

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CALIDAD PARA LA FABRICACIÓN  
DE DUCTOS Y CODOS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA,  
UBICADA EN LURÍN, LIMA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**COLLAHUA CUYA, LUIS EMILIO**

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado mis padres que siempre me apoyan y me animan a mejorar cada día como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco el apoyo de mi asesor y revisores para lograr realizar este trabajo de suficiencia con éxito.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>9</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA: .....	10
1.2.1 Justificación técnica: .....	10
1.2.2 Justificación económica: .....	10
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO: .....	10
1.3.1 Teórica: .....	10
1.3.2 Temporal:.....	10
1.3.3 Espacial: .....	10
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.4.1 Problema General.....	11
1.4.2 Problemas específicos.....	11
1.5 OBJETIVOS.....	11
1.5.1 Objetivo General: .....	11
1.5.2 Objetivos Específicos: .....	11
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 ANTECEDENTES: .....	13
2.1.1 Antecedentes Nacionales:.....	13
2.1.2 Antecedentes Internacionales:.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1 CONTROL DE CALIDAD .....	14
2.3 Definición de términos básicos:.....	15
2.3.1 Especificación del procedimiento de soldadura: .....	15
2.3.2 Calificación de procedimiento de soldadura:.....	16
2.3.3 Ensayo no destructivo (END): .....	16
2.3.4 Normas de preparación de superficies:.....	16
2.3.5 Plancha Hardox 450:.....	16
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN Y ELABORACIÓN DE PLAN DE CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>17</b>

3.1.1 Organización del Equipo de Control de Calidad:.....	17
3.1.2 Control de Registros: .....	18
3.1.3 Inspección de materiales:.....	18
3.1.4 Inspecciones y Pruebas: .....	20
3.1.5 Procedimiento de Controles para la fabricación:.....	22
3.1.5.1 Habilitado de materiales para la fabricación. ....	22
3.1.5.2 Controles Dimensionales de armado: .....	24
3.1.5.2.1 Fabricación de spools Tolerancias Lineales: .....	25
3.1.5.2.2 Tolerancias de Angularidad y Rotación:.....	26
3.1.5.2.3 Tolerancias más Estrechas:.....	26
3.1.6 Especificación de Procedimiento de Soldadura: .....	28
3.1.7 Calificación de Soldadores:.....	28
3.1.8 Inspección Visual de Soldadura: .....	29
3.1.9 Inspección por Líquidos Penetrantes: .....	33
3.1.10 Inspección por Ensayo Radiográfico:.....	35
3.1.11 Recubrimiento de Estructuras Metálicas: .....	35
3.1.11.1 Preparación Superficial: .....	35
3.1.11.2 Recubrimiento: .....	35
3.1.12 Entrega de Dossier de Calidad.....	38
<b>3.2 RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del equipo de control de calidad .....	17
Figura 2: Registro de control de materiales.....	19
Figura 3: Plan de puntos de inspección .....	21
Figura 4: Registro de control de habilitado .....	23
Figura 5: Registro de control dimensional .....	24
Figura 6: Tolerancia en dimensiones lineales .....	25
Figura 7: Aplicación de tolerancias de fabricación de tuberías.....	27
Figura 8: Registro de inspección visual de soldadura .....	30
Figura 9: Criterio de aceptación de inspección visual .....	31
Figura 10: Criterio de aceptación de soldadura.....	32
Figura 11: Registro de inspección por líquidos penetrantes.....	34
Figura 12: Registro de Preparación Superficial y Recubrimiento .....	37

## LISTADO DE TABLAS

Tabla N°1: Sistema de pintado de ductos y codos.....	36
Tabla N°2: Porcentaje entre N° de reparaciones y N° de piezas fabricadas.....	39

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional lleva por título “Elaboración de un plan de control de calidad para la fabricación de estructuras de ductos y codos en una empresa metalmecánica”, para optar el título de Ingeniero Mecánico - Electricista”.

El objetivo principal de este proyecto es describir la elaboración del plan de calidad del proceso de fabricación de ductos, codos y reducciones y la forma de documentar dichos tipos de controles. Se tomará de referencia las normativas vigentes aplicables en cada tipo de inspección.

También tiene como propósito brindar al inspector de control de calidad la información necesaria de los procedimientos que se realizan en cada tipo de inspección; de esa manera que se evitará un procedimiento incorrecto la cual pueda ocasionar, dependiendo de la gravedad del fallo, un reporte de no conformidad de parte del cliente; lo que conllevaría a que la confiabilidad de los procesos de fabricación de la empresa metalmecánica se vea afectada.

La estructura que se ha seguido en este trabajo se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto de elaboración de plan de control de calidad



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

Todas las empresas del país que se dedican a la realización de proyectos de fabricación de estructuras metálicas están expuestas a que los clientes les emitan informes de no conformidades, debido a que se presenten casos de inspecciones incorrectas, lo cual ocasionaría que el cliente rechace el elemento fabricado.

Asimismo en la empresa metalmecánica se han emitido reportes de elementos mal fabricados, por parte de la empresa cliente, lo que conllevó a que se rechace el elemento fabricado y se regrese a la planta el material fabricado para un reproceso.

Motivo por el cual genera gastos en tiempo de fabricación, mano de obra materiales equipos y transporte.

Esto afecta a la credibilidad y eficiencia de sus procesos de fabricación y a su control de calidad de la empresa, lo que genera como consecuencia la disolución del contrato, problemas legales y disminución de clientes.

En la aplicación de las inspecciones de soldadura a las estructuras en donde de presentan una falla ocasionaría no solo un alto costo material sino también un alto costo humano por defectos que no se detectaron. Es por eso que se les exige a los inspectores a cargo conocimientos sólidos sobre los procedimientos y tener la experiencia para realizar un eficiente control de calidad.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:**

### 1.2.1 Justificación técnica:

El presente trabajo ayudará a asegurar la calidad de los productos fabricados, debido a que el contenido de este, contará con las normas actualizadas que rigen a cada procedimiento de fabricación e inspección (ensayos no destructivos).

### 1.2.2 Justificación económica:

Mediante el uso de este trabajo ayudará a reducir los costos de reparaciones, el cual beneficiará a que la empresa aumente su productividad mediante la aplicación de procedimientos de control de calidad.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO:**

### 1.3.1 Teórica:

El siguiente trabajo está determinada al uso del plan de control de calidad en base a las normas de fabricación e inspección tales como (AWS D1.1, AWS B2.1)

### 1.3.2 Temporal:

El presente trabajo comprende desde octubre del 2019 a noviembre del 2019.

### 1.3.3 Espacial:

El presente trabajo se desarrollará en una empresa metalmeccánica ubicada en la Urb. Praderas de Lurín.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### 1.4.1 Problema General

¿Cómo elaborar un plan de calidad para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica?

### 1.4.2 Problemas específicos

¿Cómo elaborar un control de registros para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica?

¿Cómo elaborar procedimiento de inspección de materiales para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica?

¿Cómo elaborar procedimientos de controles para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica?

## **1.5 OBJETIVOS**

### 1.5.1 Objetivo General:

Elaborar un plan de calidad para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica.

### 1.5.2 Objetivos Específicos:

Elaborar un control de registros para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmeccánica.

Elaborar procedimiento de control de materiales para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmecánica.

Elaborar procedimientos de controles para la fabricación de ductos y codos en una empresa metalmecánica.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES:

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales:

Barrera. D. (2018) *Implementación de un plan de calidad para obras metal mecánicas en la empresa VYP ICE SAC.* (Tesis de grado). Universidad nacional del Centro del Perú. Perú. En su tesis concluye que la finalidad de la implementación del plan de calidad es mejorar la calidad de las obras metalmecánicas, elevando la competitividad de la empresa VYP ICE SAC en el mercado, para ello la principal herramienta fue establecer un plan de puntos de inspección aplicado a cada proceso de producción.

Tay C. (2011). *Diseño y aplicación de un sistema de calidad para el proceso de fabricación de válvulas de paso termoplásticas.* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. En resumen manifiesta que la implementación del sistema de calidad cuenta con una serie de etapas que se han desarrollado a través de una metodología basados en algunos modelos de gestión de calidad, los cuales son adaptados a las exigencias de la industria nacional para garantizar que los productos cumplan con las especificaciones requeridas.

#### 2.1.2 Antecedentes Internacionales:

Ana G. y Ana S. (2015). *Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo.* (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. En su tesis indica que el uso de códigos y normas para el desarrollo de proyectos es muy importante ya que brinda seguridad contra los factores de riesgo tanto para el personal de trabajo como para el cliente después de terminada la obra.

Urgilés V. (2018). *Estudio de calidad de la soldadura en la edificaciones metálicas* (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca. Ecuador. En su tesis menciona que para construir edificaciones con estructuras metálicas de calidad, fuertes y seguras es necesario cumplir con códigos y normas nacionales e internacionales durante las etapas del proyecto tales como: diseño, fabricación, montaje y control de calidad de los mismos.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 CONTROL DE CALIDAD**

Es una metodología documentada que tiene como finalidad mejorar los productos de calidad de acuerdo a los requerimientos del cliente. Proporciona un enfoque estructurado para el diseño, selección e implementación de métodos de control con valor agregado para el sistema total.

Es una descripción de los sistemas usados para minimizar la variación del producto y el proceso en cada etapa del mismo y que incluye las inspecciones de recibo, las áreas de material en proceso y material en salida. (Arreaga, 2018)

#### **TAREAS DE CONTROL DE CALIDAD:**

##### **a. Control de Nuevo Diseño:**

Comprende el establecimiento y la especificación de la calidad deseable de costo, calidad de desempeño, calidad de seguridad y calidad de confiabilidad del producto, para el agrado de satisfacción del cliente, incluyendo la eliminación o localización de causas de deficiencias en la calidad, antes de iniciar la producción formal. (Arreaga, 2018)

b. Control de materia prima comprada:

Implica la recepción y almacenamiento a los costos más económicos de calidad, de aquellas que cumplen con los requerimientos especificados, con atención a la más completa responsabilidad práctica del vendedor. (Arreaga, 2018)

c. Control del producto:

Comprende el control en el lugar donde se realiza la elaboración y continúa hasta el área de recibo, de modo de discrepancia puedan ser corregidas, evitando la fabricación de producto defectuoso. (Arreaga, 2018)

d. Estudios especiales del proceso:

Comprenden las investigaciones y pruebas con el fin de determinar las causas por la cual el producto no cumple con sus especificaciones y de determine la posibilidad de mejorar la calidad del producto, también asegurar que las mejoras sean continuas. (Arreaga, 2018)

## **2.3 Definición de términos básicos:**

### **2.3.1 Especificación del procedimiento de soldadura:**

Documento que provee las variables de soldadura requeridas para una aplicación específica a fin de asegurar la repetibilidad por parte de soldadores y operarios de soldadura debidamente capacitados. (American, 2010).

### **2.3.2 Calificación de procedimiento de soldadura:**

Demostración de que el uso de los procesos, materiales y técnicas de unión que se indican dará como resultado una junta que exhiba la solidez y las propiedades mecánicas especificadas. (American, 2010).

### **2.3.3 Ensayo no destructivo (END):**

Acción de determinar la idoneidad de un material o componente para su propósito previsto, que utiliza técnicas que no afectan su capacidad de servicio. (American, 2010).

### **2.3.4 Normas de preparación de superficies:**

“Para conseguir el grado de preparación de superficie deseado, según normas, se compara visualmente contra fotografías para las normas SSPC) siendo éstas las normas más usadas en Latinoamérica”. (S.A, CYM MATERIALES, 2006).

### **2.3.5 Plancha Hardox 450:**

“El acero Hardox 450, es resistente a la abrasión con una dureza nominal de 450 HBW, posee una soldabilidad y capacidad de plegado óptima. se puede usar en una gran diversidad de componentes y estructuras sometidas al desgaste, presentando una vida útil más larga y resultando aún más rentable”. (SSAB, 2018).



## CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA

### 3.1 DESCRIPCIÓN Y ELABORACIÓN DE PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

La elaboración del plan de calidad para el proceso fabricación de estructuras de ductos y codos se basara en el uso de normas, códigos tales como el ASME, AWS, ASTM, SSPC.

#### 3.1.1 Organización del Equipo de Control de Calidad:

El equipo de control de calidad, cuenta con experiencia comprobada en la industria metal mecánica y certificaciones para poder desempeñar las actividades de inspección y supervisión relacionadas al cumplimiento de los estándares de calidad definidos en el presente plan de calidad. A continuación se muestra la estructura del equipo de control de calidad:

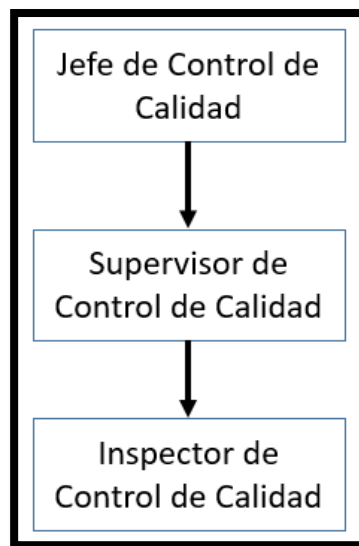


Figura 1: Estructura del equipo de control de calidad

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.2 Control de Registros:**

Los registros corresponden a la evidencia tangible de la aplicación del sistema de gestión en el proyecto, por tanto deben ser codificados de manera única y almacenados de modo tal de evitar su deterioro hasta la entrega al cliente. Al finalizar el proyecto estos registros se adjuntarán al dossier de calidad y será entregado al cliente

Los principales registros de control de calidad que se controlan son:

- MATRIZ DE CONTROL DE REGISTROS
- REGISTRO DE INSPECCION DE MATERIALES
- REGISTRO DE CONTROL DE HABILITADO
- REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL DE ARMADO
- REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA
- REGISTRO DE INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES
- REGISTRO DE ENSAYOS RADIOGRAFICOS O ULTRASONIDO
- REGISTRO DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

### **3.1.3 Inspección de materiales:**

Para inspeccionar los materiales, se deberá tomar un control cuidadoso del material, ya sea planchas, barras, perfiles, otros. Las longitudes, secciones y tipo de material deben cumplir con las especificaciones que se requieren para la fabricación.

Se debe adherir al dossier de calidad la guía de remisión de los materiales están ingresando al almacén, se rellena en un registro una breve descripción del material, la cantidad, su proveniencia, la fecha de recepción y también su certificado de calidad del material.

Así mismo, se puede realizar observaciones respecto al material por si este tiene alguna inconformidad con respecto a lo solicitado.

La aprobación final se dará por parte del supervisor o inspector de calidad.

Toda la información de los materiales a utilizar para la fabricación se plasmará en el siguiente formato:

REGISTRO DE INSPECCION DE MATERIALES							Código
Formato							Versión
PROYECTO:							Página
CLIENTE:							
<b>SECCIÓN 01 DATOS GENERALES:</b>							
REGISTRO N°: _____							
<b>SECCIÓN 02 PUNTOS DE INSPECCION:</b>							
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PROVEEDOR	COLADA / LOTE	GUIA	FECHA	ESTADO
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD		JEFE/SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD		SUPERVISION - CLIENTE			
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:			
FECHA:		FECHA:		FECHA:			

Figura 2: Registro de control de materiales

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.4 Inspecciones y Pruebas:**

Se diseñó un plan de puntos de inspección para el proyecto en mención el cual tiene los siguientes hitos:

- Documentación Preliminar
- Calificación de Procedimientos de Soldeo y Soldadores
- Inspección de Materia Prima e Insumos
- Fabricación en Taller
- Ensayos no Destructivos
- Preparación Superficial y Recubrimiento
- Liberación y Despacho

Las pruebas y ensayos serán programados haciendo de conocimiento al Supervisor de Construcción para que brinde las facilidades del caso, asignando personal técnico especializado, de apoyo para realizar las pruebas.

El personal del control de calidad mantendrá un registro de todas las pruebas y ensayos realizados.

Los registros serán generados a medida que se realizan los trabajos y serán enviados al cliente.



### **3.1.5 Procedimiento de Controles para la fabricación:**

#### 3.1.5.1 Habilitado de materiales para la fabricación.

El habilitado de los materiales es en función a los planos preestablecidos de acuerdo al área de ingeniería, el cual se respetara las cotas, las dimensiones y las distribuciones dadas en los planos de corte.

El personal habilitador deberá preparar las piezas para proceso de soldadura, tales como cortes, biseles, etc.

Las tolerancias para el corte serán asumidas de acuerdo a lo establecido en el AISC las cuales deben ser en milímetros.

Todos los datos obtenidos de las mediciones realizadas del habilitado de materiales para la fabricación, se plasmarán en el siguiente formato:

REGISTRO DE CONTROL DE HABILITADO												Código:	
Formato												Versión:	
PROYECTO:												Página:	
CLIENTE:													
<b>SECCIÓN 1</b>													
<b>DATOS GENERALES</b>													
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO: _____						REGISTRO Nº: _____							
PLANO/ REVISIÓN : _____						FECHA: _____							
<b>SECCIÓN 2</b>													
<b>REGISTRO DE INSPECCIÓN</b>													
			GRAFICO:				BOSQUEJO:						
Nº	CÓDIGO	MEDIDA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	OBSERVACIONES
1		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
2		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
3		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
4		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
5		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
6		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
7		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
8		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
9		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
10		NOMINAL											
		REAL											
		ERROR											
OBSERVACIONES:													
<hr/> <hr/> <hr/>													
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD				JEFE/ SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD				SUPERVISIÓN-CLIENTE					
NOMBRE: _____				NOMBRE: _____				NOMBRE: _____					
FECHA: _____				FECHA: _____				FECHA: _____					

Figura 4: Registro de control de habilitado

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5.2 Controles Dimensionales de armado:

Los controles dimensionales tendrán por objeto asegurar a la supervisión del cliente que el armado de las diversas estructuras ha sido realizado de acuerdo a los requerimientos establecidos en los planos de fabricación.

El control dimensional se realizara antes y después del proceso de soldadura, verificando que las posibles deformaciones por el efecto del calor aportado por la soldadura, estén dentro del rango de tolerancias que indica la norma de fabricación.

El control dimensional se realizara al 100% de los ductos y codos fabricados y serán registrados en el siguiente formato.

		REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL Forma:															Código Fecha Hora Ubicación por Inspección por Aprobación por Fecha:														
		PROYECTO CLIENTE																													
<b>SECCIÓN 1 DATOS GENERALES</b>																															
ETAPA DE FABRICACION:		N° DE REGISTRO:			NORMA DE REFERENCIA:													FECHA:													
TIPO DE ESTRUCTURA:		PLANO DE REF.:			TOLERANCIAS DIMENSIONALES:																										
CODIGO DE ELEMENTO:		REVISION:			TOLERANCIA DE ALINEAMIENTO:																										
<b>SECCIÓN 2 PUNTOS DE INSPECCION</b>																															
CODIGO DE ELEMENTO:		COTA (mm)															GAMBER	SWEEP	ESTADO												
NORMAS:		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z				
MATERIAL:																															
<b>SECCIÓN 3 DETALLES DIMENSIONALES BOSQUEJO</b>																		<b>SECCIÓN 5 RESULTADO</b>													
SE ADJUNTA PLANO																		CONFORME		NO CONFORME											
<b>SECCIÓN 4 OBSERVACIONES</b>																															
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD						JEFE / SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD						SUPERVISION - CLIENTE																			
NOMBRE: FECHA:						NOMBRE: FECHA:						NOMBRE: FECHA:																			

Figura 5: Registro de control dimensional

Fuente: Elaboración propia



Las tolerancias para estos controles serán los siguientes:

- Para tolerancias lineales para todo elemento estructurado en taller se usara la norma DIN 13920:1996, como sigue:

**Tolerancias Lineales: Según se indica en tabla 1 Clase B**

Tabla 1 Tolerancias en dimensiones lineales											
Rango de tamaños nominales l, en mm											
Clase de tolerancia	2 a 30	> 30 a 120	> 120 a 400	> 400 a 1 000	> 1 000 a 2 000	> 2 000 a 4 000	> 4 000 a 8 000	> 8 000 a 12 000	> 12 000 a 16 000	> 16 000 a 20 000	> 20 000
	Tolerancias t, en mm										
A		±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B	±1	±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

Figura 6: Tolerancia en dimensiones lineales

Fuente: DIN 13920:1996

3.1.5.2.1 Fabricación de spools Tolerancias Lineales:

Las tolerancias en las dimensiones lineales (intermedio o general) se aplican de cara a cara, de cara al extremo, de extremo a extremo mediciones de tuberías fabricadas rectas y curvas; del centro al extremo o del centro de las caras de boquillas u otros accesorios; o del centro hacia la cara de las curvas; como ilustra la **Fig. 1**. Estas tolerancias no son acumulables.

Tolerancias lineales en “A” son de + 1/8” (3.0mm) para los tamaños de 10” y menos, + 3/16” (5.0mm) para los tamaños de 12”a 24” y ¼” (6.0mm) para los tamaños de más de 24” hasta 36”.

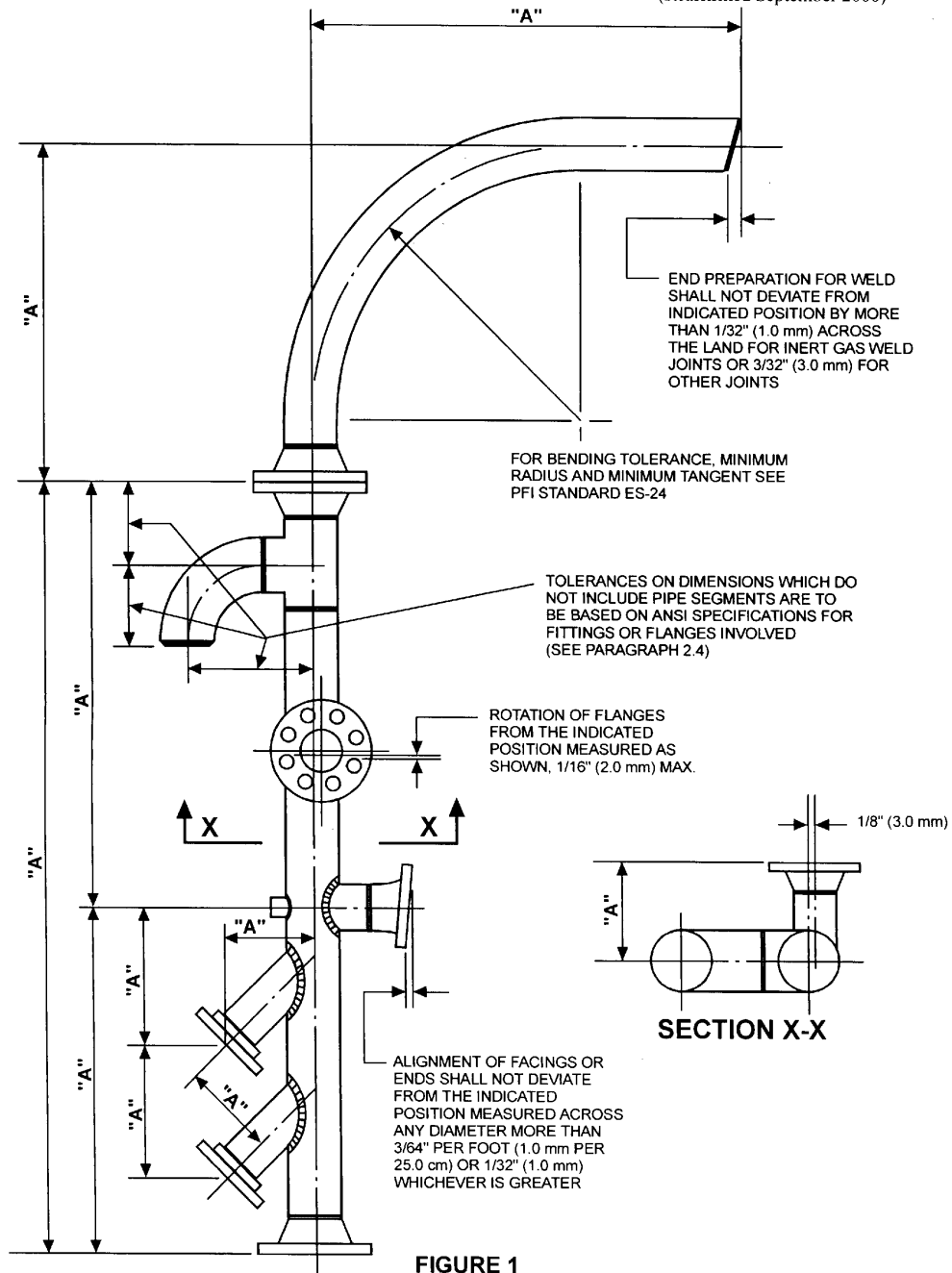
Tolerancias lineales en "A" para los tamaños de más de 36" están sujetos a tolerancias de 1/4" (6.0mm) aumento de más o menos de 1/16" (2.0mm) por cada 12" de diámetro de más de 36".

#### 3.1.5.2.2 Tolerancias de Angularidad y Rotación:

La tolerancia en la cara de bridas, preparación de soldadura final y en la rotación de las bridas es como se indica en la STD.PFI ES-3.

#### 3.1.5.2.3 Tolerancias más Estrechas:

Cuando tolerancias más estrechas que las que figuran en los párrafos anteriores son absolutamente necesarias, será objeto de un acuerdo entre el cliente y el fabricante antes de iniciar la fabricación.



**FIGURE 1**  
**APPLICATION OF PIPE FABRICATION TOLERANCES**

Figura 7: Aplicación de tolerancias de fabricación de tuberías

Fuente: Comité de Ingeniería de Instituto de fabricación de Tuberías

### **3.1.6 Especificación de Procedimiento de Soldadura:**

Para el soldeo de juntas en ductos y codos, se elaborará las especificaciones de procedimiento de soldadura y/o utilizara procedimientos pre-calificados bajo la norma AWS D1.1 y AWS B2.1, según el tipo de junta a realizar mostrado en los planos aprobados por el cliente.

Para el soldeo de ductos y sus codos, se empleará el proceso de soldadura FCAW-G y el material de aporte será el E71T-1C.

Para mas información del material de aporte ver anexo 2.

El precalentamiento para procesos de soldadura en la plancha Hardox 450 será según recomendaciones del fabricante de las planchas. Para más información sobre el material ver Anexo 1.

El contenido del procedimiento de soldadura (WPS) deberá contar con los siguientes datos:

- Identificación de la WPS y el responsable de la WPS.
- Identificación de los metales base: especificación, tipo y grado.
- Proceso de soldadura utilizados
- Diseño de las juntas.
- Tipo, clasificación y composición de los materiales de aporte.
- Posiciones de soldadura
- Precalentamiento y temperatura entra capas
- Tipo y composición de los gases de protección en caso aplique.
- Tipo de corriente, polaridad y rangos de corrientes para diferentes tipos y tamaños de electrodos.
- Voltaje y velocidad de avance del arco.
- Preparación de juntas y limpieza de superficie.

### **3.1.7 Calificación de Soldadores:**

Los soldadores, serán calificados de acuerdo a lo establecido en la norma AWS D1.1 o AWS B2.1.

La calificación de Soldadores será certificada por un organismo competente y de reconocido prestigio, cuyo personal calificador será un CWI.

### **3.1.8 Inspección Visual de Soldadura:**

Se realizará la inspección visual de soldadura de acuerdo a los lineamientos de la AWS D1.1 para los elementos estructurales y ductos. Para el caso de tuberías será bajo la norma ASME B31.3 según piping line class, separando los elementos en conformes y no conformes y marcando las zonas donde se encontraron defectos que deben ser reparados.

Inspectores certificados como niveles II o III, pueden desarrollar la inspección y evaluarán los resultados.

Esta inspección se realizara al 100% de las uniones soldadas y los resultados obtenidos se registraran en el siguiente formato:



A continuación se indican los criterios de aceptación de la norma AWS D1.1 tabla 6.1.

<b>Table 6.1 Visual Inspection Acceptance Criteria (see 6.9)</b>										
Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections								
<b>(1) Crack Prohibition</b> Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X								
<b>(2) Weld/Base Metal Fusion</b> Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X								
<b>(3) Crater Cross Section</b> 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								
<b>(4) Weld Profiles</b> Weld profiles shall be in conformance with 5.23.	X	X								
<b>(5) Time of Inspection</b> 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								
<b>(6) Undersized Welds</b> 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: auto; margin-right: auto; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L, specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">U, allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\leq 3/16</math> [5]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 1/16</math> [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>1/4</math> [6]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 3/32</math> [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\geq 5/16</math> [8]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 1/8</math> [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, specified nominal weld size, in [mm]	U, 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	X
L, specified nominal weld size, in [mm]	U, 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]									
<b>(7) Undercut</b> (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									
<b>(8) Porosity</b> (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								
		X								

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

Figura 9: Criterio de aceptación de inspección visual

Fuente: AWS D1.1 2015

A continuación se muestran los criterios de aceptación de la norma ASME B31.3, tabla 341.3.2:

Criteria (A to M) for Types of Welds and for Service Conditions [Note (1)]										Weld Imperfection	Examination Methods	
Normal and Category M Fluid Service			Severe Cyclic Conditions			Category D Fluid Service					Visual	Radiography
Type of Weld			Type of Weld			Type of Weld						
Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth and Miter Groove	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Branch Connection [Note (2)]			
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Crack	✓	✓
A	A	A	A	A	A	C	A	N/A	A	Lack of fusion	✓	✓
B	A	N/A	A	A	N/A	C	A	N/A	B	Incomplete penetration	✓	✓
E	E	N/A	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Rounded indications	...	✓
G	G	N/A	F	F	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Elongated indications	...	✓
H	A	H	A	A	A	I	A	H	H	Undercutting	✓	✓
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Surface porosity or exposed slag inclusion [Note (5)]	✓	...
N/A	N/A	N/A	J	J	J	N/A	N/A	N/A	N/A	Surface finish	✓	...
K	K	N/A	K	K	N/A	K	K	N/A	K	Concave surface, concave root, or burn-through	✓	✓
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	Weld reinforcement or internal protrusion	✓	...

GENERAL NOTES:

(a) Weld imperfections are evaluated by one or more of the types of examination methods given, as specified in paras. 341.4.1, 341.4.2, 341.4.3, and M341.4, or by the engineering design.

(b) "N/A" indicates the Code does not establish acceptance criteria or does not require evaluation of this kind of imperfection for this type of weld.

(c) Check (✓) indicates examination method generally used for evaluating this kind of weld imperfection.

(d) Ellipsis ( . . ) indicates examination method not generally used for evaluating this kind of weld imperfection.

Figura 10: Criterio de aceptación de soldadura

Fuente: ASME B31.3



### **3.1.9 Inspección por Líquidos Penetrantes:**

Se realizara la inspección por líquidos penetrantes al 100% de las juntas a tope con penetración completa y un 20% a las juntas tipo filete.

Inspectores certificados como niveles I pueden desarrollar la inspección e inspectores nivel II o III evaluarán los resultados.

Los registros de la inspección por líquidos penetrantes se adjuntaran al dossier de calidad.



### **3.1.10 Inspección por Ensayo Radiográfico:**

Se realizara la inspección por ensayo radiográfico el 10% de las uniones soldadas en ranura circunferenciales y longitudinales se examinaran completamente por medio de radiografía al azar de acuerdo con AWS D1.1 SECCIÓN 6.12.

El procedimiento de ensayo de radiografía industrial será elaborado por un NIVEL III en RT, este ensayo será realizado por proveedor especialista y con experiencia, la inspección de las juntas será interpretada por un NIVEL II en RT, los registros radiográficos se adjuntaran al dossier de calidad conforme al formato de la empresa tercera.

### **3.1.11 Recubrimiento de Estructuras Metálicas:**

#### **3.1.11.1 Preparación Superficial:**

Toda la superficie que será protegida por pintura deberá ser sometida a granallado, estas especificaciones tendrán en cuenta lo siguiente:

- Preparación de Superficie según lo indicado en la norma SSPC-SP6.
- Tiempo máximo de superficie granallado expuesta al medio ambiente 2 horas.
- Medición del perfil de rugosidad de la superficie granallada en forma aleatoria realizada por el proveedor de pintura.
- Inspección Visual de Control de Granallado aceptable.

Los registros de la inspección de preparación superficial se adjuntaran al dossier de calidad.

#### **3.1.11.2 Recubrimiento:**

- La primera capa de pintura debe ser aplicada inmediatamente después de haber concluido el granallado, o máximo 2 horas.

- No se podrá pintar si la superficie del metal está en menos de 3°C por encima del punto de Roció o la humedad ambiental sobre 85%.
- Los componentes del sistema de pintura serán compatibles y de la misma marca.
- En la preparación y aplicación se debe seguir las instrucciones del fabricante de la pintura.
- Los componentes pintados deberán ser adecuadamente manipulados para evitar daños a la capa de protección.
- La pintura dañada durante la etapa de embalaje será resanada.
- Equipo de pintado a emplear: soplete o pistola, compresor, máscara, etc.
- La pintura a emplear será Epoxi poliamida amina de altos sólidos con las siguientes características:
  - Recubrimiento multipropósito de altos sólidos y rápido secado.
  - No contiene pigmentos a base de plomo.
  - Gran resistencia química, a inmersión en agua y al medio ambiente.
  - Para protección de acero estructural y tuberías para todo tipo de ambiente industrial y marino.
  - El porcentaje de sólidos es de 72% ± 3%.

Para más información sobre la pintura ver anexo 3 y anexo 4.

El sistema de pintado será bicapa de 3 mils cada capa.

Tabla N°1: sistema de pintado de ductos y codos

SISTEMA DE PINTADO DE DUCTOS Y CODOS				
CAPA	PINTURA	COLOR	RAL	EPS(mils)
BASE	JET 70MP	GRIS	7040	3
ACABADO	JET 70 MP	GRIS	7040	3

Fuente: Elaboración propia

		REGISTRO DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL Y RECUBRIMIENTO Formato					Código Versión Página Elaborado por Revisado por Aprobado por Fecha			
PROYECTO:						REGISTRO:				
CLIENTE:										
<b>1. PREPARACIÓN SUPERFICIAL</b>										
TIPO DE MÁQUINA	TIPO DE ABRASIVO	GRADO DE PREPARACIÓN	PERFIL DE ANCLAJE	FECHA DE GRANALLADO	HORA					
Manual <input type="checkbox"/> Automática <input type="checkbox"/>	Granalla Angular <input type="checkbox"/> Granalla Esférica <input type="checkbox"/> Mixta <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>									
<b>2. SISTEMA DE PINTADO</b>										
CAPA / PINTURA	COLOR / RAL	LOTE				ESPESOR DE PELICULA SECA				
		Resina	Catalizador	Polvo	Diluyente					
<b>3. CONDICIONES AMBIENTALES</b>										
TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	PUNTO DE ROCIO (°C)	HR %	Diferencia entre Temperatura de Superficie y Rocio (°C)	RESULTADO	FECHA	HORA			
<b>4. MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO</b>										
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	PLANO DE REFERENCIA	REV.	SPOT1	SPOT2	SPOT3	SPOT4	SPOT5	PROMEDIO	RESULTADO
<b>5. INSPECCIÓN VISUAL</b>										
Elementos inspeccionados presentan:			Se debe reparar:				Fecha de reparación:			
Descolgamientos	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>				
Sobre aspersion	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>				
Piel de naranja	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>				
Pin Hole	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	%	No <input type="checkbox"/>				
<b>6. OBSERVACIONES</b>										
<b>7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS</b>										
EQUIPO:			CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:							
EQUIPO:			CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:							
EQUIPO:			CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:							
<b>8. APROBACIÓN FINAL</b>										
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD			JEFE / SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD				SUPERVISIÓN - CLIENTE			
NOMBRE:			NOMBRE:				NOMBRE:			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			

Figura 12: Registro de Preparación Superficial y Recubrimiento

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.12 Entrega de Dossier de Calidad**

Al término de la fabricación de los ductos y codos, se entregará al cliente el Dossier de calidad, la cual estará conformada por toda la documentación generada durante el proceso de construcción e inspección, la cual garantizará el cumplimiento de los requisitos del plan de Calidad.

### 3.2 RESULTADOS

Mediante la elaboración del plan de calidad se obtienen los siguientes resultados:

- Mediante la elaboración de registros para la fabricación de ductos y codos, se logró plasmar los datos obtenidos de todas las inspecciones realizadas durante los procesos de fabricación en sus respectivos formatos.
- Mediante la elaboración de procedimiento de control de materiales se logró inspeccionar de forma correcta los materiales que se utilizaran para la fabricación de ductos y codos, verificando que estos cumplan con las especificaciones indicadas por el cliente.
- Mediante la elaboración de los procedimientos de controles para la fabricación e inspección de ductos y codos se logró mejorar la calidad de los productos fabricados y se redujo la cantidad de reparaciones tal como se muestra en la siguiente tabla, garantizando de esta manera la integridad de estos para su montaje y funcionamiento.

Tabla N°2: Porcentaje entre N° de reparaciones y N° de piezas fabricadas

FABRICACIÓN DE DUCTOS Y CODOS(2019)			
MES	Nº REPARACIONES	Nº PIEZAS FABRICADAS	PORCENTAJE
ENERO	50	30	167%
FEBRERO	45	30	150%
MARZO	40	30	133%
ABRIL	35	30	117%
MAYO	32	30	107%
JUNIO	29	30	97%
JULIO	25	30	83%
AGOSTO	18	30	60%
SETIEMBRE	15	30	50%
OCTUBRE	7	30	23%

## CONCLUSIONES

- Se concluye que mediante la elaboración de un control de registros, garantiza que los datos ingresados en los registros son confiables, asimismo genera trazabilidad de lo que se fabrica.
- Se concluye que mediante el control de materiales, podemos garantizar que estos cumplen con las especificaciones solicitadas por el cliente y se podrán utilizar para la fabricación de los ductos y codos.  
Se debe involucrar a todo el personal de la empresa, concientizándolos de que la calidad es un valor agregado y que se busque mejorar todos los procesos en la empresa.
- Se concluye que mediante la elaboración de procedimientos para la fabricación e inspección de ductos y codos a fabricar ayudará a garantizar que nuestro producto fabricado cumple con el diseño deseado por cliente y que las inspecciones realizadas sigue los lineamientos de los procedimientos elaborados.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el equipo de control de calidad haga cumplir las normas de fabricación ofreciendo así productos de calidad.
- Para llegar a ser una empresa competitiva, cada proceso desde su inicio debe ser evaluado y verificado para hacer cumplir las normas que están establecidos en el plan de calidad.
- Se recomienda la elaboración de plan de calidad para cada tipo de proyecto de fabricación, ya que cada proceso se realizara de manera ordenada, optimizando tiempos y reduciendo el número de reparaciones y observaciones.
- Se recomienda que para cada tipo de inspección se elabore un registro de los resultados obtenidos de estas inspecciones, de esa manera genera trazabilidad de los datos y se obtendrá un buen resultado de lo fabricado.

## BIBLIOGRAFÍA

Barrera. D. (2018) *Implementación de un plan de calidad para obras metal mecánicas en la empresa VYP ICE SAC.* (Tesis de grado). Universidad nacional del Centro del Perú. Perú

Tay C. (2011). *Diseño y aplicación de un sistema de calidad para el proceso de fabricación de válvulas de paso termoplásticas.* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú

Ana G. y Ana S. (2015). *Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo.* (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.

Urgilés V. (2018). *Estudio de calidad de la soldadura en la edificaciones metálicas* (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca. Ecuador

American, W. S. (2010). AWS A3.3. En A. W. Society, *Definiciones y Terminos Estandar de las Soldaduras* (pág. 16). Florida.

Arreaga, J. O. (28 de Marzo de 2018). *Gestiopolis*. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com>

S.A, CYM MATERIALES. (- de - de 2006). *CYM MATERIALES S.A. ARGENTINA: -.* Obtenido de CYM MATERIALES S.A: <https://cym.com.ar/>

SSAB. (12 de 02 de 2018). *SSAB*. Obtenido de SSAB: <https://www.ssab.es/>

# ANEXOS

## ANEXO 1: FICHA TÉCNICA DE PLANCHA HARDOX 450

**HARDOX®**  
WEAR PLATE

Data sheet: 168es Hardox® 450 2018-02-12

Hardox® 450

### Descripción general del producto

El acero resiste a la abrasión más popular, que presenta excelentes propiedades estructurales.

Hardox® 450 es un acero resistente a la abrasión con una dureza nominal de 450 HBW. Hardox® 450 combina una soldabilidad y capacidad de plegado óptima. Los productos se pueden usar en una gran diversidad de componentes y estructuras sometidas al desgaste. Hardox® 450, con 50 puntos extra de dureza Brinell en comparación con nuestra calidad 400, proporciona resistencia contra las indentaciones y la abrasión, presentando una vida útil más larga y resultando aún más rentable.

### Intervalo de dimensiones

Hardox® 450 está disponible en chapa gruesa en espesores de 3,2 a 130 mm, chapa en espesores de 2,0 a 8,0 mm y en chapa laminada en frío en espesores de 0,7 a 2,1 mm. Para espesores superiores a 80 mm, se recomienda un ancho de 1650 mm. Encontrará información más detallada sobre este aspecto en el programa de dimensiones.

### Propiedades mecánicas

Calidad	Espesor (mm)	Dureza <sup>1)</sup> (HBW)	Tensión de rotura $R_{m}$ (MPa) garantizado	Límite de elasticidad típico (MPa), no garantizado
Hardox® 450 Chapa CR	0,7 - 2,10	425 - 475 <sup>2)</sup>	1370 - 1600	1250
Hardox® 450 Chapa	2,0 - 8,0	425 - 475	-	1250
Hardox® 450 Chapa gruesa	3,2 - 80,0	425 - 475	-	1250
Hardox® 450 Chapa gruesa	80,1 - 103,0	410 - 475	-	1250
Hardox® 450 Chapa gruesa	103,1 - 130,0	390 - 475	-	1250

<sup>1)</sup> Dureza Brinell, HBW, de conformidad con la norma EN ISO 6506<sup>1)</sup>, en una superficie fresada de entre 0,5 y 8 mm bajo la superficie. A menos que muestre por cada calidad y cada 40 toneladas.

<sup>2)</sup> El proceso de dureza no se realiza ni se garantiza para el material laminado en frío Hardox® 450. El intervalo de dureza es una conversión de la resistencia a la tracción.

El espesor nominal de las chapas suministradas no se desviará más de +/- 1,5 mm de espesor de la muestra del ensayo empleada para los ensayos de dureza.

La chapa Hardox® está templada. La dureza mínima del núcleo es de 90 % respecto a la dureza de superficie mínima garantizada.

### Propiedades de impacto

Calidad	Ensayo longitudinal, energía de impacto típica, probeta de ensayo Charpy V 10x10 mm.	Ensayo transversal, energía de impacto garantizada, probeta de ensayo Charpy V 10x10 mm.
Chapa y chapa gruesa Hardox® 450	50 J/ -40 °C	-
Hardox® 450 Tuf <sup>1)</sup>	-	Min. 27 J/ -20 °C <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ensayo de impacto realizado en espesores > 6 mm. Para espesores de entre 6 - 11,5 mm, se usan probetas de Charpy V de tamaño estándar. El valor mínimo especificado es en ese caso proporcional al área transversal de la muestra del ensayo en comparación con una muestra de tamaño estándar (10 x 10 mm). Ensayo de impacto en conformidad con 50 eN 146 por cada calidad y grupo de espesor. Media de tres ensayos.

<sup>2)</sup> Valor mínimo único 70% de media especificada.

### Composición química (análisis de colada)

Calidad	C <sup>1)</sup> (max %)	Si <sup>1)</sup> (max %)	Mn <sup>1)</sup> (max %)	P (max %)	S (max %)	Cr <sup>1)</sup> (max %)	Ni <sup>1)</sup> (max %)	Mo <sup>1)</sup> (max %)	B <sup>1)</sup> (max %)
Chapa CR	0,18	0,25	1,30	0,015	0,004	0,10	0,10	0,04	0,003
Chapa y chapa gruesa	0,26	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,005

El acero es de grano refinado. Sustancias de aleación intencionadas.

### Contenido en carbono equivalente CET (CEV)

Espesor	chapa CR 0,7 - 2,10	chapa 2,0 - 8,0	chapa gruesa 3,2 - 4,9	chapa gruesa 5,0 - 9,9	chapa gruesa 10,0 - 19,9	chapa gruesa 20,0 - 39,9	chapa gruesa 40,0 - 80,0	chapa gruesa 80,1 - 130,0
Máx.	0,33 (0,14)	0,35 (0,18)	0,37 (0,18)	0,38 (0,19)	0,39 (0,52)	0,41 (0,60)	0,43 (0,71)	0,41 (0,67)
tp.	0,31 (0,39)	0,26 (0,39)	0,29 (0,39)	0,33 (0,45)	0,36 (0,48)	0,38 (0,56)	0,38 (0,61)	0,39 (0,64)

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

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

**SSAB**

## ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DE MATERIAL DE APORTE

FCAW

SOLDEXA

Acero al Carbono y Baja Aleación

EXATUB 71

(Antes EXSATUB 71)

El producto EXATUB 71 es un alambre tubular para toda posición, diseñado para brindar óptimas propiedades mecánicas al trabajar con CO<sub>2</sub> o mezcla de Argón/CO<sub>2</sub> como gas protector. Produce 20% menos de humos, 50% menos de salpicaduras que alambres tubulares equivalentes.

En comparación con alambres tubulares autoprottegidos, brinda buenas propiedades frente al impacto a baja temperatura y la apariencia del cordón es insuperable. La transferencia del metal de aporte es suave y la remoción de escoria es fácil, lo cual facilita el depósito de cordones en posición vertical ascendente. El contorno de la soldadura en filete es plano a ligeramente convexo con buena humectación en los bordes de la junta. Este alambre tolera cascarillas y óxidos ligeros sobre el material base.

### Clasificación

AWS A5.20 / ASME SFA-5.20 E71T-1C / E71T-1M

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

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Gas de Protección
0,02	1,01	0,34	0,012	0,011	-	-	-	-	100% CO <sub>2</sub>
0,02	1,43	0,53	0,010	0,015	-	-	-	-	75% Ar/25% CO <sub>2</sub>

### Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

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%CO <sub>2</sub> ]	572 (82 940)	503 (72 935)	27	[-18°C (0°F)] 126 (93)
Sin Tratamiento térmico [75% Ar/25% CO <sub>2</sub> ]	600 (87 000)	531 (76 995)	28	[-18°C (0°F)] 120 (89)

Gas de Protección: 100% CO<sub>2</sub>; 80% Ar/20% CO<sub>2</sub>; 75% Ar/25% CO<sub>2</sub>

### Conservación del Producto

- Mantener seco y evitar humedad.

### Posiciones de Soldadura

P, H, V<sub>a</sub>, Sc.



### Parámetros de Soldeo Recomendados

Diámetro [mm]	1,20	1,60
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)	
Amperaje [A]	140 - 320	200 - 380
Voltaje [V]	22 - 33	25 - 36
Stick out (mm)	15 - 25	
Flujo de Gas (l/min)	15 - 25	

### Aplicaciones

- El alambre EXATUB 71T-1 está diseñado para soldaduras en toda posición, en un solo pase y/o multipase sobre aceros de bajo y de mediano carbono y aceros de baja aleación.
- Es muy empleado en la fabricación y reparación de equipos de minería, tolvas, chutes, molinos, tanques, carretas, lampones, cucharas de palas y de cargadores frontales, etc.

## ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE PINTURA JET70MP

# JET 70MP

Epoxi poliamida amina de altos sólidos



### DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Recubrimiento multi-propósito de altos sólidos y rápido secado.
- No contiene pigmentos a base de plomo.
- Se dispone en la versión formulada con óxido de hierro micáceo (MIO), que le confiere mayor impermeabilidad y cumple con la norma UNE 48295-2003 (\*\*).
- Gran resistencia química, a inmersión en agua y al medio ambiente.
- Usado en protección de cascos, superestructura, tanques de lastre y bodegas de embarcaciones de todo tipo.
- Para protección de acero estructural y tuberías para todo tipo de ambiente industrial y marino.
- Como primer, capa intermedia o acabado en protección de interior de tanques que contengan soluciones alcalinas, petróleo, combustibles, agua de desecho y ciertos productos químicos.

### DATOS FÍSICOS

<b>Acabado</b>	Meta	<b>Resistencia a la temperatura en seco</b>	
<b>Color</b>	Según cartilla	Continuo	93°C
[*] Amarillos, naranja y rojos pueden requerir fondo.		Intermitente	121°C
[**] El Jet 70MP MIO sólo se fabrica en color gris.		<b>Brillo</b>	Min. 20 GU a 80°, excepto color aluminio
<b>Componentes</b>	Dos	ASTM D523	
<b>Relación de mezcla (en volumen)</b>	1 de resina (parte A) 1 de catalizador (parte B)	<b>Adhesión por Tracción</b>	ASTM D4541 1000 Psi
<b>Curado</b>	Evaporación de solventes y reacción química	<b>Resistencia al impacto</b>	ASTM D2794 20 - 30 lb x pulg., directo
<b>Sólidos en volumen</b>	72% ± 3%, según color	<b>Flexibilidad Mandril Cónico</b>	ASTM D522 9% - 13% elongación
<b>VOC</b>	205 - 244 g/l, según color	<b>Dureza al Lápiz</b>	ASTM D3363 5H - 5H
<b>Espesor película seca</b>	3 - 6 mils (75 - 150 micrones)	<b>Dureza Péndulo Persar</b>	ASTM D4368B 150 - 200 ciclos
<b>Número de capas</b>	Uno o Dos	<b>Abrasión Taber a 1000 ciclos, rueda CS-17, 1 Kg de peso</b>	ASTM D4060 62 - 80 mg de pérdida
<b>Rendimiento teórico</b>	26.8 m <sup>2</sup> / gal a 4 mils de espesor seco	<b>Performance en Niebla Salina</b>	ASTM B117-97 > 1500 Horas
<b>Diluyente</b>	JET ECOPOXY 90 o UNIPOXI		
<b>Tiempo de vida útil</b>	3 horas a 25°C		

El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie.  
Para mayores detalles de servicio consultar con el Departamento Técnico Pinturas JET.

### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- **Acero nuevo**  
Preparación con chorro abrasivo, según norma SSPC-SP6.
- **Acero con pintura antigua**  
Limpieza manual mecánica, según norma SSPC-SP2 o SSPC-SP3.  
Limpieza con agua a ultra alta presión (UHPWJ) según normas SSPC-SP WJ1/ WJ2/ WJ3/ WJ4.
- **Galvanizado**  
Lavar con detergente bio degradable similar al Deterjet 20.  
Lijado superficial general y limpieza de residuos con diluyente.

La duración de la pintura depende del grado de preparación de la superficie.  
Para servicio de inmersión se acepta como mínimo una preparación de superficie con chorro abrasivo cercano al metal blanco según norma SSPC-SP10 o con agua a UHPWJ según norma SSPC-SP WJ2, en caso de mantenimiento.

### METODO DE APLICACION

- **Equipo aires**  
Similar a Graco Bulldog 30:1, boquilla 0.019" a 0.023" con filtro malla 60.
- **Equipo convencional a presión**  
Similar a Devilbiss JGA-502, boquilla 704E con regulador de presión, filtros de aceite y humedad.
- **Brocha y rodillo**  
Resistentes a diluyentes epóxicos.

## ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DE PINTURA JET70MP



### TIEMPOS SECADO a 21 °C (ASTM D1640)

Al tacto	1 - 2 horas
Al tacto duro	6 - 8 horas
Repintado mínimo	8 horas
Repintado máximo	
Jet 70MP	6 meses
Poliuretanos	30 días
Alquídicos	1 día
Antifouling	al tacto (tacky)
Interior tanque	30 días

### CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura	Mínima	Máxima
De la superficie	4 °C	50 °C
Del ambiente	4 °C	50 °C
Humedad Relativa		85%

La temperatura de la superficie debe ser 3 °C mayor que el punto de rocío.

### PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

1. Verifique que se disponga de todos los componentes.
2. Homogenice cada componente por separado previo a la mezcla. Use un agitador neumático o eléctrico a prueba de explosión.
3. Vierta la resina en un envase limpio y luego el catalizador.
4. Mezcle totalmente los dos componentes usando el agitador.
5. Para facilitar la aplicación agregue un máximo de 1/8 de galón del diluyente recomendado por galón de pintura preparada y agite la mezcla otra vez.
6. Filtre la mezcla usando una malla 30.
7. Aplique la pintura en pasadas uniformes, traslapando al 50% de cada pasada.
8. Aplique la pintura preparada antes de sobrepasar su tiempo de vida útil.
9. Repintar dentro del "tiempo de repintado" recomendado.

### IMPRIMANTES RECOMENDADOS

- Puede aplicarse directamente sobre el metal, pero también puede usarse imprimantes como Jet Zinc I-860, Jet Zinc I-760, Jet Zinc IR-600, Jet Zinc Orgánico 800, Jet Zinc Orgánico 850, Jet 622P Anticorrosivo o cualquier imprimante JET.

### ACABADOS RECOMENDADOS

- Puede ser repintado con otra capa de Jet 70MP. Sin embargo para mejorar su resistencia a la luz solar se recomienda un acabado poliuretano como Jethane 500, Jethane 650HS, Jethane 650HCR o similar en la marca JET.

### DATOS DE ALMACENAMIENTO

• Peso por galón	*Parte A*	3.82 - 5.63 Kg., según color
	*Parte B*	5.30 - 5.50 Kg.
• Punto de inflamación	*Parte A*	16 °C
	*Parte B*	16 °C

Se garantiza buena estabilidad en almacenamiento hasta por 12 meses si se almacena bajo techo a temperaturas entre 4 °C a 38 °C.

### PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Lea la hoja de seguridad de cada componente antes del empleo.
- El uso o manipuleo inapropiado de este producto puede ser nocivo para la salud o causar explosión.
- No use este producto sin antes tomar todas las precauciones de seguridad. Estas deben incluir: adecuada ventilación, iluminación a prueba de explosión, vestimentas adecuadas, lentes, guantes, máscaras para vapores orgánicos o con alimentación de aire sobre todo en espacios limitados como interiores de tanque u otros.
- Si usted necesita mayores detalles, consultar con el Departamento Técnico Pinturas JET.