiles^a (see 7.23)

Weld Type	Joint Type					
	Butt	Corner-Inside	Corner-Outside	T-Joint	Lap	Butt with Shelf Bar
Groove (CJP or PJP)	Figure 7.4A	Figure 7.4B ^b	Figure 7.4C	Figure 7.4D ^b	N/A	Figure 7.4G
	Schedule A	Schedule B	Schedule A	Schedule B	N/A	See Footnote c
Fillet	N/A	Figure 7.4E	Figure 7.4F	Figure 7.4E	Figure 7.4E	N/A
	N/A	Schedule C	Schedule C or D ^d	Schedule C	Schedule C	N/A

^a Schedules A through D are given in Table 7.9.
^b For reinforcing fillet welds required by design, the profile restrictions apply to each groove and fillet, separately.
^c Welds made using shelf bars and welds made in the horizontal position between vertical bars of unequal thickness are exempt from R and C limitations. See Figures 7.4G and 7.4H for typical details.
^d See Figure 7.4F for a description of where Schedule C and D apply.

Figura 5

Weld Profile Schedules (see 7.23)

Schedule A	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP)			
	t	R min.	R max.	
	≤ 1 in [25 mm]	0	1/8 in [3 mm]	
	> 1 in [25 mm], ≤ 2 in [50 mm]	0	3/16 in [5 mm]	
	> 2 in [50 mm]	0	1/4 in [6 mm] ^e	
Schedule B	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP; C = allowable convexity or concavity)			
	t	R min.	R max.	C max ^f
	< 1 in [25 mm]	0	unlimited	1/8 in [3 mm]
	≥ 1 in [25 mm]	0	unlimited	3/16 in [5 mm]
Schedule C	(W = width of weld face or individual surface bead; C = allowable convexity)			
	W	C max ^f		
	≤ 5/16 in [8 mm]	1/16 in [2 mm]		
	> 5/16 in [8 mm], < 1 in [25 mm]	1/8 in [3 mm]		
	≥ 1 in [25 mm]	3/16 in [5 mm]		
Schedule D	(t = thickness of thinner of the exposed edge dimensions; C = allowable convexity; See Figure 7.4F)			
	t	C max ^f		
	any value of t	1/2		

^e For cyclically loaded structures, R max. for materials > 2 in [50 mm] thick is 3/16 in [5 mm].
^f There is no restriction on concavity as long as minimum weld size (considering both leg and throat) is achieved.

REVIEWED BY: ALEJANDRO CRUZ YACOVITZ, ASNT LEVEL III N° 284087 FOR CONFORMITY: cal# 98031929

Figura 6

Minimum Fillet Weld Sizes (See 7.13)

Base Metal Thickness (T) ^a		Minimum Size of Fillet Weld ^b	
in	mm	in	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8 ^c	3 ^c
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T < 3/4$	$12 < T < 20$	1/4	6
$3/4 < T$	$20 < T$	5/16	8

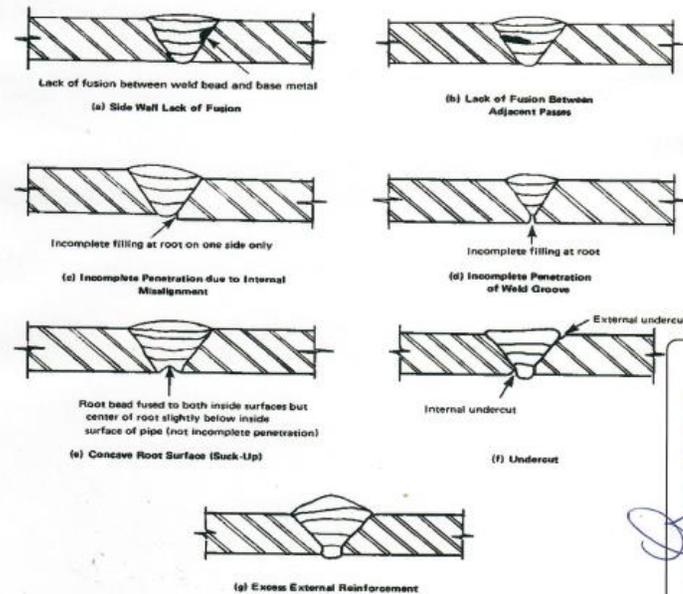
^a For nonlow-hydrogen processes without preheat calculated in conformance with 6.8.4, T equals thickness of the thicker part joined; single-pass welds shall be used.
^b For nonlow-hydrogen processes using procedures established to prevent cracking in conformance with 6.8.4 and for low-hydrogen processes, T equals thickness of the thinner part joined; single-pass requirement shall not apply.
^c Except that the weld size need not exceed the thickness of the thinner part joined.
^d Minimum size for cyclically loaded structures shall be 3/16 in [5 mm].

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ YACHT ASNT LEVEL III N° 284367
 FOR CONFORMITY: call N° 966370939

7.4.2 Tubería de proceso ASME B31.3

- Se muestra en la Figura 7 imperfecciones típicas de soldadura.
- Todas las soldaduras deben cumplir con los criterios de aceptación visual de la Figura 8.

Figura 7



REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ YACHT ASNT LEVEL III N° 284367
 FOR CONFORMITY: call N° 966370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
	Página:	19 de 35	

NOTES: (Cont'd)

- (2) Porosity and inclusions such as slag or tungsten are defined as rounded indications where the maximum length is three times the width or less. These indications may be circular, elliptical, or irregular in shape; may have tails; and may vary in density. Indications where the length is greater than three times the width are defined as linear indications and may also be slag, porosity, or tungsten.
- (3) For circumferential groove welded joints in pipe, tube, and headers made entirely without the addition of filler metal, external convexity shall not exceed the lesser of 1 mm ($1/32$ in.) or 10% of the joint nominal thickness. The contour of the convexity shall blend smoothly with the base metal. The total joint thickness, including any reinforcement, shall not be less than the minimum wall thickness, t_w .
- (4) For radiography, acceptability may be determined by comparing the density of the image through the affected area to the density through the adjacent base metal (T_w). If digital radiography is used, brightness comparison may be utilized. A density or brightness darker than the adjacent base metal is cause for rejection.
- (5) For groove welds, height is the lesser of the measurements made from the surfaces of the adjacent components; both reinforcement and internal protrusion are permitted in a weld. For fillet welds, height is measured from the theoretical throat, Figure 328.5.2A; internal protrusion does not apply.
- (6) For welds in aluminum alloy only, internal protrusion shall not exceed the following values:
 - (a) 1.5 mm ($1/16$ in.) for thickness ≤ 2 mm ($3/16$ in.)
 - (b) 2.5 mm ($3/32$ in.) for thickness > 2 mm and ≤ 6 mm ($1/4$ in.)
 For external reinforcement and for greater thicknesses, see the tabulation for symbol 1.

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ VALCARRA, ASNT LEVEL III N° 284367
 FOR CONFORMITY: call N° 995770259

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
	Página:	20 de 35	

7.4.3 Recipientes a presión ASME Sección VIII Div 1

- La superficie debe ser suficientemente libre de ondulaciones burdas o gruesas, crestas abruptas, entallas y overlaps.
- Las juntas deben tener fusión y penetración completas.
- De manera general, la reducción del espesor debe no exceder $1/32$ in (1 mm) o 10% del espesor nominal de la superficie adyacente.
- La alineación debe cumplir con lo establecido en la Figura 9.
- El refuerzo de soldadura debe cumplir con lo establecido en la Figura 10.

Figura 9

Customary Units		
Section Thickness, in.	Joint Category	
	A	B, C, and D
Up to $1/2$, incl.	$1/4t$	$1/4t$
Over $1/2$ to $3/4$, incl.	$1/8$ in.	$1/4t$
Over $3/4$ to $1 1/2$, incl.	$1/8$ in.	$3/16$ in.
Over $1 1/2$ to 2, incl.	$1/8$ in.	$1/8t$
Over 2	Lesser of $1/16t$ or $3/8$ in.	Lesser of $1/8t$ or $3/4$ in.

SI Units		
Section Thickness, mm	Joint Category	
	A	B, C, and D
Up to 13, incl.	$1/4t$	$1/4t$
Over 13 to 19, incl.	3 mm	$1/4t$
Over 19 to 38, incl.	3 mm	5 mm
Over 38 to 51, incl.	3 mm	$1/8t$
Over 51	Lesser of $1/16t$ or 10 mm	Lesser of $1/8t$ or 19 mm

REVIEWED
 BY: ALEX DE LA CRUZ VALCARRA, ASNT LEVEL III N° 284367
 FOR CONFORMITY: call N° 995770259

Figura 10

Customary Units		
Material Nominal Thickness, in.	Maximum Reinforcement, in.	
	Category B and C Butt Welds	Other Welds
Less than 3/32	3/32	1/32
3/32 to 3/16, incl.	3/8	3/16
Over 3/16 to 1/2, incl.	3/32	3/32
Over 1/2 to 1, incl.	3/16	3/8
Over 1 to 2, incl.	1/4	3/8
Over 2 to 3, incl.	1/4	3/32
Over 3 to 4, incl.	1/4	3/32
Over 4 to 5, incl.	1/4	1/4
Over 5	3/16	3/16

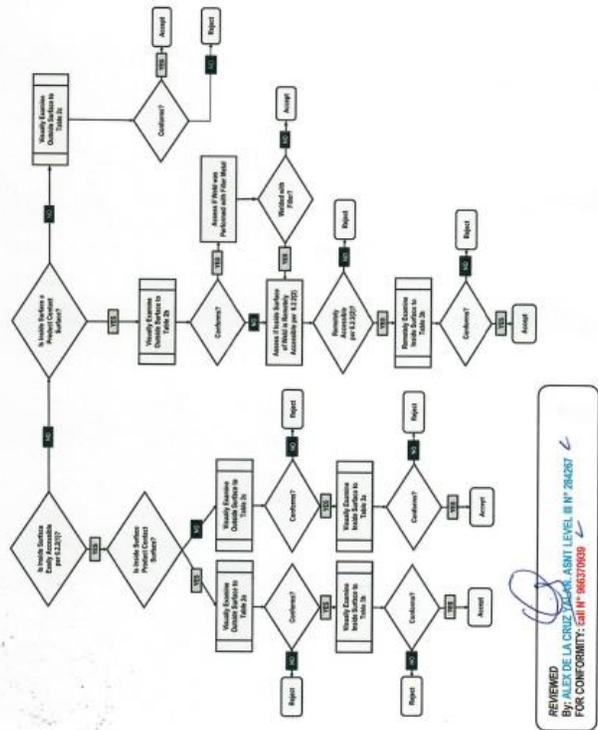
SI Units		
Material Nominal Thickness, mm	Maximum Reinforcement, mm	
	Category B and C Butt Welds	Other Welds
Less than 2.4	2.5	0.8
2.4 to 4.8, incl.	3	1.5
Over 4.8 to 13, incl.	4	2.5
Over 13 to 25, incl.	5	2.5
Over 25 to 51, incl.	6	3
Over 51 to 76, incl.	6	4
Over 76 to 102, incl.	6	5.5
Over 102 to 127, incl.	6	6
Over 127	8	8

REVIEWED BY: ALEX DE LA CRUZ TALKER, ASNT LEVEL III N° 284037 FOR CONFORMITY: CMI N° 96370959

7.4.4 Sistemas de tuberías de acero inoxidable austenítico en aplicaciones sanitarias (higiénicas) AWS D18.1

A modo referencial, se muestra el diagrama de flujo del proceso de requisitos de examinación

Figura 11



REVIEWED BY: ALEX DE LA CRUZ TALKER, ASNT LEVEL III N° 284037 FOR CONFORMITY: CMI N° 96370959

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	23 de 35

7.4.4.1 Para soldaduras en las que la superficie interior sea fácilmente accesible, deben examinarse tanto la superficie exterior como la interior.

Si la superficie interior es la superficie de contacto del producto, la superficie exterior debe examinarse según los criterios de la tabla 2a (Figura 12).

- Si la soldadura no cumple con los criterios de la tabla 2a, es rechazable.
- Si la soldadura cumple con los criterios de la tabla 2a, la superficie interior también debe examinarse y debe aceptarse si se cumplen los criterios de la tabla 3b (Figura 13).

Si la superficie exterior es la superficie de contacto con el producto, se debe examinar según los criterios de la tabla 2c (Figura 12).

- Si la soldadura no cumple con los criterios de la tabla 2c, es rechazable
- Si la soldadura cumple con los criterios de la tabla 2c, la superficie interior de la soldadura también debe examinarse y debe aceptarse si se cumplen los criterios de la tabla 3a (Figura 13).

7.4.4.2. Para soldaduras donde la superficie interior es remotamente accesible o inaccesible, la superficie exterior siempre debe ser examinada. Dependiendo de los resultados de ese examen, la superficie interior puede requerir un examen remoto. Si la superficie interior es inaccesible, esto puede ser rechazable.

Si la superficie interior es la superficie de contacto del producto, la superficie exterior debe examinarse según los criterios de la tabla 2b (Figura 12).

- Si la soldadura no cumple con los criterios de la tabla 2b.
 - ✓ Si la superficie interior de la soldadura es inaccesible, esto es rechazable
 - ✓ Si la superficie interior de la soldadura es remotamente accesible, esto también debe ser examinado y debe aceptarse si se cumplen los criterios de la tabla 3b (Figura 13).
- Si la soldadura cumple con los criterios de la tabla 2b y se hizo de forma autógena, es aceptable.
- Si la soldadura cumple con los criterios de la tabla 2b y la soldadura se realizó con metal de aportación.
 - ✓ Si la superficie interior de la soldadura es inaccesible, esto es rechazable
 - ✓ Si la superficie interior de la soldadura es remotamente accesible, esto también debe examinarse y debe aceptarse si se cumplen los criterios de la tabla 3b.

Si la superficie exterior es la superficie de contacto del producto, esto debe ser examinado y debe ser aceptado si se cumplen los criterios de la tabla 2c (Figura 12).

REVISADO POR LA CRISTALIZACIÓN ASISTIDA EN N° 284257
POR CONFORMIDAD, call # 986370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	24 de 35

Figura 12

Visual Examination Acceptance Criteria for the Outside Surfaces of Welds

Discontinuity	Nonproduct Contact Surfaces		Table 2c Product Contact Surfaces (see 6.3.1.2 and 6.3.2.2)
	Table 2a If the Inside Surface is Easily Accessible (see 6.2.2.1) and 6.3.1.1)	Table 2b If the Inside Surface is Remotely Accessible or Inaccessible (see 6.2.2.2) and 6.3.2.1)	
Incomplete Penetration			
Cracks	None	None	None
Incomplete Fusion	None between adjacent weld heads or between weld metal and base metal	None between adjacent weld heads or between weld metal and base metal	None between adjacent weld heads or between weld metal and base metal
Undercut	None	None	None
Crevices, Porosity, or Pits Open to the Surface	None	None	None
Embedded or Protruding Material	None	None	None
Offset or Misalignment of the Weld Joint	15% of nominal wall thickness (T) maximum* [Fig. 2(A)]	15% of nominal wall thickness (T) maximum* [Fig. 2(A)]	15% of nominal wall thickness (T) maximum* [Fig. 2(A)]
Concavity		0.006 in [0.15 mm] maximum [Fig. 2(B)]	0.006 in [0.15 mm] maximum [Fig. 2(B)]
Convexity		0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(C)]	0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(C)]
Discoloration	Weld surface shall not contain excessive discoloration. Acceptable discoloration levels shall be referenced per Fig. 3 and agreed upon by the Owner and Contractor	Weld surface shall not contain excessive discoloration. Acceptable discoloration levels shall be referenced per Fig. 3 and agreed upon by the Owner and Contractor	Weld surface shall not contain excessive discoloration. Oxidation indicated by discoloration shown in Examples 4 through 10 of Fig. 3 is unacceptable on the as-welded condition, unless otherwise agreed upon by the Owner and Contractor
Oxide Islands			Larger than 1/16 in [1.6 mm] in diameter [Fig. 2(H)] shall be unacceptable. No more than 4 oxide islands shall be present in any 4 linear inches [100 mm] of weld or no more than one oxide island per 1 linear inch [25 mm] of weld in any weld less than 1 in [100 mm] in length. Oxide islands less than 1/64 in [0.4 mm] in size shall be disregarded.
Minimum Face Width of Manual Welds		2T, where T is the nominal tube wall thickness* [Fig. 2(D)]	
Uniformity of Face Width of Manual Welds		Should be uniform. Minimum face width of welds, made manually, shall be at least 75% of the maximum face width (W) [Fig. 2(E)]	
Consistency of Start, Termination, and Width		Consistent with welder's PWS	

Note: A shaded area indicates nonapplicability.

*T is the nominal wall thickness of the thinner of the two members being joined. Weld metal shall blend smoothly into base metal.

REVISADO POR LA CRISTALIZACIÓN ASISTIDA EN N° 284257
POR CONFORMIDAD, call # 986370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	25 de 35

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	26 de 35

Figura 13

Visual Examination Acceptance Criteria for the Inside Surfaces of Welds

Discontinuity	Table 3a Nonproduct Contact Surfaces (see 6.3.1.2 and 6.3.2.2)	Table 3b Product Contact Surfaces (see 6.3.1.1 and 6.3.2.1)
Incomplete Penetration	None	None
Cracks	None	None
Incomplete Fusion	None between adjacent weld beads or between weld metal and base metal	None between adjacent weld beads or between weld metal and base metal
Undercut	None	None
Crevices, Porosity, or Pits Open to the Surface	None	None
Embedded or Protruding Material	None	None
Offset or Misalignment of the Weld Joint	15% of nominal wall thickness (T) maximum [Fig. 2(A)]	15% of nominal wall thickness (T) maximum [Fig. 2(A)]
Concavity	0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(G)]	0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(G)]
Convexity	0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(F)]	0.012 in [0.3 mm] maximum [Fig. 2(F)]
Discoloration	Weld surface shall not contain excessive discoloration. Acceptable discoloration levels shall be referenced per Fig. 3 and agreed upon by the Owner and Contractor	Weld surface shall not contain excessive discoloration. Oxidation indicated by discoloration shown in Examples 4 through 10 of Fig. 3 is unacceptable in the as-welded condition, unless otherwise agreed upon by the Owner and Contractor
Oxide Islands		Larger than 1/16 in [1.6 mm] in diameter [Fig. 2(H)] shall be unacceptable. No more than 4 oxide islands shall be present in any 4 linear inches [100 mm] of weld or no more than one oxide island per 1 linear inch [25 mm] of weld in any weld less than 4 in [100 mm] in length. Oxide islands less than 1/64 in [0.4 mm] in size shall be disregarded.
Minimum Face Width of Manual Welds		
Uniformity of Face Width of Manual Welds		
Consistency of Start, Termination, and Width		

Note: A shaded area indicates nonapplicability.

* T is the nominal wall thickness of the thinner of the two members being joined. Weld metal shall blend smoothly into base metal.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YAGAN, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

Figura 14

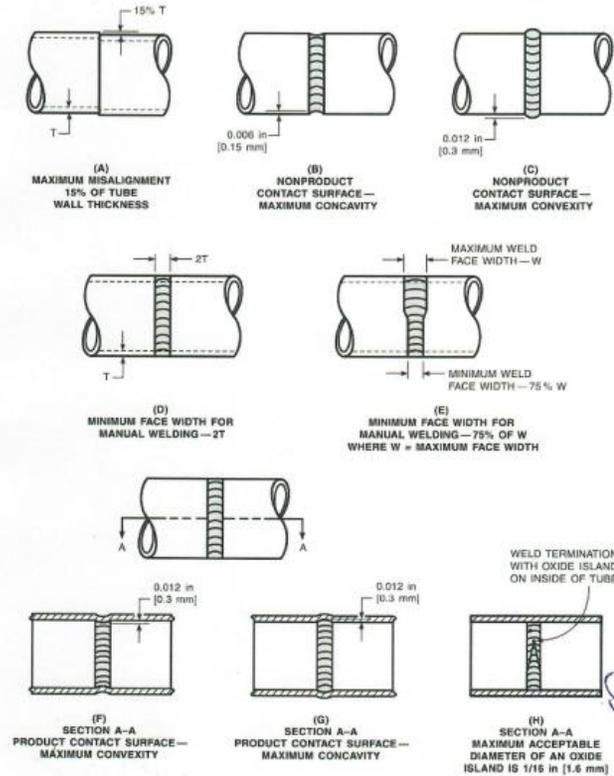
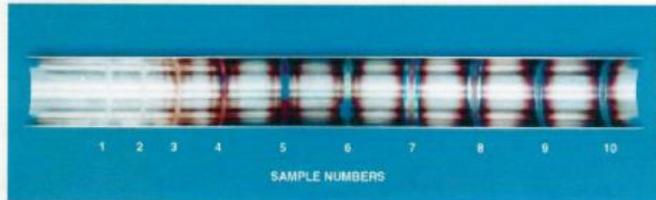


Figure 2—Examples of Weld Discontinuity Limits

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YAGAN, ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	27 de 35

Figura 15



Notes:

- The tube sample was prepared using automatic orbital "bead-on-tube" gas tungsten arc welds on the outside diameter of a 2 in (50 mm) Type 304L (UNS S30403) stainless steel tube. The welds penetrated through the tube wall. The concentration of oxygen in parts per million (ppm or 0.0001%) added to the pure argon backing gas for each weld was as follows:

No. 1—10	No. 3—50	No. 5—200	No. 7—1000	No. 9—12 500
No. 2—25	No. 4—100	No. 6—500	No. 8—5000	No. 10—25 000
- The inside surface of the stainless steel tube was mechanically polished to an approximately 32 µin (0.6 µm) R_a finish prior to welding.
- The illustration is most useful as a reference to identify the degree of discoloration rather than to specify oxygen limits in the backing gas. The amount of discoloration and its appearance can be influenced by factors other than oxygen such as:
 - High levels of moisture in the backing gas will increase the degree of discoloration.
 - Contaminants such as hydrocarbons, moisture, and some types of particulates on the surface prior to welding can influence discoloration levels.
 - Hydrogen gas in the argon backing gas can significantly reduce the amount of discoloration.
 - The metal's surface finish can affect the appearance of discoloration.
- Another set of weld discoloration samples can be found in ASME BPE EP and ASME BPE MP. However, those samples were developed for lower levels of oxygen content in the backing gas (samples 1 through 3 above) and specifically for the biopharmaceutical industry. These may not be appropriate for AWS D18.1 applications, and there should be agreement between the Owner or Owner's representative, and Contractor prior to use.
- The user is cautioned that electronic versions or photocopies of these acceptance criteria shall not be used for evaluation of sample or production welds since subtle differences in color can influence weld acceptability.

Figure 3—Weld Discoloration Levels on Inside of Austenitic Stainless Steel Tube

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ TUCUÁN, ASNT LEVEL III N° 264267
FOR CONFORMITY: call N° 96637626

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	28 de 35

7.4.5 Tanques, recipientes y otros equipos en aplicaciones sanitarias (higiénicas) AWS D18.3

7.4.5.1. Criterios de aceptación del examen visual de soldadura pre acabada:

- Las siguientes disposiciones se aplican a la integridad de todas las soldaduras antes de cualquier operación de acabado post-soldadura y soldaduras especificadas en la Figura 19 como WF-1.
 - ✓ La soldadura debe estar libre de grietas.
 - ✓ Debe existir una fusión completa entre pasadas adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.
 - ✓ Todos los cráteres deben ser rellenados en la totalidad de su sección transversal.
 - ✓ Los perfiles de soldadura deben estar de acuerdo con las Figuras 17(A), (B) o (D) y deben cumplir con los límites establecidos a continuación. Los perfiles de soldadura típicos inaceptables se muestran en las Figuras 17(C) y (E).
 - Para las soldaduras de filete en las Zonas de Clasificación de 1 y 2, la convexidad o concavidad en la forma final fabricada debe minimizarse en la medida en que ningún producto o solución de limpieza quede atrapado después de la limpieza o que la eficacia de la limpieza sea comprometida. Los perfiles de soldadura de filete pueden ser ligeramente convexos, planos o ligeramente cóncavos en las Zonas de clasificación de superficies 3 y 4.
 - Las soldaduras de ranura deben realizarse con un mínimo de refuerzo de soldadura a menos que se indique lo contrario. Refuerzo de soldaduras con WF-1 a WF-5 (Figura 19) no debe exceder los límites que se muestran en la Figura 18. Las pasadas individuales en soldaduras de pasadas múltiples se deben hacer la transición a pasadas anteriores de tal manera que se eviten ondulaciones gruesas y crestas y valles abruptos.
- ✓ Las soldaduras deben estar libres de overlaps
- ✓ Ni la cara de soldadura ni la raíz deben tener una condición de underfill que exceda el 10% del espesor del miembro más delgado. Además, el underfill no es aceptable si evita que el proceso o productos de limpieza se escurran completamente o comprometen la eficacia de la limpieza.
- ✓ La porosidad no debe exceder lo siguiente:
 - Para soldaduras en las Zonas de Clasificación 1, 2 y 3 (Figura 16) no se permitirá porosidad visible.
 - Para soldaduras en la Zona de Clasificación 4 de la Figura 16, la suma de los diámetros de porosidad visible de 1/32 pulg. (1 mm) o mayor no debe exceder 3/8 pulg. (10 mm) en ninguna pulgada lineal de soldadura, y no debe exceder 3/4 pulg. (19 mm) en ninguna longitud de 12 pulg. (300 mm) de soldadura.
- ✓ La profundidad de undercut no debe exceder las siguientes dimensiones:
 - 1/64 pulg. (0.4 mm) para espesores de material de menos de 3/16 pulg. (5mm).

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ TUCUÁN, ASNT LEVEL III N° 264267
FOR CONFORMITY: call N° 96637626

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	29 de 35
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA			

- b) 1/32 pulg. (1 mm) para espesores de material iguales o superiores a 3/16 pulg. (5 mm) y menos de 1 pulg. (25 mm).
- c) 1/16 pulg. (2 mm) está permitido para una longitud acumulada de 2 pulg. (50 mm) en cualquier longitud de 12 pulg. (300 mm) de soldadura para espesores de material mayores de 1/2 pulg. (13 mm), pero menos de 1 pulg. (25 mm).
- d) 1/16 pulg. (2 mm) para espesores de material iguales o superiores a 1 pulg. (25 mm).

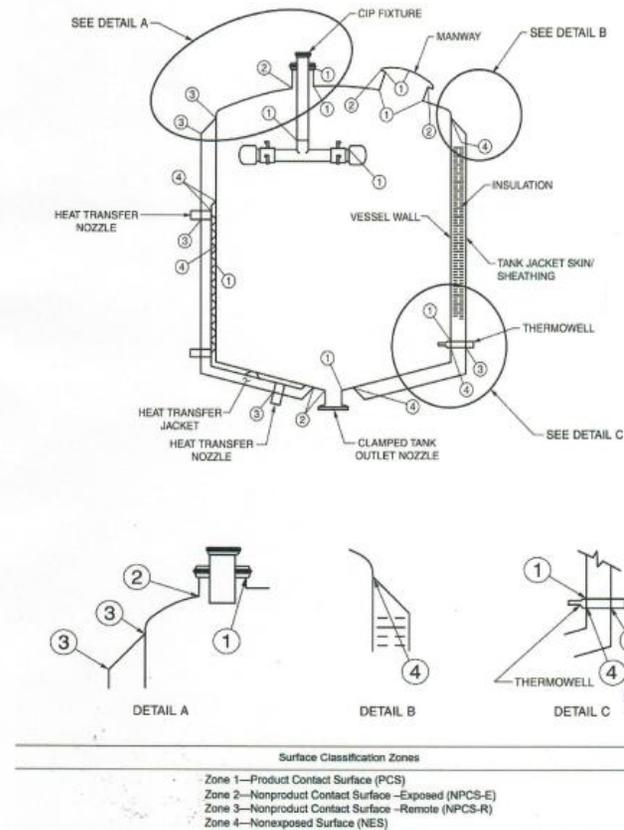
7.4.5.2 Criterios de aceptación del examen visual de soldadura post acabada

- Las siguientes disposiciones se aplican a las soldaduras en las Zonas de clasificación de superficies 1, 2 y 3 (Figura 16), a menos que se especifique lo contrario. Estas soldaduras deben cumplir con el acabado de soldadura apropiado en la Figura 19.
- ✓ Las soldaduras no deben contener ninguna discontinuidad abierta a la superficie como grietas, undercut, crevice, porosidad, picaduras o materiales incrustados o que sobresalen.
- ✓ Para eliminar crevice que podrían contribuir al crecimiento bacteriano o la contaminación del producto, las soldaduras de filete intermitentes están prohibidas en las Zonas de Clasificación 1, 2 y 3.
- ✓ Todas las superficies de soldadura de la Zona 1 y 2 de Clasificación deberán tener un acabado donde sea accesible para que:
 - a) Ningún producto, solución desinfectante o solución de limpieza queda atrapado después de desinfectar, limpiar o drenar.
 - b) Las soldaduras de ranura especificadas como WF-6 deben tener refuerzo después del acabado no mayor de 1/16 de pulgada (2 mm) o 10% del espesor de la pared del miembro más delgado, el que sea menor, para que la eficacia de limpieza o el drenaje no se vean comprometidos.
 - c) Las soldaduras de las zonas 1 y 2 a las que no se puede acceder para el acabado de las soldaduras deben tener una decoloración no mayor que la del ejemplo 3 que se muestra en AWS D18.1.
- ✓ Todas las soldaduras de filete con ángulos internos de menos de 135 (en las superficies de contacto con el producto deben tener un radio de no menos de 1/4 pulg. (6 mm), excepto cuando el espesor de una o ambas partes que se unen es menor de 3/16 pulg. (5 mm), el radio mínimo no debe ser inferior a 1/8 pulg. (3mm).
- ✓ Al terminar soldaduras, particularmente soldaduras de filete, las dimensiones finales de la soldadura y el espesor del metal base adyacente no deben ser menores que el mínimo especificado.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ TRICAL ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 965378959

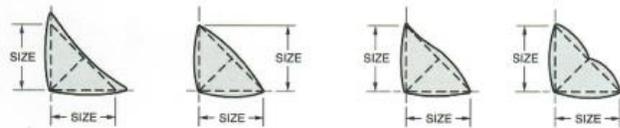
	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	30 de 35
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA			

Figura 16



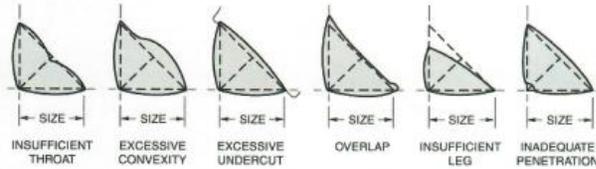
REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ TRICAL ASNT LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 965378959

Figura 17

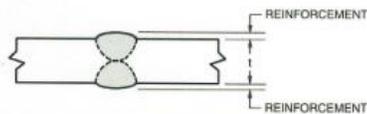


(A) DESIRABLE FILLET WELD PROFILES

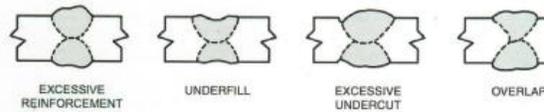
(B) ACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES



(C) UNACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES



(D) ACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILE



(E) UNACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILES

REVIEWED
 By: ALEX DE LA CRUZ YALANTZISAIT LEVEL III N° 284207
 FOR CONFORMITY: call N° 960379639

Figura 18

Weld Reinforcement—Groove Welds

Nominal Material Thickness		Max Reinforcement	
in	mm	in	mm
<1/16	<2	0.030	1
1/16–1/8	2–4	0.060	2
>1/8–5/8	>4–16	3/32	3
>5/8	16	1/8	4

REVIEWED
 By: ALEX DE LA CRUZ YALANTZISAIT LEVEL III N° 284207
 FOR CONFORMITY: call N° 960379639

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	33 de 35

Figura 19

Weld and Adjacent Zone Finishes

This annex is part of AWS D18.3/D18.3M:2015, Specification for Welding of Tanks, Vessels, and Other Equipment in Sanitary (Hygienic) Applications, and includes mandatory elements for use with this standard.

The fabricator may use workmanship examples, electronic images, or photographs of the weld finishes noted below to further define acceptance criteria. Such examples shall be available for review by the Owner if requested.

- WF-1 As welded. No further work required.
- WF-2 All weld slag shall be removed. The removal of other nonmetallic adhesions on the weld surface is not required. Loose weld spatter shall be removed, but firmly adhering spatter may be left in place.
- WF-3 All slag and other adhesions (metallic and nonmetallic), including weld spatter, shall be removed.
- WF-4 WF-3, plus discoloration shall be removed using either mechanical (e.g. grinding, polishing, bead blasting), chemical (e.g. passivating or pickling), or electrochemical (electropolishing) methods. Adhesive tape may be applied on both sides of the weld to produce a uniformly striped appearance. Bead blasting is only allowed on Surface Classification Zones 2, 3, or 4.
- WF-5 WF-3 or WF-4 as specified in the contract documents, plus the weld surface shall have a uniform appearance. Small ripples and minor irregularities are acceptable. If grinding is required for coarse ripples or irregularities, the abrasive shall be no rougher than 60 grit unless otherwise specified by the Owner. No roughness levels [as measured by roughness average per ASME B46.1 (R_a)] shall be specified for WF-5.
- WF-6 WF-3 or WF-4 as specified in contract documents, plus the weld surfaces shall be ground smooth and uniform. Groove welds may have a significant amount of material removed but are not required to be flush with the base metal. The weld toes may still be visible. Pits and crevices shall be removed by weld filling (as needed) and grinding. The final grinding abrasive shall be no rougher than 80 grit unless otherwise specified by the Owner. When a requirement exists for fillet welds, the weld profile shall be flat or concave. Convex fillet welds are not acceptable. No R_a shall be specified for WF-6.
- WF-7 WF-3 or WF-4, plus the surfaces of groove welds shall be ground smooth and flush with the base metal. Pits and crevices shall be removed by grinding or by weld filling and grinding, as needed. Such finishing shall not reduce the base metal thickness below the minimum design thickness. Grinding marks are not required to blend with the base metal, but the average roughness value shall be comparable to the base metal. The final R_a shall be specified by the Owner. Adhesive tape may be applied on both sides of the weld to produce a uniformly striped appearance. Fillet welds shall be ground to a concave profile, and the toes shall blend smoothly into the base metal. Surfaces shall meet the same roughness criteria.
- WF-8 WF-7, plus the weld shall be electropolished to the R_a specified by the Owner.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ / ACRU, ASNT LEVEL III N° 26407
FOR CONFORMITY: call N° 96079899

	PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Fecha:	10/08/20
		Página:	34 de 35

7.4.6. Estructuras en Acero Inoxidable AWS D1.6

Los criterios de aceptación de soldadura de esta sección se limitan a los aceros inoxidables austeníticos. Todas las soldaduras deben ser inspeccionadas visualmente y deben ser aceptables si se cumplen los criterios de la Figura 20.

Figura 20

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 8.9)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Stairstep Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections	Tubular Connections (All Loads)
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable regardless of size and/or location.	X	X	X
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X	X
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of fillet welds outside of their effective length.	X	X	X
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with Figure 7.2.	X	X	X
(5) Final Inspection and Evaluation (A) For austenitic, ferritic, and duplex stainless steels, may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. (B) For martensitic and precipitation hardening stainless steels, shall begin not less than 24 hours after the completed welds have cooled to ambient temperature.	X	X	X
(6) Undersized Welds Fillet welds in any single continuous weld may be less than the specified fillet weld size by up to and including 1/16 in [2 mm] without correction, provided that the undersized portion of the weld does not exceed 10% of the length of the weld. On web-to-flange welds on girders, fillet weld sizes less than the specified size shall be prohibited at the end for a length equal to twice the width of the flange.	X	X	X
(7) Undercut (A) Undercut shall not exceed the following dimensions: (1) 0.01 in [0.25 mm] for material less than 3/16 in [5 mm] thick. (2) 1/32 in [1 mm] for material equal to or greater than 3/16 in [5 mm] and less than 1 in [25 mm] thick. (3) 1/16 in [2 mm] for an accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld in material equal to or greater than 1/2 in [12 mm] and less than 1 in [25 mm] thick. (4) 1/16 in [2 mm] for material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X		
(8) Porosity* (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity: 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to webs the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X		
		X	X

*Visible piping porosity may not be acceptable due to corrosive or appearance considerations on the need for a leak-proof weld.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ / ACRU, ASNT LEVEL III N° 26407
FOR CONFORMITY: call N° 96079899



PROCEDIMIENTO	P-QC-01	
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA	Revisión:	1
	Fecha:	10/08/20
	Página:	35 de 35

8. REGISTROS

Los siguientes registros son conservados como resultado de este procedimiento.

- F-QC-05 Protocolo de Inspección Visual
- Análisis de trabajo seguro
- Reunión previa de seguridad

9. CONTROL DE CAMBIOS

REV	FECHA	MODIFICACIÓN/INCLUSIÓN
00	07/08/20	Emisión del nativo para aprobación
01	10/08/20	Aprobación del procedimiento en su 1era revisión



ANEXO 6

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	1 de 14

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	2 de 14

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR TINTES PENETRANTES

Para la autenticidad del sello y firma del presente procedimiento
Favor de verificar en la siguiente dirección: <https://stgrend.com/certificados-reportes/>

Firma y sello:

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAN, ASIST. LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

Fecha: 09/10/2020

INDICE

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE	3
3. DOCUMENTOS REFERENCIALES	3
4. DEFINICIONES	3
5. RESPONSABILIDADES	5
5.1 JEFE DEL PROYECTO	5
5.2 SUPERVISOR GENERAL DEL PROYECTO	5
5.3 SUPERVISOR QA/QC	5
5.4 SUPERVISOR SSOMA	5
5.5 INSPECTOR NDT	5
6. REQUISITOS SSOMA	6
7. PROCEDIMIENTO	6
7.1 MATERIALES Y ACCESORIOS	6
7.2 CONSIDERACIONES PREVIAS	6
7.2.1 TEMPERATURA	6
7.2.2 PREPARACION DE SUPERFICIE	7
7.2.3 CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO	7
7.3 DESARROLLO DE LA INSPECCION	7
7.3.1 LIMPIEZA Y PREPARACION PREVIA DE LA SUPERFICIE	7
7.3.2 APLICACION DE TINTE PENETRANTE SOBRE LA SUPERFICIE	8
7.3.3 TIEMPO DE PENETRACION	8
7.3.4 REMOCION DEL EXCESO DE PENETRANTE	8
7.3.5 APLICACION DEL REVELADOR, TIEMPO DE REVELADO Y TIEMPO PARA QUE APAREZCA LA INDICACION	8
7.3.6 LIMPIEZA FINAL	9
7.4 CRITERIOS DE ACEPTACION	9
ANEXO 1	10
ANEXO 2	11
ANEXO 3	12
ANEXO 4	13
8. REGISTROS	14
9. CONTROL DE CAMBIOS	14

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAN, ASIST. LEVEL III N° 284267
FOR CONFORMITY: call N° 966370939

	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	P-QC-02	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/08/20
		Página:	3 de 14

1. OBJETIVO

Establecer la metodología, requerimientos y los criterios de aceptación para el desarrollo de la inspección por tintes penetrantes en el Proyecto "CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR-HANSEN PERÚ".

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a la inspección por tintes penetrantes en la fabricación y reparación de estructuras metálicas, tuberías de acero al carbono, tuberías de acero inoxidable, recipientes a presión y otros en el Proyecto "CONSOLIDACIÓN DE PLANTAS CHR-HANSEN PERÚ".

3. DOCUMENTOS REFERENCIALES

- ASME B31.3: Process Piping.
- AWS D1.1: Structural Welding Code – Steel
- AWS D1.6: Structural Welding Code - Stainless Steel
- ASME Sección VIII División 1: ASME Boiler and Pressure Vessel Code
- ASME Section V: Nondestructive Examination
- ASTM E-165: Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry
- POL-41182-ID-ME-ET-001-1: Especificación técnica de tuberías

4. DEFINICIONES

- Familia: Serie completa de materiales penetrantes que se requieran para el desempeño de una inspección por líquidos penetrantes.
- Tiempo de Penetración: El tiempo total que el penetrante o emulsionante está en contacto con la superficie de ensayo, incluyendo el tiempo requerido para la remoción del excedente.
- Tiempo de Revelado: El tiempo de revelado para la interpretación final empieza inmediatamente después de aplicar un revelador seco o inmediatamente después que seca la capa del revelador húmedo.
- Discontinuidad: Una falta de continuidad o de cohesión, una interrupción intencional o no intencional en la estructura física o la configuración de un material.
- Defecto: Una discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación u otra propiedad no cumple con los criterios de aceptación especificados y es rechazable.
- Indicación: La respuesta o la evidencia de un examen no destructivo.
- Interpretación: La acción de determinar si las indicaciones son falsas, no relevantes o relevantes.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAZAR-PRINT LEVEL III N° 284287
FOR CONFORMITY: CNIR N° 963370939

	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	P-QC-02	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/08/20
		Página:	4 de 14

- Indicación falsa: Una indicación que se interpreta como causada por una condición distinta de una discontinuidad.
- Indicación no relevante: Una indicación que es causada por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazable.
- Indicación relevante: Una indicación que es causada por una condición o tipo de discontinuidad que requiere evaluación.
- Evaluación: Una revisión, después de la interpretación, de las indicaciones observadas para determinar si cumplen o no con el criterio de aceptación especificado.
- Líquidos penetrantes fluorescentes (tipo 1): Son los que incorporan en su composición un pigmento fluorescente, visible bajo la iluminación de luz negra adecuada.
- Líquidos penetrantes coloreados (tipo 2): Contienen pigmentos fuertemente coloreados en disoluciones apropiadas.

Según la forma en que puede ser eliminado el exceso de líquido penetrante se pueden clasificar en:

- Líquidos penetrantes auto-emulsificables (método A): Son los que se eliminan directamente con agua debido a que se incorporan en su composición productos emulsificables.
- Líquidos penetrantes post-emulsificables (métodos B y D): Este tipo de penetrantes llevan una etapa intermedia entre la penetración y el lavado con agua, y es la aplicación del emulsificador, porque sin ello este tipo de líquidos no es lavable con agua. De mayor sensibilidad en la detección de pequeñas discontinuidades.
- Líquidos penetrantes removibles con solventes (método C): El exceso de penetrante deberá ser eliminado hasta donde sea posible frotando la superficie con una tela o papel absorbente humedecido con un solvente adecuado, evitando el exceso de solvente para evitar sacar el penetrante que hay dentro de las discontinuidades.



Imagen 1, diagrama de flujo de una inspección por tintes penetrantes.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAZAR-PRINT LEVEL III N° 284287
FOR CONFORMITY: CNIR N° 963370939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02		
		Revisión:	1 *	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20	
		Página:	5 de 14	

5. RESPONSABILIDADES

5.1 Jefe de Proyecto

- Dirigir y acompañar las actividades definidas en este procedimiento.
- Es el encargado de facilitar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto con todas las medidas de seguridad necesarias.
- Responsable de aprobar el presente documento.

5.2 Supervisor General del Proyecto

- Coordinará en campo, con el Ingeniero Residente por parte del cliente, todas las actividades relacionadas a la inspección por tintes penetrantes.
- Responsable de la revisión del presente procedimiento antes de la ejecución de la tarea.
- Asegurar el cumplimiento de lo establecido en el presente procedimiento.

5.3 Supervisor QA/QC

- Controlar y verificar el cumplimiento del plan de QA/QC y procedimiento exigidos por el cliente.
- Responsable del control y el archivo de los registros que se generen de la aplicación de este procedimiento.
- Verificar que los equipos, herramientas e instrumentos cuenten en físico con la certificación y calibración vigente.

5.4 Supervisor SSOMA

- Verificar toda la documentación previa requerida para el inicio de actividades.
- Asesorar al Supervisor General en la aplicación y cumplimiento del presente procedimiento.
- Reportar inmediatamente los casos de incidentes durante las actividades de este procedimiento.

5.5 Inspector NDT

- Respetar y cumplir el presente procedimiento para la correcta realización del trabajo, considerando normas y estándares de seguridad.
- Usar el EPP básico y específico en función a la labor a realizar.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ VALDEZ ASNT LEVEL III N° 28457
FOR CONFORMITY: CANIT 96370239

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02		
		Revisión:	1 *	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20	
		Página:	6 de 14	

6. REQUISITOS SSOMA

- EPP's básicos (Casco, barbiquejo, lentes de seguridad, zapatos de seguridad, guantes), respirador de media cara, filtros para vapores orgánicos, etc.
- Arnés de seguridad con doble línea de anclaje, cuando sea necesario.

7. PROCEDIMIENTO

El método de inspección con líquidos penetrantes se basa en la capacidad de ciertos líquidos de penetrar en una cavidad por acción capilar. Este método se utiliza para detectar discontinuidades abiertas a la superficie en materiales sólidos no porosos, tales como solapes, grietas, porosidad, etc. Este método no detecta discontinuidades sub-superficiales.

7.1 Materiales y accesorios

- De acuerdo a la Tabla 1, la inspección se desarrollará en base a la siguiente clasificación del Tipo y Método: Tipo II (Examinación de Líquido Penetrante Visible) y Método C (Removible por solvente).
- Se podrá emplear kits de tintes penetrantes de las marcas Magnaflux, Cantesco u otra comercial.

Type I—Fluorescent Penetrant Testing
Method A—Water-washable (see Practice E1209)
Method B—Post-emulsifiable, lipophilic (see Practice E1208)
Method C—Solvent removable (see Practice E1219)
Method D—Post-emulsifiable, hydrophilic (see Practice E1210)
Type II—Visible Penetrant Testing
Method A—Water-washable (see Practice E1418)
Method C—Solvent removable (see Practice E1220)

Tabla 1

7.2 Consideraciones previas

7.2.1 Temperatura

Como técnica estándar, la temperatura del penetrante y la superficie de la parte a examinar no deberá estar por debajo de 5 °C ni por encima de 52 °C en todo el período.

Está permitido un calentamiento o enfriamiento local de la pieza para que su temperatura permanezca en el rango de 5°C a 52 ° durante la examinación. Cuando no es práctico realizar una examinación dentro del rango de temperatura de 5 °C a 52 °C, el procedimiento de examen requiere calificación de los materiales penetrantes en conformidad con el Apéndice III del ASME Sección V, artículo 6.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ VALDEZ ASNT LEVEL III N° 28457
FOR CONFORMITY: CANIT 96370239

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	7 de 14

7.2.2 Preparación de superficie

Antes de cada examinación por tintes penetrantes, la superficie para ser examinado y todas las áreas adyacentes dentro de al menos 1 pulg. (25 mm) debe estar seco y libre de toda suciedad, grasa, salpicadura de soldadura, pintura, aceite y otros elementos extraños que podría oscurecer las aberturas de la superficie o interferir con el examen.

7.2.3 Calificación del procedimiento

Cuando la calificación del procedimiento es especificado por el código de referencia, un cambio de un requerimiento de la Tabla 2, identificado como una variable esencial, en un valor especificado, o rango de valores, debe requerir recalificación del procedimiento. Un cambio de un requisito identificado como una variable no esencial, no requiere recalificación del procedimiento escrito. Todos los cambios de variables esenciales o no esenciales del valor, o rango de valores, especificado por el procedimiento escrito, deben requerir una nueva revisión del procedimiento.

Requirement	Essential Variable	Nonessential Variable
Identification of and any change in type or family group of penetrant materials including developers, emulsifiers, etc.	X	---
Surface preparation (finishing and cleaning, including type of cleaning solvent)	X	---
Method of applying penetrant	X	---
Method of removing excess surface penetrant	X	---
Hydrophilic or lipophilic emulsifier concentration and dwell time in dip tanks and agitation time for hydrophilic emulsifiers	X	---
Hydrophilic emulsifier concentration in spray applications	X	---
Method of applying developer	X	---
Minimum and maximum time periods between steps and drying aids	X	---
Decrease in penetrant dwell time	X	---
Increase in developer dwell time (Interpretation Time)	X	---
Minimum light intensity	X	---
Surface temperature outside 40°F to 125°F (5°C to 52°C) or as previously qualified	X	---
Performance demonstration, when required	X	---
Personnel qualification requirements	---	X
Materials, shapes, or sizes to be examined and the extent of examination	---	X
Post-examination cleaning technique	---	X

Tabla 2

7.3 Desarrollo de la inspección

7.3.1 Limpieza y Preparación Previa de la Superficie

Se usará un cepillo de cerdas de metal o escobilla eléctrica para remover cualquier irregularidad superficial que pueda enmascarar las indicaciones de discontinuidades inaceptables. Después de la limpieza, se permitirá el secado de todas las superficies a ser examinadas por evaporación normal. El período mínimo de tiempo para que la solución empleada en la limpieza se evapore, se determinará de acuerdo a la humedad relativa existente en el lugar de la prueba.

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ VALDES
FOR CONFORMITY: cdt# 1965270639

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	8 de 14

7.3.2 Aplicación de tinte penetrante sobre la Superficie

Se hará la aplicación del líquido penetrante por proyección del líquido sobre la superficie y a una distancia no mayor de 8" o lo que recomiende el fabricante, también se podrá realizar la aplicación con una brocha de 1" o 2" de ancho. Esta operación debe durar determinado tiempo de manera que el líquido penetre completamente en las discontinuidades que pudieran existir.

7.3.3 Tiempo de penetración

El tiempo de penetración depende del material a ensayar, del tipo de discontinuidad, de la temperatura de la pieza y el líquido a utilizar. Se tiene como regla que la temperatura del líquido penetrante y la parte de la superficie que va a ser examinada debe estar en un rango entre 5°C y 52°C y permanecer en estas condiciones durante el ensayo. El tiempo de penetración se seleccionará de acuerdo a la tabla 3 o lo que indique el fabricante.

Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times ^a (minutes)	
			Penetrant ^b	Developer ^c
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high-temperature alloys	castings and welds	cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5	10
	wrought materials—extrusions, forgings, plate	laps, cracks (all forms)	10	10
Carbide-tipped tools		lack of fusion, porosity, cracks	5	10
Plastic	all forms	cracks	5	10
Glass	all forms	cracks	5	10
Ceramic	all forms	cracks, porosity	5	10

^a For temperature range from 50° to 125°F [10° to 52°C]. For temperatures between 40° and 50°F [4.4° and 10°C], recommend a minimum dwell time of 20 minutes.
^b Maximum penetrant dwell time in accordance with 8.5.1.
^c Development time begins as soon as wet developer coating has dried on surface of parts (recommended minimum). Maximum development time in accordance with 8.5.5.

Tabla 3

7.3.4 Remoción del exceso de penetrante

Tiene por objeto dejar libre la superficie del material del líquido que no ha penetrado en las discontinuidades. Se llevará a cabo de diversas formas según el carácter del líquido penetrante. Pudiendo utilizarse agua o disolventes especiales. El exceso de penetrante puede ser removido usando un material absorbente limpio (trapo o papel que no deje hilachas) humedecido en agua.

7.3.5 Aplicación del revelador, tiempo de revelado y tiempo para que aparezca la indicación

El revelador actúa como extractor del penetrante retenido en las discontinuidades, llevándolas a la superficie y haciéndolas visibles. El tiempo de revelado se seleccionará de acuerdo a la tabla 3 o lo que indique el fabricante. El tiempo de aparición de las indicaciones es inversamente proporcional al volumen de la discontinuidad. Las discontinuidades grandes aparecen rápidamente. Mientras que habrá que dejar actuar el revelador un tiempo mayor para que aparezcan las indicaciones más pequeñas.

REVIEWED
BY: ALEX DE LA CRUZ VALDES
FOR CONFORMITY: cdt# 1965270639

	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	P-QC-02	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/08/20
		Página:	9 de 14

La superficie examinada deber ser observada de cerca durante la aplicación del revelador para monitorear el comportamiento de indicaciones que tienden a brotar profusamente.

7.3.6 Limpieza Final

La limpieza final deberá llevarse a cabo en razón de que los productos usados en el ensayo pueden interferir con los procesos siguientes o tener un efecto nocivo para las piezas en servicio.

7.4 Criterios de aceptación

- Estructuras en Acero AWS D1.1: Se evaluará la aceptabilidad de la examinación de acuerdo al anexo 1 y anexo 2 (mismos criterios de aceptación que la inspección visual).
- Tubería de proceso ASME B31.3: Se evaluará la aceptabilidad de la examinación de acuerdo al anexo 3.
- Recipientes a presión ASME Sección VIII Div 1: Se evaluará la aceptabilidad de la examinación de acuerdo al anexo 3.
- Estructuras en Acero Inoxidable AWS D1.6: Se evaluará la aceptabilidad de la examinación de acuerdo al anexo 4 (mismos criterios de aceptación que la inspección visual)

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YACOB, ASNT LEVEL III N° 28487
FOR CONFORMITY: call # 99370638

	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	P-QC-02	
		Revisión:	1
		Fecha:	10/08/20
		Página:	10 de 14

ANEXO 1

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 8.9)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Noncylindrical Connections	Cyclically Loaded Noncylindrical Connections										
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X										
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X										
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X										
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 2.23.	X	X										
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W (HPS 690W) steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X										
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table>	L,	U,	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X
L,	U,											
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]											
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]											
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]											
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]											
In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, undercuts shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.												
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X	X										
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X	X										

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YACOB, ASNT LEVEL III N° 28487
FOR CONFORMITY: call # 99370638

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	11 de 14

ANEXO 2

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 10.24)

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Tubular Connections (All Loads)												
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X												
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X												
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X												
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 7.23.	X												
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W (HPS 690W) steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X												
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U):	X												
<table border="0"> <tr> <td>L, specified nominal weld size, in [mm]</td> <td>U, allowable decrease from L, in [mm]</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$\leq 3/16$ [5]</td> <td>$\leq 1/16$ [2]</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>1/4 [6]</td> <td>$\leq 3/32$ [2.5]</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$\geq 5/16$ [8]</td> <td>$\leq 1/8$ [3]</td> <td></td> </tr> </table>	L , specified nominal weld size, in [mm]	U , allowable decrease from L, in [mm]		$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	X	1/4 [6]	$\leq 3/32$ [2.5]		$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]		
L , specified nominal weld size, in [mm]	U , allowable decrease from L, in [mm]												
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	X											
1/4 [6]	$\leq 3/32$ [2.5]												
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]												
In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, undercut shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.													
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X												
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X												

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ VALANZUELA
FOR CONFORMITY: CAL# 196327039

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Revisión:	1 *
		Fecha:	10/08/20
		Página:	12 de 14

ANEXO 3

Las indicaciones del tinte penetrante son causadas por el sangrado, sin embargo, todas estas indicaciones no son necesariamente imperfecciones, ya que una rugosidad excesiva, una preparación deficiente de la superficie, etc pueden producir indicaciones no relevantes. Una indicación del penetrante no relacionada con el sangrado se clasifica como una indicación falsa. Una indicación de una imperfección puede ser mayor que la imperfección que la causa; sin embargo, el tamaño de la indicación es la base para la evaluación de aceptación. Solo las indicaciones que tengan una dimensión superior a 1,5 mm (1/16 pulg.) se considerarán relevantes.

(a) Indicaciones:

- Una indicación lineal es aquella que tiene una longitud mayor a tres veces su ancho.
- Una indicación redondeada es una de forma circular o elíptica con una longitud igual o menor a tres veces su ancho.

(b) Examen:

Todas las superficies a examinar deben estar libre de:

- Indicaciones lineales relevantes
- Indicaciones redondeadas relevantes > 5,0 mm (3/16 pulg.)
- Cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes en una línea separada por 1,5 mm (1/16 pulg.) o menos, de borde a borde.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ VALANZUELA
FOR CONFORMITY: CAL# 196327039

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	13 de 14

ANEXO 4

Visual Inspection Acceptance Criteria (see 8.9)

Discontinuity Categories and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections (All Loads)	Tubular Connections (All Loads)
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable regardless of size and/or location	X	X	X
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal	X	X	X
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of fillet welds outside of their effective length	X	X	X
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with Figure 7.2	X	X	X
(5) Final Inspection and Evaluation (A) For austenitic, ferritic, and duplex stainless steels, may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. (B) For martensitic and precipitation hardening stainless steels, shall begin not less than 24 hours after the completed welds have cooled to ambient temperature	X	X	X
(6) Undersized Welds Fillet welds in any single continuous weld may be less than the specified fillet weld size by up to and including 1/16 in [2 mm] without correction, provided that the undersized portion of the weld does not exceed 10% of the length of the weld. On web-to-flange welds on girders, fillet weld sizes less than the specified size shall be prohibited at the end for a length equal to twice the width of the flange.	X	X	X
(7) Undercut (A) Undercut shall not exceed the following dimensions: (1) 0.01 in [0.25 mm] for material less than 3/16 in [5 mm] thick. (2) 1/32 in [1 mm] for material equal to or greater than 3/16 in [5 mm] and less than 1 in [25 mm] thick. (3) 1/16 in [2 mm] for an accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld in material equal to or greater than 1/2 in [12 mm] and less than 1 in [25 mm] thick. (4) 1/16 in [2 mm] for material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X		X
(8) Porosity* (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]	X		X

* Visible piping porosity may not be acceptable due to corrosive or appearance considerations or the need for a leak-proof weld.

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAN
FOR CONFORMITY: CMT N° 965270939

	PROCEDIMIENTO	P-QC-02	
		Revisión:	1 *
	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	Fecha:	10/08/20
		Página:	14 de 14

8. REGISTROS

Los siguientes registros son conservados como resultado de este procedimiento.

- F-QC-06 Protocolo de Tintes Penetrantes
- Análisis de trabajo seguro
- Reunión previa de seguridad

9. CONTROL DE CAMBIOS

REV	FECHA	MODIFICACIÓN/INCLUSIÓN
00	07/08/20	Emisión del nativo para aprobación
01	10/08/20	Aprobación del procedimiento en su 1era revisión

REVIEWED
By: ALEX DE LA CRUZ YALAN
FOR CONFORMITY: CMT N° 965270939

ANEXO 7



SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD

Código GP-PRC-02-01

REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Revisión 1

Fecha 01-08-2010

Página 1 de 1

DE ACUERDO A AWS D1.1- 2010

Nombre de la Compañía: GERENCIA DE PROYECTOS SAC Registro N°: WPS GP-55

Proceso(s) de soldadura: GMAW Revisión: 1 Fecha: 25-10-2012

Soporte PQR N°(s): PQR-GP-24 Elaborado por: Ing. Hugo Icanaque

DISEÑO DE LA JUNTA USADA Tipo: Manual : Semiautomático :

Tipo: Junta a tope en V Maquina : Automático :

Simple : Doble : POSICIÓN

Respaldo: Si : No : Posición : PLANA

Material de respaldo: --- Progresión : ---

Abertura de raíz (R) : 1 mm Dimensión cara raíz (f) : 2mm CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tolerancia: +2,-0 mm Tolerancia: +2,-0 mm

Ángulo de bisel(α) : 60° Modo de transferencia (GMAW) *CFP 3175-12*

Tolerancia: + 10°, -0°

Soldadura de respaldo : Si : No : Globular : Pulverizado : Corto circuito :

Método de ranurado de raíz: Disco abrasivo Corriente: CA : CCEP : CCEN : Pulsado :

METAL BASE Otro: ---

Especificación del material: ASTM A36 Electrodo de Tungsteno (GTAW): ---

Tipo o Grado : --- Tamaño: ---

Espesor (T1) : 8 - 18mm Filete : --- Tipo: ---

Diámetro (tubo) : --- TÉCNICA

METAL DE APORTE Arrastre u oscilación: 1^{er} pase arrastre, resto con oscilación.

Especificación AWS: A 5.18 Pasada simple o múltiple: Múltiple

Clasificación AWS : ER70S-6 Número de electrodos: 1

Nombre Comercial : CARBOFIL PS-6 GC Espaciado de electrodos: ---

PROTECCIÓN Longitudinal: ---

Fundente: --- Gas: Mezcla Ángulo: ---

Composición del Gas : 80%AR+20% CO2 Distancia de contacto del tubo a la pieza de trabajo: 10-12 mm

Fundente-electrodo (clase) : --- Forjado : ---

Ratio de alimentación : 35-45CFH Limpieza entre pasadas: 1^{er} pase esmerilado, resto escobillado.

Tamaño de la copa : 15 mm

PRECALENTAMIENTO TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA

Temperatura de precalentamiento, mínima: 15 °C Temperatura : ---

Temperatura entre pases, mínima : 15 °C Tiempo : ---

QUALQUIER CONSULTA SOBRE LA AUTENTICIDAD DE ESTE DOCUMENTO DEBE SER HECHA AL TELEFONO: 224-3708 INDICANDO EL NUMERO CORRELATIVO

12/10/12

LEONARDO RODRIGUEZ PINO
CWI 07076434
QC1 EXP. 7/1/2013

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase (s)	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)	Detalles de la Junta BACKGOUGE
		Clase	Diám. (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (A)			
1	GMAW	ER70 S-6	1.0	CCEP	210-215	25-28	25-30	
2-N	GMAW	ER70 S-6	1.0	CCEP	175-185	22-25	25-28	
R (Atrás)	GMAW	ER70 S-6	1.0	CCEP	165-175	22-24	25-28	

GERENCIA DE PROYECTOS S.A.C. GERENPRO S.A.C.

VICTOR PORTILLO SOTO SUPERVISOR DE CALIDAD

VºBº Inspector de Calidad GERENPRO

GERENCIA DE PROYECTOS S.A.C.

HUGO ICANAQUE GONZALEZ INGENIERO EN METALURGIA

VºBº Jefe de Calidad GERENPRO



ASOCIACION ESPAÑOLA DE SOLDADURA SPANISH WELDING SOCIETY

ING. HUGO ICANAQUE GONZALEZ INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS CERTIFICACION N° 04/C-PEC004

VºBº Supervisión

12/10/12

ANEXO 8



ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
 (Ver QW-200.1, Sección IX, Código ASME de Calderos y Recipientes a Presión)

POLINDUSTRIA / PUCP

HOJA: 1 de 2
 EMISIÓN: 20/05/10
 REVISIÓN: 1



Nombre de la Compañía: POLINDUSTRIA S.A. Por: Anibal Rozas Gallegos
 Especificación de Procedimiento de Sold: Nro: POLINDUSTRIA/PUCP WPS 001 Fecha: 23/04/10
 N°(s) de PQR de soporte: POLINDUSTRIA/PUCP PQR 001
 Revisión Nro: 1 Fecha: 23/04/10
 Proceso (s) de soldo: GTAW Tipo (s): MANUAL

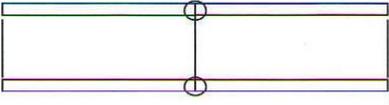
JUNTAS (QW 402) Detalles

Diseño de junta: A tope bicel cuadrado

Respaldo: (Si) --- (No) X

Material de Respaldo (Tipo) X

Metálico Metal no fundible
 No metálico Otro



Los croquis, Dibujos de Producción, Símbolos de Soldadura o Descripción Escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. Puede ser especificado, donde sea aplicable, el espaciamento de raiz y los detalles de la ranura a soldar.
 (A opción del fabricante, se puede adjuntar croquis para ilustrar el diseño de la junta, los pases de soldadura y secuencia de cordones (p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos con procesos múltiples, etc).

METALES BASE (QW-403)

No. P 8 No. Grupo 1 a No. P 8 No. Grupo 1

O

Especificación, Tipo y Grado: ---
 a Especificación, Tipo y Grado: ---

O

Análisis Químico y Prop. Mec: ---
 a Análisis Químico y Prop. Mec: ---

Rango de Espesor:
 Metal Base: Ranura 1,5 mm - 3,0 mm Filete ---
 Orden de Diámetro de Tubo: Ranura DN 25 - Ilimitado Filete ---
 Otros ---

*METALES DE APORTE (QW404)			
No..Espec.(SFA)	<u>5,9</u>		
No..AWS.(Clase)	<u>ER 308L</u>		
No..F	<u>6</u>		
No..A	<u>8</u>		
Tamaño de materiales de aporte	<u>1,6 mm</u>		
Metal de soldadura			
Rango de espesores:			
Ranura	<u>1,5 mm</u>		
Filete	<u>---</u>		
Electrodo - Fundente (Clase)	<u>---</u>		
Nombre Comercial de fundente	<u>---</u>		
Inserto Consumible	<u>---</u>		
Otros	<u>---</u>		



*Cada combinación de metales base y de soldadura deben ser registrados individualmente.

POLINDUSTRIA / PUCP / WPS - 001

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 Sección Ingeniería Mecánica
 MSc. Ing. ROBERTO LAZARTE GAMERO CIR. 33858
 Jefe de Laboratorio de Materiales

	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (Ver QW-200.1, Sección IX, Código ASME de Calderos y Recipientes a Presión)	POLINDUSTRIA / PUCP		 Polindustria S. A.
		HOJA:	2 de 2	
		EMISIÓN:	20/05/10	
		REVISIÓN:	1	

POSICIONES (QW-405) Posición(es) de canal: <u>Todas</u> Progresión de Soldadura: Ascendente <u>x</u> Descendente <u>---</u> Posición(es) de Filete: <u>---</u>	TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA (QW-407) Rango de Temperatura <u>---</u> Rango de Tiempo <u>---</u>																
PRECALENTAMIENTO (QW-406) Temp. Mín.de Precalect. <u>No requerido (ambiente)</u> Temp. Máx. entre pasadas <u>---</u> Mantener Precalectamiento a <u>---</u> (Calentamiento continuo o especial, donde sea aplicable, debe ser registrado)	GAS (QW-408) <p style="text-align: center;">Porcentajes de Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas(es)</th> <th>(Mezcla)</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td><u>Ar</u></td> <td><u>99,9%</u></td> <td><u>12-15 l/min</u></td> </tr> <tr> <td>Purga</td> <td><u>Ar</u></td> <td><u>99,9%</u></td> <td><u>3 - 5 l/min</u></td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td><u>Ar</u></td> <td><u>99,9%</u></td> <td><u>2 - 5 l/min</u></td> </tr> </tbody> </table>		Gas(es)	(Mezcla)	Flujo	Protección	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>12-15 l/min</u>	Purga	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>3 - 5 l/min</u>	Respaldo	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>2 - 5 l/min</u>
	Gas(es)	(Mezcla)	Flujo														
Protección	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>12-15 l/min</u>														
Purga	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>3 - 5 l/min</u>														
Respaldo	<u>Ar</u>	<u>99,9%</u>	<u>2 - 5 l/min</u>														

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Corriente CA o CD CD Polaridad EN
 Amperios (Rango) 30 - 38 A Voltios (Rango) 9 - 11 V

(El rango de Amperajes y Voltajes debe ser registrado para cada tamaño de electrodo, posición, y espesor, etc. Esta información puede ser listada en una forma tabular similar a la mostrada abajo.)

Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno. EWTh 2

(Tungsteno Puro, 2% Thorio, etc.)

Modo de Transferencia de Metal para GMAW ---

(Arco Spray, Arco en corto circuito, etc.)

Rango de velocidad de alimentación del alambre ---

TÉCNICA (QW-410)

Cordón recto u oscilante Recto
 Orificio o tamaño de tobera # 7
 Limpieza inicial y entre pasadas (Cepillado, Esmerilado, etc.) ---
 Método de Acanalado posterior ---
 Oscilación ---
 Distancia de Tubo de contacto a zona de trabajo de 5 a 10 mm
 Pase simple o múltiple (por lado) Simple
 Múltiples o un solo electrodo Sólo 1
 Velocidad de soldeo (Rango) 2 - 5 cm/min
 Martillado ---
 Otros ---



Anibal Freddy Rozas Galvan
 CMI 09074871
 QC1 EXP. 711/2012

Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Rango de Voltaje	Rango de Velocidad De Solder (cm/min)	Otros (P.ej. observaciones, comentarios, adición de alambre caliente, etc.)
		Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo/ Polaridad	Rango de Amperaje			
1	GTAW	ER 308 L	1,6	CDEN	30 -38 A	9 - 11 V	2 - 5	

POLINDUSTRIA / PUCP / WPS - 001

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 MSc. Ing. ROBERTO LAZARTE GAMERO CIP. 33858
 Jefe de Laboratorio de Materiales



ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

(Ver QW-200.1, Sección IX, Código ASME de Calderos y Recipientes a Presión)

POLINDUSTRIA / PUCP

HOJA: 1 de 2

EMISIÓN: 29/10/10

REVISIÓN: 1



Polindustria S. A.

Nombre de la Compañía: **POLINDUSTRIA S.A.** Por: **Anibal Rozas Gallegos**
 Especificación de Procedimiento: **POLINDUSTRIA/PUCP WPS-003** Fecha: **29/10/10**
 N°(s) de PQR de soporte: **POLINDUSTRIA/PUCP PQR 002**
 Revisión Nro: **1** Fecha: **29/10/10**
 Proceso (s) de soldado: **GTAW** Tipo (s): **MANUAL**

JUNTAS (QW 402) Detalles

Diseño de junta: Con Bisel

Respaldo: (Si) --- (No) X

Material de Respaldo (Tipo) X

Metálico Metal no fundible
 No metálico Otro

Los croquis, Dibujos de Producción, Símbolos de Soldadura o Descripción Escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. Puede ser especificado, donde sea aplicable, el espaciamiento de raíz y los detalles de la ranura a soldar.
 (A opción del fabricante, se puede adjuntar croquis para ilustrar el diseño de la junta, los pases de soldadura y secuencia de cordones (p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos con procesos múltiples, etc).

METALES BASE (QW-403)

No. P 1 No. Grupo 1 a No. P 1 No. Grupo 1
 O
 Especificación, Tipo y Grado: ---
 a Especificación, Tipo y Grado: ---
 O
 Análisis Químico y Prop. Mec: ---
 a Análisis Químico y Prop. Mec: ---
 Rango de Espesor:
 Metal Base: Ranura 4,5 mm - 8.0 mm Filete ---
 Orden de Diámetro de Tubo: Ranura 73 mm - Ilimitado Filete ---
 Otros ---

*METALES DE APORTE (QW404)	GTAW	
No..Espec.(SFA)	5.18	
No..AWS.(Clase)	ER 70S-6	
No..F	6	
No..A	1	
Tamaño de materiales de aporte	2,4 mm	
Metal de soldadura		
Rango de espesores:		
Ranura	hasta 8 mm	
Filete	---	
Electrodo - Fundente (Clase)	---	
Nombre Comercial de fundente	---	
Inserto Consumible	---	
Otros	---	

Anibal Freddy Rozas Gallegos
AWIS
 CVM: 9074871
 QC - EXP. 7/1/2012
EWI
 Anibal E. Rozas
 EWE-ES-316
 WELDING ENGINEER

*Cada combinación de metales base y de soldadura deben ser registrados individualmente.

POLINDUSTRIA / PUCP WPS-003

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 Sección Ingeniería Mecánica

MSE: Ing. ROBERTO LAZARTE GAMERO CIR 33858
 Jefe de Laboratorio de Materiales



ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

(Ver QW-200.1, Sección IX, Código ASME de Calderos y Recipientes a Presión)

POLINDUSTRIA / PUCP

HOJA: 2 de 2

EMISIÓN: 29/10/10

REVISIÓN: 1



Polindustria S. A.

<p>POSICIONES (QW-405)</p> <p>Posición(es) de canal: <u>Todas</u></p> <p>Progresión de Soldadura: Ascendente <u>x</u> Descendente <u>---</u></p> <p>Posición(es) de Filete: <u>---</u></p>	<p>TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA (QW-407)</p> <p>Rango de Temperatura <u>---</u></p> <p>Rango de Tiempo <u>---</u></p>																
<p>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</p> <p>Temp. Min.de Precalect. <u>20° C</u></p> <p>Temp. Máx. entre pasadas <u>---</u></p> <p>Mantener Precalectamiento a <u>---</u></p> <p>(Calentamiento continuo o especial, donde sea aplicable, debe ser registrado)</p>	<p>GAS (QW-408)</p> <p style="text-align: center;">Porcentajes de Composición</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas(es)</th> <th>(Mezcla)</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td>Ar</td> <td>99,9%</td> <td>12-18 l/min</td> </tr> <tr> <td>Purga</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>		Gas(es)	(Mezcla)	Flujo	Protección	Ar	99,9%	12-18 l/min	Purga	---	---	---	Respaldo	---	---	---
	Gas(es)	(Mezcla)	Flujo														
Protección	Ar	99,9%	12-18 l/min														
Purga	---	---	---														
Respaldo	---	---	---														

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Corriente CA o CD CD Polaridad GTAW (EN)

Amperios (Rango) 75 - 105 A Voltios (Rango) 11 - 27 V

(El rango de Amperajes y Voltajes debe ser registrado para cada tamaño de electrodo, posición, y espesor, etc. Esta información puede ser listada en una forma tabular similar a la mostrada abajo.)

Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno. 3/32" EWTh - 2
 (Tungsteno Puro, 2% Thorio, etc.)

Modo de Transferencia de Metal para GMAW ---
 (Arco Spray, Arco en corto circuito, etc.)

Rango de velocidad de alimentación del alambre ---

TÉCNICA (QW-410)

Cordón recto u oscilante Recto

Orificio o tamaño de tobera Boquilla #6

Limpieza inicial y entre pasadas (Cepillado, Esmerilado, etc.) Escobillado

Método de Acanalado posterior ---

Oscilación ---

Distancia de Tubo de contacto a zona de trabajo 5 - 10 mm

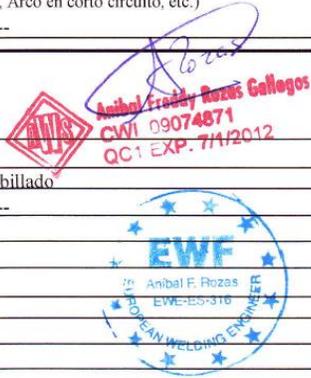
Pase simple o múltiple (por lado) Simple

Múltiples o un solo electrodo Simple

Velocidad de soldeo (Rango) 4 - 12 cm/min

Martillado ---

Otros ---



Capa(s) de Soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Rango de Voltaje	Rango de Velocidad De Solder (cm/min)	Otros (P.ej. observaciones, comentarios, adición de alambre caliente, etc.)
		Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo/ Polaridad	Rango de Amperaje			
1 - n	GTAW	ER 70S-6	2.4	CDEN	95-105 A	11-15 V	4-6	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 Sección Ingeniería de Mecánica
 MSc. Ing. ROBERTO LAZARTE GAMERO CIP. 33858
 Jefe de Laboratorio de Materiales

ANEXO 9

Sector La Ceiba, Calle La Nueva, N° 28-1 Via Zuata,
 La Victoria Edo Aragua Venezuela
 Telf. 58 244 3231207 58 244 4182959 58 416 8465840
 e-mail: yglesiasjuan@gmail.com



Se Otorga El Presente Certificado A:
(This Certificated Is Awarded To)

Elvis Huillca Huamanquispe

Número de Identificación (Id number): DNI 47471409

Por Haber Cumplido Con todos Los Requisitos Exigidos En La Práctica Recomendada SNT TC 1A 2016 Por Desempeño Continuo Satisfactorio En El Método de:

(Has Met The Requirements of Recommended Practice SNT TC 1A 2016 by Continuous Performance Satisfactory to the Method of)

INSPECCION VISUAL NIVEL II
(VISUAL TESTING LEVEL II)

Evaluaciones Iniciales (Initials Examinations)				Agudeza visual Cercana (Near Vision Acuity)	Si (Yes)
General (General)	Específico (Specific)	Práctico (Practical)	Promedio (Average)	Diferenciación de Colores (Color Contrast Differentiation)	Si (Yes)
86	88	86	86,7		

Fecha Emisión: Abril 2018
(Issue Date: April 2018)

Válido Hasta Abril 2023
(Valid Trough: April 2023)



JUAN JOSÉ YGLESIAS
 NIVEL III A.S.N.T
 105615

(Signature)
 Juan. J. Yglesias
 Certified by
 ASNT 105615

Estudios Técnicos y
 Evaluaciones ETECA, C.A.
 RIF: J-30887984-3

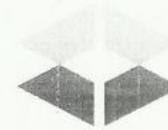


NO TIENE VALIDEZ SI NO LLEVA EL SELLO DE RELIEVE *(Is Not Valid Without NDE'S Raised Seal)*

CERT- 80 - VT - II - 04-2018

ANEXO 10

Sector La Ceiba, Calle La Nueva, N° 28-1 Via Zuata,
La Victoria Edo Aragua Venezuela
Telf. 58 244 3231207 58 244 4182959 58 416 8465840
e-mail: yglesiasjuan@gmail.com



ETECA
Estudios Técnicos y Evaluaciones
RIF: J-308887984-3

Se Otorga El Presente Certificado A:

(This Certificated Is Awarded To)

Elvis Huillca Huamanquispe

Número de Identificación (Id number): DNI 47471409

Por Haber Cumplido Con todos Los Requisitos Exigidos En La Práctica Recomendada SNT TC 1A 2016 Por Desempeño Continuo Satisfactorio En El Método de:

(Has Met The Requirements of Recommended Practice SNT TC 1A 2016 by Continuous Performance Satisfactory to the Method of)

LIQUIDOS PENETRANTES NIVEL II
(PENETRANT TESTING LEVEL II)

Evaluaciones Iniciales (Initials Examinations)				Agudeza visual Cercana (Near Vision Acuity)	Si (Yes)
General (General)	Específico (Specific)	Práctico (Practical)	Promedio (Average)	Diferenciación de Colores (Color Contrast Differentiation)	Si (Yes)
84	85	82	83,7		

Fecha Emisión: Abril 2018
(Issue Date: April 2018)

Válido Hasta Abril 2023
(Valid Trough: April 2023)

JUAN JOSÉ YGLESIAS
NIVEL III A.S.N.T
105615

Juan. J. Iglesias
Certified by
ASNT 105615

Estudios Técnicos y
Evaluaciones ETECA, C.A.
RIF: J-30887984-3



NO TIENE VALIDEZ SI NO LLEVA EL SELLO DE RELIEVE *(Is Not Valid Without NDE'S Raised Seal)*

CERT- 73 - PT - II- 04-2018

ANEXO 11

ACTA DE ENTREGA

Obra : **LIM-001 NCD PCP PERU –PLANTA CARMIN**
Dirección de la Obra : Av. La Molina Cdra. 4, Distrito de La Molina, Lima - Perú
Propietario : CHR HANSEN S.A.
Supervisión : WSP S.A.
Contratista : Polindustria S.A. / Aceros y Concretos S.A.C.

Siendo las 14:00 horas del día 06-04-22; en Planta CHR Hansen La Molina, se realiza la entrega del **“DOSSIER DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS METALICAS”** la cual consta de 7 tomos, se realizó la entrega en formato digital y físico.

- TOMO 1
- TOMO 2
- TOMO 4
- TOMO 5
- TOMO 6
- TOMO 7
- TOMO 8

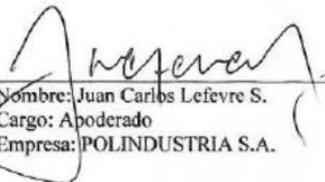
En cuanto al Tomo 3, El ing. José Vega indica que se entregó en el mes de junio al Ing. Edgar Ávila y esta a su vez a supervisión. Siendo el mismo día de entrega de los documentos, se dio por concluido el acto, y se procedió a firmar la presente Acta de Recepción del Dossier de Calidad Metálico **(CHILLER, OFICINAS COMEDOR, LABORATORIO Y PLANTA CARMIN)**, en señal de conformidad.



Nombre: Elvis Huilca H.
Cargo: Supervisor de Calidad
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



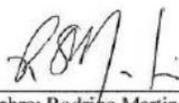
Nombre: Juan Carlos Chire M.
Cargo: Project Manager
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



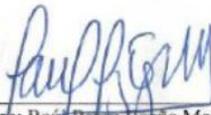
Nombre: Juan Carlos Lefevre S.
Cargo: Apoderado
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



Nombre: Luis Fudimoto Agurto
Cargo: Jefe Supervisión de Obras
Empresa: WSP S.A.



Nombre: Rodrigo Martins
Cargo: Project Manager
Empresa: OTERRA S.A.



Nombre: Raúl Perceguina Monge
Cargo: General Manager
Empresa: OTERRA S.A.

ANEXO 12

ACTA DE ENTREGA DE OBRA

Obra : **LIM-001 NCD PCP PERU – PUENTE PEATONAL**
Dirección de la Obra : Av. La Molina Cdra. 4 Mz A - Lote 2, Distrito de Ate, Lima - Perú
Propietario : OTERRA S.A. (Ex. CHR HANSEN S.A.)
Supervisión : WSP S.A.
Contratista : Polindustria S.A

El presente documento formaliza la recepción de la obra “PUENTE PEATONAL”, la cual es entregado por la empresa contratista Polindustria S.A. a la empresa OTERRA S.A.

Siendo las 16:00 horas del día 15 de Enero del 2022; en el lugar de la obra, se reunieron los representantes de la empresa OTERRA S.A., la Supervisión de WSP y la Contratista Polindustria S.A. se ha llevado a cabo la inspección y verificación respectiva de la correcta ejecución de los diferentes ambientes de la obra y habiéndose verificado el levantamiento de observaciones esto realizado dentro plazo estipulado, se procedió a la recepción de la obra: “**PUENTE PEATONAL**”, que se ejecutó bajo la modalidad de EPC.

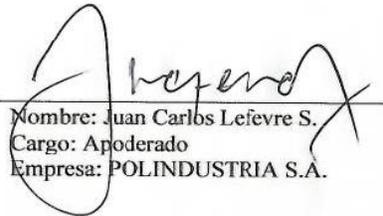
Siendo el mismo día de entrega de área, se dio por concluido el acto, y se procedió a firmar la presente Acta de Recepción de la obra, en señal de conformidad.



Nombre: Elvis Huilca H.
Cargo: Supervisor de Calidad
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



Nombre: Juan Carlos Chire M.
Cargo: Project Manager
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



Nombre: Juan Carlos Lefevre S.
Cargo: Apoderado
Empresa: POLINDUSTRIA S.A.



Nombre: Luis Fudimoto Agurto
Cargo: Jefe Supervisión de Obras
Empresa: WSP S.A.



Nombre: Rodrigo Martins
Cargo: Project Manager
Empresa: OTERRA S.A.



Nombre: Raúl Perce-Egaña Monge
Cargo: General Manager
Empresa: OTERRA S.A.

ANEXO 13



*Av. Separadora Industrial 2605 Urb. Santa Raquel II
Etapa Ate Lima 3 - Perú
Telfs.: (51-1) 348-1001 / 348-3884
Fax: (51-1) 348-0321
E-MAIL: ventas@polindustria.com.pe*

CERTIFICADO DE TRABAJO

POLINDUSTRIA S.A, con RUC N° 20100401160, domiciliado en Av. Separadora Industrial 2605 – ATE, debidamente representado por MAURICE ANDRE LEFEVRE SANGIAO, identificado con DNI N° 45379494.

CERTIFICA

Que el Sr. **HUILLCA HUAMANQUISPE ELVIS** identificado con DNI N° **47471409** ha laborado en nuestra empresa desde el 03 de Octubre del 2020 hasta el 14 de Mayo de 2022, desempeñando el cargo de **SUPERVISOR DE CALIDAD**

Se emite este documento en cumplimiento a lo dispuesto en el D.S. N° 001-96-TR, Reglamento de la Ley de Fomento del Empleo.

Lima, 14 de Mayo de 2022.

LEFEVRE SANGIAO MAURICE ANDRE
DNI° 45379494

ANEXO 14

