



# POSGRADOS

Maestría en

## **Ingeniería Mecánica con mención en Diseño De Estructuras Metálicas En Obras Civiles E Industriales**

RPC-SO-24-NO.540-2020

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE CORTE, PERFORACIÓN, BISELADO Y DOBLADO DE PLANCHAS PARA LA CONFIGURACIÓN DE PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA EMPRESA SEDEMI S.C.C.

Autor(es)

Priscila Salome Tapia Burbano  
Ángel David Silva Hinojosa

Director:

Cristian Andrés Leiva González

QUITO – Ecuador

2022

**Autor(es):****Ángel David Silva Hinojosa**

Ingeniero Mecánico

Candidato a Magíster en Ingeniería Mecánica con mención en Diseño De Estructuras Metálicas En Obras Civiles E Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

asilvah1@est.ups.edu.ec

**Priscila Salome Tapia Burbano**

Ingeniero Industrial y de procesos

Candidata a Magíster en Ingeniería Mecánica con mención en Diseño De Estructuras Metálicas En Obras Civiles E Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

ptapiab1@est.ups.edu.ec

**Dirigido por:****Cristian Andrés Leiva González**

Ingeniero Mecánico

Magíster en Materiales, Diseño y Producción

cleiva@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

**PRISCILA SALOME TAPIA BURBANO- ANGEL DAVID SILVA HINOJOSA**

**Propuesta de un sistema de control de calidad en los procesos de corte, perforación, biselado y doblado de planchas para la configuración de perfiles de acero estructural en la empresa Sedemi S.C.C.**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de titulación a mi hijo, esposo y familia, por la fuerza y motivación para cumplir mis metas, apoyarme y acompañarme en todas las decisiones que he tomado.

Priscila Tapia

Dedico este trabajo a mis padres Ángel Maria y Ruth del Pilar por sus sabios consejos, su infinito amor y paciencia para poder continuar y concluir con esta etapa de mi vida, a mis hijos Miguel e Isabella por ser la fuerza que me impulsa a continuar a pesar de las adversidades.

Ángel Silva

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mi hijo Thomas, a mi esposo Franklin, a mi hermana Madeline, a mis padres Fusto y Teresa que me han apoyado a largo de este camino.

Priscila Tapia

Agradezco a Dios y a mis padres por la enseñanza y motivación recibida para poder lograr todos mis proyectos y objetivos propuestos.

Ángel Silva

# Tabla de Contenido

Resumen .....	13
Abstract .....	14
1. Introducción .....	15
2. Determinación del Problema.....	16
2.1 Objetivo general.....	17
2.1.1 Objetivos Específicos .....	17
3. Marco teórico referencial.....	18
3.1 Análisis de la situación inicial .....	18
3.1.1 Proceso de control de calidad actual .....	18
3.1.2 Equipos disponibles .....	20
3.1.2.1 Equipos de corte térmico .....	20
3.1.2.2 Equipos de perforado .....	21
3.1.2.3 Equipos de doblado .....	22
3.1.2.4 Equipos de biselado.....	22
3.1.3 Instrumentos de Medición .....	23
3.1.4 Costo Producto no conforme .....	25
3.2 El Acero y su aplicación .....	25
3.2.1 EL Acero A36 como material estructural.....	25
3.3 Soldadura.....	26
3.4 Control de calidad.....	27
3.4.1 Repetibilidad y reproducibilidad .....	28
3.5 Corte por plasma .....	28
3.6 Oxicorte .....	29
3.7 Plegado .....	30
3.8 Perforado.....	32
3.8.1 Método de taladrado .....	32
3.8.2 Punzonado .....	33
3.9 Biselado .....	34
3.10 Definición de tamaño de muestra .....	34
4. Materiales y metodología.....	35
4.1. Proceso de control de calidad .....	35

4.2. Etiquetado y almacenamiento producto no conforme.....	38
4.3 Cálculo del tamaño de muestra.....	42
4.3.1 Definición del tamaño del lote .....	42
4.3.1.1 Determinación de lote corte térmico y perforación .....	43
4.3.1.2 Determinación de lote plegado y biselado.....	43
4.4 Determinación del AQL.....	44
4.5 Análisis de repetibilidad y reproducibilidad en proceso de medición en planta de abastecimiento Sedemi SCC .....	45
4.6 Selección las normas aplicadas en cada proceso de manufactura para el establecimiento de variables de control .....	48
4.6.1 Proceso de Corte .....	48
4.6.2 Proceso de Plegado .....	50
4.6.2.1 Curvatura del alma .....	51
4.6.3 Proceso de Biselado.....	53
4.6.4 Proceso de Perforado .....	56
5. Resultados y discusión.....	58
5.1 Resultados tolerancias actuales y tolerancias propuesta .....	58
5.1.1 Corte térmico.....	58
5.1.2 Perforación .....	59
5.1.3 Biselado .....	60
5.1.4 Doblado .....	61
5.2 Comparativa muestreo actual versus método propuesto .....	62
5.3 Estimar el costo-beneficio de implementación del sistema de control de calidad en los procesos establecidos .....	64
6. Conclusiones.....	66
7. Recomendaciones.....	68
Referencias .....	69
Anexos .....	72

# Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Flujo de procesos de la Unidad de operaciones de la empresa Sedemi S.C.C.	18
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo Proceso de control de calidad .....	19
<b>Figura 3.</b> Codificación de especificaciones del Bisel .....	22
<b>Figura 4.</b> Proceso de corte por plasma .....	28
<b>Figura 5.</b> Componentes de la antorcha de plasma .....	29
<b>Figura 6.</b> Proceso de oxicorte .....	30
<b>Figura 7.</b> Naturaleza de un dobléz metálico .....	30
<b>Figura 8.</b> Proceso de plegado al aire .....	31
<b>Figura 9.</b> Plegado a fondo .....	32
<b>Figura 10.</b> Proceso de perforación por taladro .....	33
<b>Figura 11.</b> Proceso de perforado por medio de punzón .....	33
<b>Figura 12.</b> Proceso de biselado.....	34
<b>Figura 13.</b> Proceso propuesto control de calidad .....	36
<b>Figura 14.</b> Caracterización proceso control de calidad .....	37
<b>Figura 15.</b> Formato etiqueta producto no conforme.....	38
<b>Figura 16.</b> Formato de costeo de reprocesos.....	41
<b>Figura 17.</b> Curvatura del alma .....	51
<b>Figura 18.</b> Paralelismo del perfil.....	52
<b>Figura 19.</b> Ángulos referenciales perfiles. ....	52
<b>Figura 20.</b> Medición de flecha vertical del perfil.....	53
<b>Figura 21.</b> Medición de la flecha lateral del perfil.....	53
<b>Figura 22.</b> Soldadura ranura en V .....	54
<b>Figura 23.</b> Soldadura en ranura de doble V, junta a tope .....	54
<b>Figura 24.</b> Comparación tolerancias actuales y tolerancias normadas para el proceso de corte térmico para el ancho de fleje $\geq 35$ mm < 125 .....	58
<b>Figura 25.</b> Comparación tolerancias normadas y tolerancias aprobadas para el proceso de corte térmico para el ancho de fleje $\geq 35$ mm < 125 .....	59
<b>Figura 26.</b> Comparación tolerancias actuales y aprobado proceso de perforación .....	60

---

<b>Figura 27.</b> Comparación tolerancias actuales y aprobadas para el bisel simple v proceso de biselado.....	61
<b>Figura 28.</b> Comparación tolerancias actuales y aprobadas proceso de doblado. ....	61
<b>Figura 29.</b> Comparación muestreo actual con propuesto para el proceso de corte térmico y perforación. ....	62
<b>Figura 30.</b> Comparación muestreo actual con propuesto para el proceso de biselado y plegado.....	63

# Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Resumen estado actual procesos .....	19
<b>Tabla 2.</b> Capacidad máquina 1 de corte térmico .....	20
<b>Tabla 3.</b> Capacidad máquina 2 de corte térmico .....	20
<b>Tabla 4.</b> Capacidad máquina 3 de corte térmico .....	21
<b>Tabla 5.</b> Capacidad máquina 1 de perforación .....	21
<b>Tabla 6.</b> Capacidad máquina 2 de perforación .....	21
<b>Tabla 7.</b> Capacidad de la máquina de doblado. ....	22
<b>Tabla 8.</b> Capacidad máquina 1 proceso biselado .....	23
<b>Tabla 9.</b> Control físico instrumentos de medición. ....	24
<b>Tabla 10.</b> Costo histórico producto no conforme .....	25
<b>Tabla 11.</b> Propiedades químicas del acero A36 .....	26
<b>Tabla 12.</b> Propiedades mecánicas del acero A36.....	26
<b>Tabla 13.</b> Procesos de soldadura, posiciones y tipos de ranura .....	27
<b>Tabla 14.</b> Almacenamiento de producto no conforme.....	39
<b>Tabla 15.</b> Código alfabético del tamaño de la muestra .....	42
<b>Tabla 16.</b> Tamaño de muestra.....	44
<b>Tabla 17.</b> Valores de mediciones.....	45
<b>Tabla 18.</b> R cada operador .....	46
<b>Tabla 19.</b> Rprom1 de cada operador.....	46
<b>Tabla 20.</b> Valores constantes K1 y K2.....	47
<b>Tabla 21.</b> Medición promedio .....	47
<b>Tabla 22.</b> Desviaciones límite para la clase de tolerancia de las dimensiones nominales clase 2 .....	49
<b>Tabla 23.</b> Especificación tolerancias de corte .....	50
<b>Tabla 24.</b> Tolerancias en la curvatura del alma .....	51
<b>Tabla 25.</b> Tolerancia paralelismo de caras .....	52
<b>Tabla 26.</b> Tolerancia en la perpendicularidad de caras adyacentes. ....	52

<b>Tabla 27.</b> Tolerancia Fy y Fl .....	53
<b>Tabla 28.</b> Detalle de junta en ranura con CJP (junta de penetración completa) precalificadas V simple .....	55
<b>Tabla 29.</b> Detalles junta en ranura con CJP (junta de penetración completa) precalificada Doble V .....	55
<b>Tabla 30.</b> Tolerancia de bisel para el proceso .....	56
<b>Tabla 31.</b> Dimensiones nominales de la perforación, pulg. ....	56
<b>Tabla 32.</b> Tolerancia perforación .....	57
<b>Tabla 33.</b> Comparación cantidad de muestra método actual versus método propuesto <b>proceso</b> corte térmico y perforación. ....	62
<b>Tabla 34.</b> Comparación cantidad de muestra: método actual versus método propuesto proceso de biselado y plegado. ....	63
<b>Tabla 35.</b> Costo capacitación control de calidad.....	64
<b>Tabla 36.</b> Costo implementación proceso control de calidad.....	65

## Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> CNC Corte .....	
<b>Anexo 2.</b> Tabla 1 norma NTE INEN ISO 2859-12009 .....	
<b>Anexo 3.</b> Planos de fabricación .....	
<b>Anexo 4.</b> Ordenes de fabricación .....	
<b>Anexo 5.</b> Matriz producto no conforme .....	
<b>Anexo 6.</b> Inspección y liberación: Corte-Perforación de placas y flejes .....	
<b>Anexo 7.</b> Inspección y liberación: Corte-Perforación-Doblez-Despunte de placas y flejes .....	
<b>Anexo 8.</b> Procedimientos Control de calidad.....	

# Propuesta de un sistema de control de calidad en los procesos de corte, perforación, biselado y doblado de planchas para la configuración de perfiles de acero estructural en la empresa Sedemi S.C.C.

Autor(es):

Priscila Salome Tapia Burbano  
Ángel David Silva Hinojosa

## Resumen

---

El presente trabajo tiene como objetivo implementar un sistema de control de calidad para los diferentes procesos del departamento de abastecimiento en la empresa Sedemi S.C.C. tales como son: corte térmico, perforación, biselado y doblado de planchas de acero A36.

El aseguramiento y control de la calidad en los diferentes procesos inicia en el área de abastecimiento ya que la misma es la que provee de materia prima a las áreas de ensamblado y soldadura, elementos no conformes en el área de abastecimiento generan retraso en la producción o reprocesos que involucran un mayor coste de producción a la empresa.

Se procede a definir el tamaño de lote en cada proceso en el área de abastecimiento y con la ayuda de la norma NTE INEN ISO 2859-12009 se establece el tamaño de muestra mínimo para cada lote de producción en las diferentes áreas, en base a lo establecido por la empresa se define como Acceptable quality level/nivel aceptable de calidad (AQL, por sus siglas en inglés) de 5 % como punto inicial de control ya que por métodos de ensayo y error se definió que es el porcentaje de falla de elementos en el área de abastecimiento.

Se definen las normas nacionales e internacionales de control de calidad en cada proceso dentro del área de abastecimiento, el tamaño ideal de muestra para cada lote de producción y así lograr reducir los reprocesos en la planta proyectando un ahorro en el mismo en los próximos 3 años como beneficio adicional.

**Palabras clave:**

Calidad, Sedemi, Control, planta producción, proceso de producción.

## Abstract

---

The present work has the purpose of implementing a quality control system in the different processes of the supply department in the company Sedemi S.C.C. such as: thermal cutting, drilling, beveling and bending of A36 steel plates.

The quality assurance and control in the different processes begins in the supply area since it is the one that provides raw material to the assembly and welding areas, non-conforming elements in the supply area generate delays in production or reprocesses that involve a higher production cost to the company.

The batch size is defined in each process in the supply area and with the help of the NTE INEN ISO 2859-12009 standard, the minimum sample size is established for each production batch in the different areas, based on the established by the company is defined as Acceptable quality level (AQL, for its acronym in english) of 5% as the initial control point since by trial-and-error methods it was defined that it is the percentage of failure of elements in the area of abstention.

National and international quality control standards are defined in each process within the supply area, the ideal sample size for each production batch and thus reduce reprocessing in the plant, projecting savings in it in the next 3 years. as a bonus.

**Palabras clave:**

Quality, Sedemi, Control, production plant, production process.

# 1. Introducción

---

El mundo de hoy la calidad de los productos es primordial en el sector de la infraestructura, debido a que los clientes de la organización buscan productos de calidad en el menor tiempo es necesario contar con un sistema que asegure y controle la misma [1]. La calidad para la empresa Sedemi S.C.C es una promesa de valor al cliente externo e interno, siendo la misma de gran importancia y complejidad como estrategia del negocio. Actualmente la calidad ha tomado un papel fundamental como requisito para los clientes en específico en la industria del acero, ya que, si una estructura presenta un fallo, este puede ocasionar un accidente en el que se pueden perder vidas humanas [1], es por eso que la empresa toma como prioridad entregar los productos con la calidad para garantizar la satisfacción de los clientes.

El departamento de abastecimientos de la empresa Sedemi S.C.C, elabora los productos que forman parte de las estructuras, se realizan los procesos de corte térmico (oxicorte y plasma), biselado, perforación y doblado de elementos que conforman los perfiles para elaborar las columnas y vigas, que son componentes principales de las estructuras de metal de los proyectos en los que participa la organización. Contar con un sistema que asegura la calidad de los productos desde la calificación del personal que los fabrica hasta la liberación de los elementos para posterior entrega a los clientes internos, ayuda no solo a garantizar la satisfacción de los clientes sino reduce sobrecostos en el producto terminado y por consecuencia ayuda a incrementar la productividad.

## 2. Determinación del Problema

---

El presente trabajo se realiza con la finalidad de recopilar los requisitos necesarios para implementar un sistema de control de calidad en los procesos del departamento de abastecimiento en la empresa Sedemi S.C.C. Específicamente en los procesos de corte térmico, perforación, biselado y doblado de planchas de acero A36.

El aseguramiento y control de la calidad en los procesos es una promesa de valor al cliente, ya que al tratarse de elementos nivel 1, que posteriormente van a formar las estructuras deben cumplir con los requisitos necesarios para evitar fallos o reprocesos al siguiente proceso. A través del tiempo la empresa ha ido adquiriendo maquinaria que minimiza el error humano, pero sin la existencia de una metodología basada en normativa aplicable para el control de los procesos en tres fases específicas que inicia en recepción de la materia prima, durante la operación y después de que los elementos se encuentran procesados al liberar los mismos para la aceptación del cliente interno.

El proceso de abastecimiento es el primer eslabón de la cadena de valor de la organización, y por ende sin una materia prima que cumpla con las características requeridas el resultado no estará de acuerdo a las necesidades de los clientes, es decir; desde ese punto se requiere la especificación de los materiales para obtener productos de calidad, en el durante se debe establecer el control que se tiene en la operación, es decir los parámetros de la maquinaria deben encontrarse bien definidos para obtener el producto deseado. Y el control en sí de la calidad que se da cuando se finaliza la operación y los elementos se encuentran listos para la entrega, la verificación del cumplimiento de los planos entregados, de acuerdo a las tolerancias establecidas por las normativas necesarias.

## 2.1 Objetivo general

Proponer un sistema de control de calidad en los procesos de corte, perforación, biselado y doblado de planchas para la configuración de perfiles de acero estructural A36 en la empresa Sedemi S.C.C.

### 2.1.1 Objetivos Específicos

Se establecen los siguientes objetivos específicos en nuestro presente caso de estudio ya que los mismos permiten establecer una solución al problema actual y permanente en el área de abastecimientos de la empresa Sedemi S.C.C.

- Determinar las falencias existentes en el aseguramiento y control de calidad de los procesos definidos a través de la recopilación de datos del proceso actual.
- Analizar las normas aplicadas en cada proceso de manufactura para el establecimiento de variables de control.
- Establecer un método para el aseguramiento y control de calidad durante todas las etapas de los procesos.
- Estimar el costo beneficio de la implementación del sistema de control de calidad en los procesos establecidos.

## 3. Marco teórico referencial

### 3.1 Análisis de la situación inicial

Sedemi S.C.C se encuentra dividida por departamentos de producción, como se determina en la figura 1, son aquellos eslabones de la cadena productiva. El departamento de abastecimiento tiene como proveedor al departamento de Ingeniería de detalle, la entrada del proceso son los planos de taller, y como resultado del proceso de abastecimiento el departamento que es cliente interno es Armado y Soldadura.

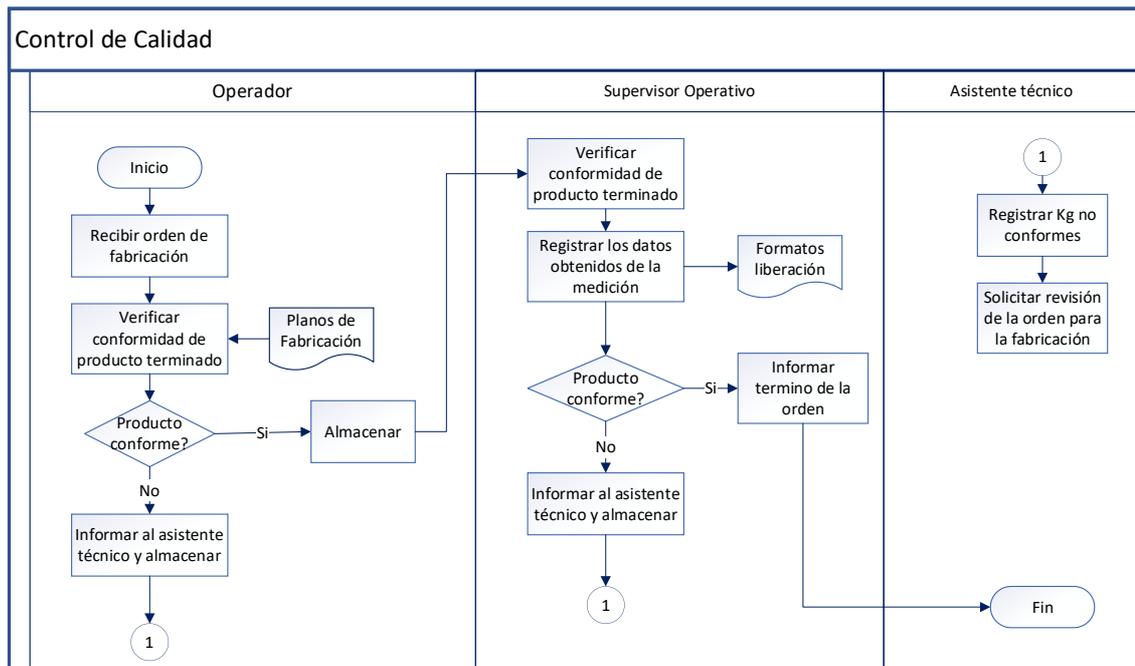


**Figura 1.** Flujo de procesos de la Unidad de operaciones de la empresa Sedemi S.C.C

#### 3.1.1 Proceso de control de calidad actual

verificación de parámetros como longitud, diámetros de perforación, ángulos de bisel y curvatura del alma por parte del operador del 10 % del producto terminado, indicados en los planos de fabricación suministrados por el cliente interno (Departamento Ingeniería de detalle).

Los productos aprobados son registrados en los formatos de liberación y los no conformes son reportados al asistente técnico para su reproceso y almacenamiento. Se evidencia que no existe un etiquetado de identificación, área de almacenamiento y evacuación del producto no conforme en la planta. El diagrama de este proceso se puede ver en la figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de flujo Proceso de control de calidad

En la tabla 1 se presenta un resumen de los procesos, tolerancia actual, norma aplicada y porcentaje de tamaño de muestra aplicados.

**Tabla 1.** Resumen estado actual procesos

Proceso	Tamaño de muestra	Tolerancia actual	Norma aplicada	Registro de producto conforme	Registro de producto No conforme del Proceso
Corte	10 %	± 2 mm	X	Existente	No existe
Perforación	10%	± 2 mm	X	Existente	No existe
Plegado	10%	± 2 mm	X	Existente	No existe
Biselado	10%	+8°, -8°	D1.1 AWS	No existe	No existe

El tamaño de muestra se determina para las operaciones de la tabla 1 como el 10% de la orden de fabricación con base a la experiencia adquirida en la planta.

Los procesos de corte, perforación y plegado tienen formatos de liberación de acuerdo al anexo 1.

### 3.1.2 Equipos disponibles

La planta Sedemi ha realizado una gran inversión en diferentes equipos y herramientas con la finalidad de brindar calidad y reducir los tiempos de operación de las diferentes áreas, mejorando así la productividad de la misma y cumpliendo altos estándares de calidad al menor costo.

Actualmente la planta de producción se distribuye en diferentes áreas de trabajo, los diferentes procesos como corte, perforado, doblado y biselado se realizan en el área de abastecimiento y dispone de diferentes máquinas que permiten y facilitan el trabajo a desarrollar.

#### 3.1.2.1 Equipos de corte térmico

El departamento de abastecimiento posee tres máquinas de corte en térmico, las capacidades generales de las mismas están descritas en la tabla 2, 3 y 4.

**Tabla 2.** Corte térmico capacidad máquina 1

	Espesor		Largo		Ancho	
	MIN (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)
<b>Plasma</b>	3	80	40	24000	10	3150
<b>Oxicorte</b>	6	200	100	24000	100	3150

**Tabla 3.** Corte térmico capacidad máquina 2

	Espesor		Largo		Ancho	
	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)
<b>Plasma</b>	3	64	100	12000	100	2500
<b>Oxicorte</b>	6	100	100	12000	100	2500

**Tabla 4.** Corte térmico capacidad máquina 3

	Espesor		Largo		Ancho	
	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)
<b>Plasma</b>	3	64	100	12000	100	2500
<b>Oxicorte</b>	6	100	100	12000	100	2500

Las máquinas descritas en las tablas 2, 3 y 4. procesan todo tipo de acero, sin embargo, en Sedemi procesa A572 Grado 50 y A36.

### 3.1.2.2 Equipos de perforado

El departamento de abastecimiento cuenta con dos taladros para planchas, su capacidad se muestra en las tablas 5 y 6 respectivamente.

**Tabla 5.** Perforación capacidad máquina 1

	Diámetro	
	Min. (mm)	Máx. (mm)
Perforaciones de Taladro	12	34
Número de cabezales	2	

**Tabla 6.** Perforación capacidad máquina 2

	Diámetro		Ancho	
	Min. (mm)	Máx. (mm)	Min. (mm)	Máx. (mm)
Perforaciones de Taladro	12,5	32	100	1000
Número de cabezales	1			

Las máquinas descritas en las tablas 5 y 6 procesan todo tipo de acero, sin embargo, en Sedemi procesa A572 Grado 50 y A36.

### 3.1.2.3 Equipos de doblado

La planta posee un equipo para el plegado de los elementos, es decir a partir de las planchas cortadas la máquina se encarga de plegar los elementos para formar los diferentes perfiles que son utilizados por el proceso posterior de armado y soldadura, la capacidad de la máquina se detalla en la tabla 7.

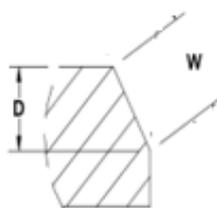
**Tabla 7.** Doblado capacidad máquina.

	Espesor		Largo		Ancho	
	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)	Min (mm)	Máx. (mm)
<b>Plegado</b>	0,8	15	100	6100	4	1000

De igual manera que en las otras máquinas los aceros que más se realiza el proceso de plegado son el A572 Grado 50 y el A36. Para un diferente espesor se debe calcular los espesores máximos y mínimos. La fuerza por metro de la máquina es de 80 Kg/m.

### 3.1.2.4 Equipos de biselado

Las máquinas que posee el departamento de abastecimientos son 2, detalladas en las tablas 8, en la figura 3 se observa las diferentes variables consideradas para el proceso de biselado. Las capacidades de la máquina 1 es considera para el acero A36.



**Figura 3.** Codificación de especificaciones del Bisel

**Tabla 8.** Biselado capacidad máquina

Ángulo Bisel (°)	Ancho W (mm)	Prof. D(mm)
22,5	28	25,9
30	28	24,2
37,5	27	21,4
45	26	18,4
55	25	14,3

### 3.1.3 Instrumentos de Medición

Los operadores y supervisores realizan la verificación con los siguientes instrumentos:

- Flexómetro.
- Galga AWS.
- Goniómetro.

Los instrumentos de medición son controlados por el departamento de aseguramiento y control de calidad, mismo que registra la fecha de entrega, condición y persona asignada para su uso. La frecuencia de calibración de todos los instrumentos es de 365 días.

La gestión de calibración, verificación de su estado físico y comprobación de su buen uso, así mismo el desecho de los instrumentos que no cumplan con lo requerido para ser utilizados en el proceso de liberación es contralado por este departamento.

El registro diario del estado físico de los instrumentos de medición se detalla en la tabla 9 y describe las características que este departamento revisa al momento de realizar su control.

**Tabla 9.** Control físico instrumentos de medición.

Característica física del dispositivo	Detalle	Imagen o Ilustración
Estado cuerpo del dispositivo	Aplica a la carcasa o cuerpo del equipo de medición, ya sea que este roto, aplastado, quemado, falta de piezas, entre otros similares.	
Apreciación numérica	Aplica a la visibilidad de la numeración en equipos de medición manuales que dispongan de este parámetro.	
Estado cinta métrica	Cuando se encuentra cintas métricas rotas, dobladas, quemadas, entre otros similares.	
Estado seguro	Aplica al seguro que sujeta la cinta métrica del flexómetro, se considerará en estado malo si el seguro está roto y no sujeta la cinta métrica.	

### 3.1.4 Costo Producto no conforme

El histórico de productos no conformes reportados desde el año 2019 hasta el mes de junio del año 2022, se muestra en la tabla 10, el registro de los kg de producto no conforme sin discriminar los defectos provocados en cada operación.

**Tabla 10.** Costo histórico producto no conforme

Año	Kg Fabricados	Kg No conformes	% No Conforme	USD/Kg	Costo Total No Producto Conforme (USD)
2019	11321135,8	294.349,53	2,6	0,08	23.028,96
2020	5777939,15	184.894,05	3,2	0,14	26.133,56
2021	7914824,47	348.252,28	4,4	0,16	54.935,85
2022	6582530,20	283.048,80	4,3	0,16	44.427,75

Como se observa en la tabla 10, existe un incremento en los últimos 4 años del 2,6 % al 4,3 % anual, sin considerar el último semestre del año 2022. Se han generado planes de acción globales más no planes destinados a mitigar la causa raíz de las no conformidades específicas para cada proceso.

## 3.2 El Acero y su aplicación

EL acero es una aleación de hierro con un contenido máximo de carbono de 2.11 % entre otros elementos como Cromo, Azufre, Cobre, Fosforo, Tungsteno, Níquel, entre otros para mejorar las propiedades mecánicas del mismo, cuando el porcentaje de carbono es mayor que el 2.11 % se consideran fundición de hierro.

### 3.2.1 EL Acero A36 como material estructural

EL acero A36 tiene aplicaciones casi ilimitadas en el ámbito de la construcción y la infraestructura moderna desde pequeños pórticos hasta grandes edificios o puentes, el mismo para su utilización incluye diferentes perfiles como son tipo I, L, T, C, H entre otros de diseño propio para su utilización.

En la Tabla 11 y Tabla 12 Mangonon [2], presenta las diferentes propiedades mecánicas y químicas del acero A36, evidenciando así la importancia de su uso en la industria de construcción moderna.

**Tabla 11.** Propiedades químicas del acero A36

Composición química							
Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu	Espesor
ASTM A36	0.26	0.4	s/d	0.04	0.05	0.2	<20 mm
	0.27	0.4	0.6-0.9	0.04	0.05	0.2	20 a 40 mm
	0.27	0.4	0.6-0.9	0.04	0.05	0.2	40 a 65 mm
	0.28	0.4	0.6-0.91	0.04	0.05	0.2	65 a 100 mm
	0.29	0.4	0.6-0.92	0.04	0.05	0.2	>100 mm

**Tabla 12.** Propiedades mecánicas del acero A36

Propiedades mecánicas		Notas
Resistencia tracción [MPa]	400-550	Placas, barras
Limite elástico MPa	250	Espesor < 200 [mm]
Elongación %	20 -23	Placas, barras 200 [mm]
Dureza Brinell [HBW]	119-162	--
Módulo elasticidad [GPa]	200	--
Prueba de impacto Charpy	27	--
Módulo de corte [GPa]	79.3	--
Fy [límite de fluencia]	250	--

### 3.3 Soldadura

Se define según la sociedad americana de soldadura como [3]“una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) de metales o no metales producida mediante el calentamiento de

los materiales a las temperaturas de soldadura requeridas, con o sin la aplicación de presión o mediante la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aportación.”

La tabla 13 AWS [3], indica la versatilidad de las posiciones de soldeo existentes para los diferentes tipos de procesos de soldadura y juntas de soldadura.

**Tabla 13.** Procesos de soldadura, posiciones y tipos de ranura

Proceso de soldeo	Posición de soldeo (plana, horizontal, vertical, sobre cabeza)	Tipo de ranura
SMAW	Todas	Ranura J o bisel 60
GMAW, FCAW	Todas	Ranura J o bisel 60
SAW	Plana	Ranura J o bisel 60
GMAW, FCAW	Plana, horizontal	Bisel 45
SMAW	Todas	Bisel 45
GMAW, FCAW	Vertical, sobre cabeza	Bisel 45

### 3.4 Control de calidad

Las empresas de transformación, es decir las empresas manufactureras en la actualidad cuentan con una herramienta llamada control de calidad de los procesos. La misma es indispensable en toda organización que tenga como misión entregar los productos con la calidad necesaria, basados en especificaciones definidas según el giro de negocio [4]. El control de calidad tiene como objetivo principal eliminar el sobre costo que se da por los reprocesos, en conclusión, el control de calidad está relacionada en forma directa con la optimización de procesos. El control de calidad a través del tiempo ha evolucionado a fases del proceso para evitar fallos en los productos finales, estas fases son el antes, durante y después en los procesos claves de las empresas manufactureras [5].

### 3.4.1 Repetibilidad y reproducibilidad

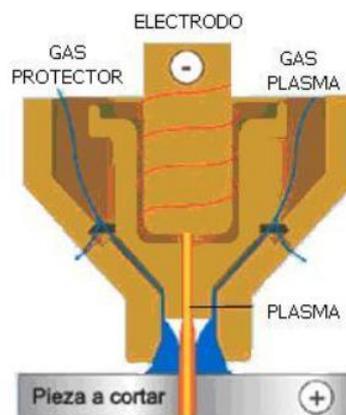
En procesos productivos los programas de mejoramiento de los sistemas de calidad requieren contar con métodos de medición confiable, los ensayos y mediciones deben ser reproducibles ya que sus resultados están sujetos a incertidumbre [6].

Los resultados de ensayo se analizan con la relación entre reproducibilidad y repetibilidad y se determinan por:

- Cuando la relación es menor del 10% el sistema se aprueba
- Cuando la relación es entre el 10% y el 30% el proceso de medición se acepta de manera condicional y temporal recomendando la mejora.
- Cuando este índice es superior al 30%, el sistema de medición no es aceptable y es necesario mejorar tanto en equipo, las condiciones, el operador [6].

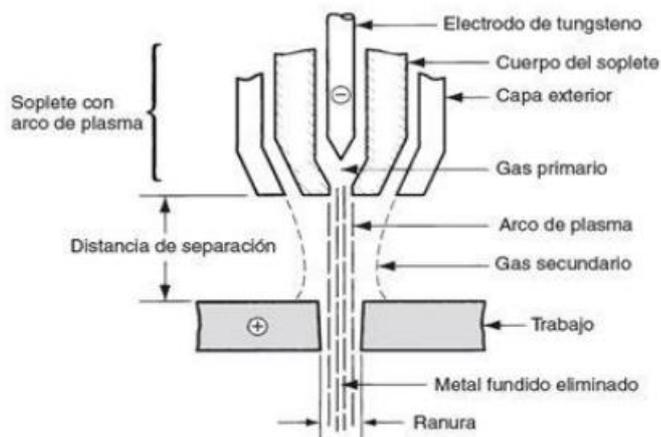
### 3.5 Corte por plasma

El corte por plasma ver figura 4, es la obtención de una condición ionizada de un gas, generando un calentamiento al material base de 10 000 a 14 000 ° C de una manera localizada y controlada. El chorro de gas generado permite la fundición o corte del material [7].



**Figura 4.** Proceso de corte por plasma [8]

Los componentes de la antorcha son los que se pueden apreciar en la figura 5 [9] , el cátodo es el electrodo que se encuentra dentro de la antorcha y el ánodo es el material base a ser cortado. El gas utilizado en el proceso es oxígeno.



**Figura 5.** Componentes de la antorcha de plasma [10]

La aplicación del corte por plasma puede ser desde corte, perforación y biselado de planchas de acero. Las variables que determinan una calidad de corte son la velocidad de avance y la distancia de antorcha a la mesa. El tipo de acero que puede cortar son aceros al carbono, acero inoxidable y aluminio [9].

### 3.6 Oxicorte

El proceso de oxicorte aprovecha en ciertos gases el calor de combustión combinándolo con una reacción exotérmica del oxígeno con el metal base, utiliza un soplete que mezcla oxígeno y gas de combustible en las cantidades correctas y permite dirigirlos a la sección de trabajo a cortar [10].

El punto de ignición se da en el metal por la aplicación de temperatura y se suministra el oxígeno a presión, este proceso genera una mayor velocidad de oxidación que la que se da en el ambiente de manera natural [8] . En la aplicación industrial una de las principales desventajas del proceso de oxicorte es la velocidad, ya que relacionada con el proceso de corte por plasma es 3 a 1, para compensar el tiempo de proceso las empresas han decidido adquirir máquinas con varias

antorchas de oxicorte con el objetivo de mejorar el tiempo de respuesta, ya que la ventaja principal es su bajo costo [8].

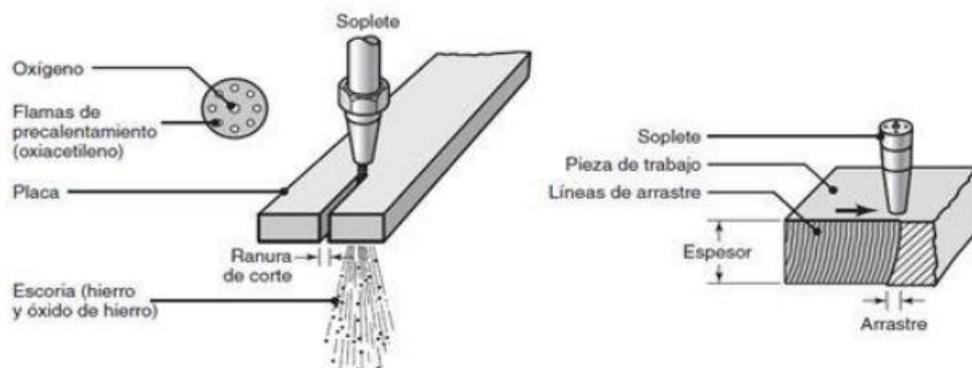


Figura 6. Proceso de oxicorte [10]

### 3.7 Plegado

El proceso de doblado del acero ver figura 7, es uno de los más utilizados por la industria para conformar cajones, vigas, canales y ángulos.

El plegado consiste en comprimir la parte interior de la plancha, entre las caras existe un plano intermedio que no se ve afectado por la compresión producida por el proceso llamado plano neutro. La compresión de la plancha es mayor a su resistencia de tracción, esta fuerza ejercida sobre la plancha deforma de manera indeleble el exterior de la misma como se observa en la figura 11.

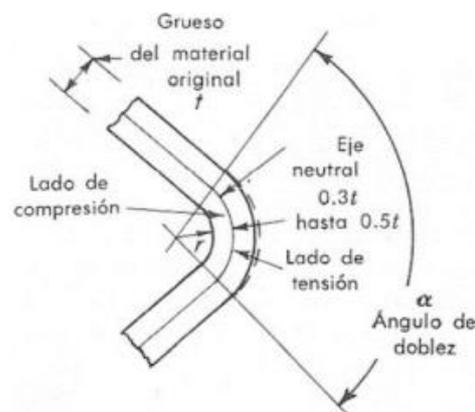
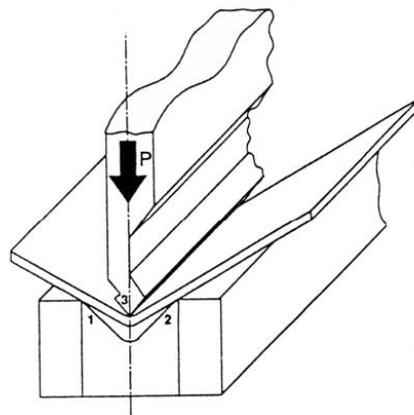


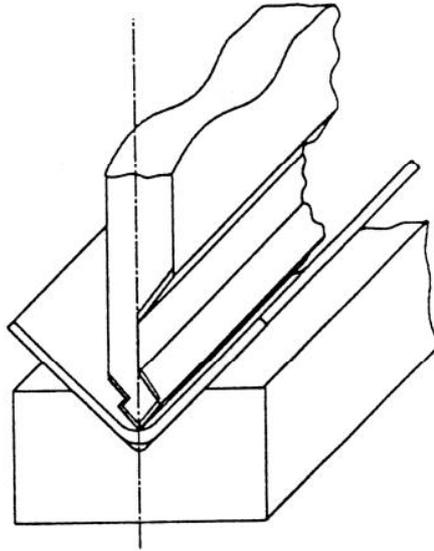
Figura 7. Naturaleza de un doblado metálico [11]

Existen dos tipos de plegado al aire y a fondo. El proceso al aire también llamado libre, tiene una utilización amplia, ya que este permite obtener ángulos diferentes con la misma herramienta al variar simplemente la profundidad. Utiliza el efecto de flexión simple que se genera al contacto del metal con las herramientas en las líneas 1 y 2, y a lo largo de la línea 3 de acuerdo a la figura 8, obteniendo así la deformación deseada, durante el proceso el metal conserva parte de su elasticidad [12].



**Figura 8.** Proceso de plegado al aire [12]

El plegado a fondo consiste en que la plancha es empujada por el punzón hacia el fondo de la matriz tomado así la forma del herramental y así se reduce el retorno elástico por la fuerza aplicada de acuerdo a la figura 9. [12]



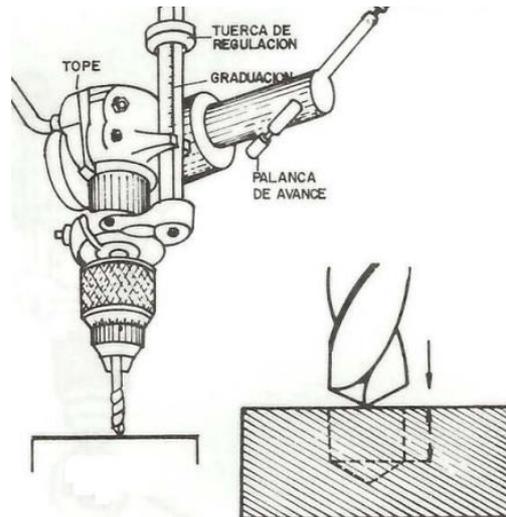
**Figura 9.** Plegado a fondo [12]

## 3.8 Perforado

Se define como la eliminación de material en la sección determinada por una herramienta utilizada; los principales procesos son: punzonado y taladrado.

### 3.8.1 Método de taladrado

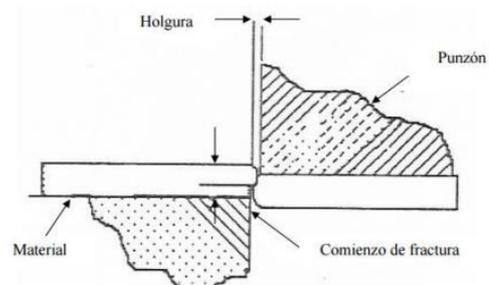
Se define el taladrado como un proceso destinado a realizar agujeros [13], un ejemplo se muestra en la figura 10, se utiliza una broca de acero que gira a gran velocidad y con geometría helicoidal que le permite arrancar material y penetrar en el metal, obteniendo así un agujero con el mismo diámetro de la broca utilizada, con este método se pueden obtener agujeros de gran exactitud y excelente acabado superficial ya que la broca por su geometría saca gradualmente el material de residuo, razón por la cual este es uno de los métodos más utilizados y aceptados en el ámbito industrial [13].



**Figura 10.** Proceso de perforación por taladro [14]

### 3.8.2 Punzonado

En este proceso de perforación ver en la figura 11, se utiliza una matriz y un punzón, los agujeros se generan debido a la diferencia de diámetro entre estas, el punzón penetra en el material generando grietas en los bordes de contacto por la alta concentración de esfuerzos en esta zona, mientras las grietas avanzan se produce la fractura provocando la expulsión del material [15]. En este método el material es afectado por la concentración de esfuerzos, razón por la cual es mucho más invasivo que el taladrado, por tal motivo se recomienda su uso en planchas de espesores menores a 3 mm.



**Figura 11.** Proceso de perforado por medio de punzón [16]

### 3.9 Biselado

Es una operación mecánica por arranque de viruta según nos muestra la figura 12 para realizar cortes oblicuos en los bordes de una pieza de trabajo mediante un disco de desbaste denominado “Diamante”. Se caracteriza por ser un proceso de corte sin aporte de calor [3].



**Figura 12.** Proceso de biselado [17]

### 3.10 Definición de tamaño de muestra

El tamaño de muestra es el proceso de la selección de una cantidad determinada representativa de trabajos de corte, biselado, perforado y doblado realizados en el departamento de abastecimiento en la empresa Sedemi S.C.C, se define un plan de muestreo según la norma NTE INEN ISO 2859-12009.

## 4. Materiales y metodología

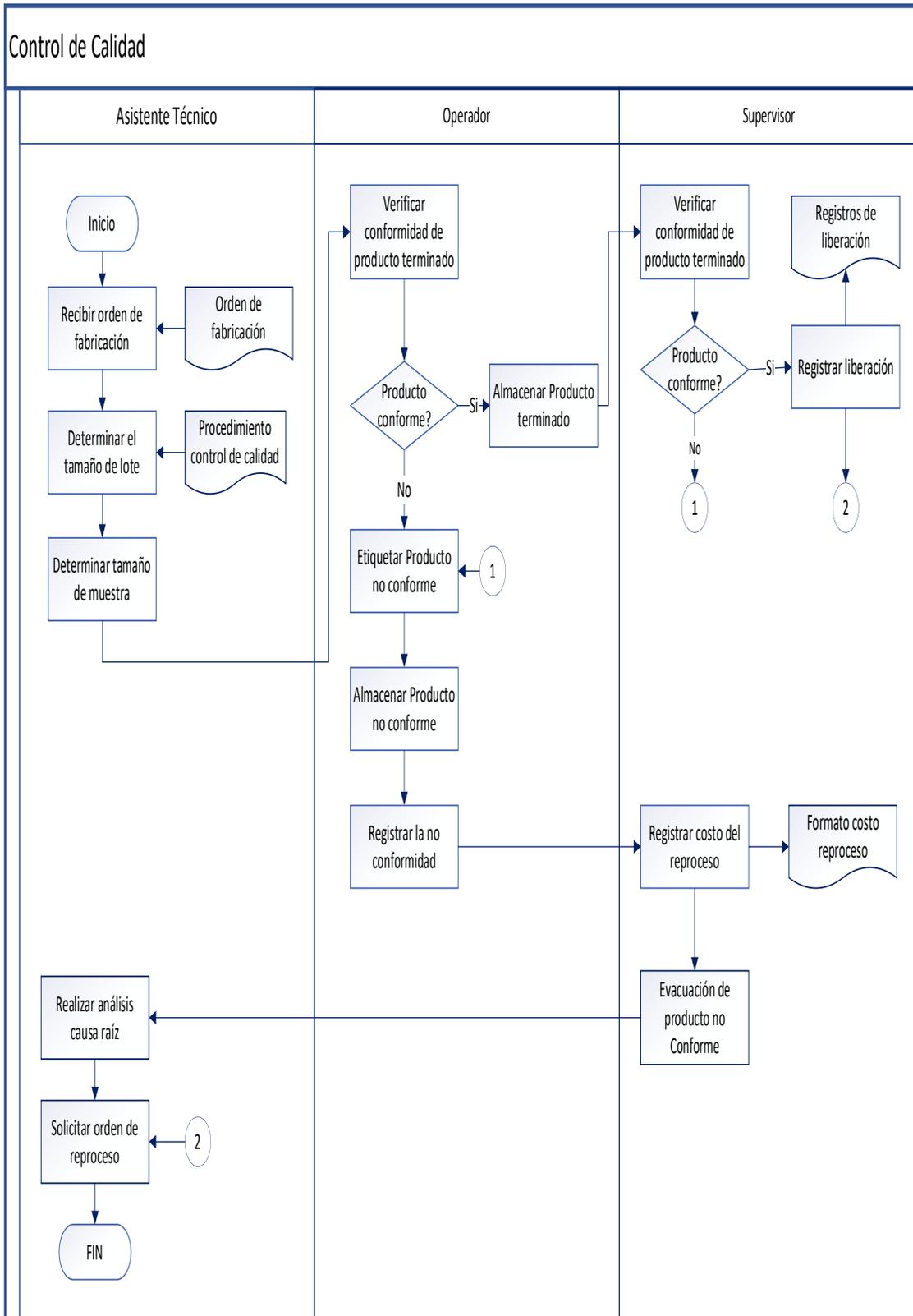
---

### 4.1. Proceso de control de calidad

En base a la información recopilada, establecimiento de tolerancias según a la normativa vigente para cada proceso y la selección del tamaño adecuado de la muestra, se realiza un procedimiento de control de calidad por cada proceso con el fin de estandarizar el método, evitar posibles errores y establecer las tolerancias.

Se ha determinado objetivo, alcance, responsabilidades, tamaño de muestra, tolerancias, equipos de medición, control de elementos y sus respectivos registros de liberación como parte del procedimiento de control de calidad.

La figura 13 muestra el proceso estándar de control de calidad para corte térmico, perforación, biselado y plegado.



**Figura 13.** Proceso propuesto control de calidad

La caracterización del proceso de control de calidad muestra las entradas, salidas, controles y recursos, la figura 14 determina las mismas en el proceso propuesto.

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO													
<b>Proceso</b>	Control de Calidad			<b>Alcance</b>	Desde la recepción de la orden de fabricación para la determinación del tamaño de muestra hasta el etiquetado y evacuación del producto no conforme.								
<b>Responsable del proceso</b>	Coordinador			<b>Objetivo</b>	Reducir el % de no conformidad de los elementos para reducir el costo de fabricación y satisfacer a los clientes internos.								
<b>Indicadores</b>				<b>Controles</b>			<b>Registros</b>						
<b>Nombre</b>		<b>Frecuencia de análisis</b>		<b>Meta</b>									
Producto no conforme corte		Semanal		90%		Inspección y liberación corte-perforación de placas y flejes							
Producto no conforme perforación		Semanal		90%		Inspección y liberación: corte- perforación-doble-despunte de placas y flejes							
Producto no conforme plegado		Semanal		90%		Matriz producto no conforme							
Producto no conforme biselado		Semanal		90%		Registro costo de reproceso							
				NT ISO 9013: 2017									
				NT INEN 1623:2013									
				NT AWS D1.1.									
				NT AISC 360-16									
				NTE INEN ISO 2859-12009									
*NT: Norma técnica													
<b>Descripción de Entradas</b>				<b>Proveedor</b>	<b>Responsable del área</b>	<b>Documentos y Registros</b>	<b>P H V A</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Descripción de Salidas</b>	<b>Cliente</b>	<b>Responsable de la salida</b>	<b>Documentos y Registros</b>
<b>Entradas requeridas por el proceso</b>	Planos de Ingeniería	Ingeniería de detalle	Coordinador Ingeniería	FOR ING 02 (Planos de taller)		H	Recibir Orden de fabricación	Asistente técnico	Producto terminado conforme	Armado y soldadura	Supervisor	Entrega recepción	
	Orden de fabricación	Ingeniería de detalle	Coordinador Ingeniería	- Lote para corte y perforación - Lote plegado y biselado		H	Determinar el tamaño del lote	Asistente técnico	Producto terminado no conforme	NA	Asistente técnico	Etiqueta producto no conforme	
	Tamaño de muestra	Abastecimiento	Coordinador de abastecimiento	- Procedimiento control de calidad corte y perforación		H	Determinar el tamaño de muestra	Asistente técnico	Liberaciones	Control de calidad	Supervisor	Liberación procesos: corte, perforación, biselado,	
	Tamaño de muestra	Abastecimiento	Coordinador de abastecimiento	- Procedimiento control de calidad plegado		V	Verificar Conformidad de Piezas	Operador/Supervisor	Solicitud de orden de reproceso	NA	Asistente técnico	Solicitud de reproceso	
	Tamaño de muestra	Abastecimiento	Coordinador de abastecimiento	- Procedimiento control de calidad biselado		H	Almacenar Producto terminado	Operador					
						H	Etiquetar Producto no conforme	Operador					
						H	Almacenar Producto no conforme	Operador					
						H	Registro de no conformidad	Operador					
						H	Registrar costo reproceso	Supervisor					
						H	Evacuación de producto no Conforme	Supervisor					
						A	Realizar análisis causa raíz	Asistente técnico					
						H	Solicitar orden de reproceso	Asistente técnico					
<b>Recursos</b>													
<b>Talento Humano</b>				<b>Equipos</b>			<b>Físicos</b>						
Asistente técnico				Flexómetro			Espacio físico para almacenamiento producto no conforme						
Supervisor				Goniómetro									
Operador				Galga AWS									

Figura 14. Caracterización proceso control de calidad

## 4.2. Etiquetado y almacenamiento producto no conforme

Para una adecuada identificación del producto no conforme en la planta de producción se estableció un estándar de los posibles defectos en el producto terminado como se determina en la figura 15, haciendo que la identificación de la no conformidad sea específica por cada proceso.

**PRODUCTO NO CONFORME**

**Fecha :** \_\_\_\_\_ **Número** \_\_\_\_\_

**Proceso:** \_\_\_\_\_

**Identificado por :** \_\_\_\_\_

**Causas no conformidad**

<input type="checkbox"/>	Menores dimensiones a las nominales
<input type="checkbox"/>	Perforaciones con falta de diámetro
<input type="checkbox"/>	Error de ubicación en perforaciones
<input type="checkbox"/>	Cuadratura incorrecta de elementos
<input type="checkbox"/>	Error en la perpendicularidad de caras adyacent
<input type="checkbox"/>	Flecha lateral y adyacente fuera de tolerancia
<input type="checkbox"/>	Paralelismo de cara fuera de tolerancia
<input type="checkbox"/>	Curvatura del alma fuera de tolerancia
<input type="checkbox"/>	Bisel fuera de tolerancia
<input type="checkbox"/>	Bisel en cara contraria a la indicada

**Acción**

<input type="checkbox"/>	Desechar
<input type="checkbox"/>	Ingresar a la bodega MP

**Notas**

**Figura 15.** Formato etiqueta producto no conforme

Físicamente para el almacenamiento del producto no conforme tabla 14, se ha determinado un área que permitirá una separación del resto de producto terminado con el fin de evitar posibles errores o confusiones y una rápida identificación del producto fuera de especificaciones. Si la acción a tomar del elemento identificado como no conforme es desechar, los elementos deben colocarse en los contenedores de chatarra, sin embargo, si la acción a tomar es ingresar a bodega el elemento debe ser ingresado a bodega de materia prima para su posterior uso.

**Tabla 14.** Almacenamiento de producto no conforme

Proceso	Área designada
Corte y perforación	
Biselado	
Plegado	

Para el análisis en la causa raíz es necesario tener la compilación de información histórica en una matriz, con el objetivo de realizar un estudio profundo sobre los productos no conformes resultantes de las operaciones y análisis de la causa raíz de los mismos.

La información detallada a continuación es ingresada en la matriz establecida en el anexo 5, para obtener una base histórica de los reprocesos:

- Centro de trabajo: Conjunto de máquinas o máquina en la que se evidenció el producto no conforme.
- Proyecto: Número de proyecto determinado.
- OT: Orden de trabajo atado al proyecto.
- Cliente: nombre del cliente al que pertenece la orden.
- Fecha: Fecha en la que se ha identificado el producto no conforme.
- Tipo: listado de errores estandarizados
- Descripción: Descripción del hallazgo
- Identificado por: Departamento en el que se realizó el hallazgo de la no conformidad.
- Responsable: Encargado del centro de trabajo en el que se realizó el producto no conforme.
- Acciones: acciones correctivas a corto plazo para corregir el error.
- Tiempo: tiempo del reproceso.
- Cantidad: Cantidad de elementos no conformes
- Kg: peso de los elementos identificados como no conformes.

Identificada la no conformidad, registrados los datos en la matriz de producto no conforme se procede a realizar un análisis de costo de reproceso de acuerdo al formato presentado en la figura 16.

COSTOS DE REPROCESOS						
DATOS GENERALES						
PROYECTO		CLIENTE		TIPO DE REPROCESO		
ORDEN FABR.		SECCIÓN		C.T.		
DESCRIPCIÓN DEL REPROCESO						
FECHA INICIO		FECHA FIN		NRO. DÍAS		RESPONSABLE REPROCESO
KG:		Cantidad:		CÓDIGO		
ANÁLISIS DE COSTOS						
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HORAS	USD/HORA	TOTAL DÍAS	TOTAL (USD)	
ASISTENTE			9,32	0	0,00	
SUPERVISOR			7,53	0	0,00	
OPERARIO			6,28	0	0,00	
AYUDANTE			5,32	0	0,00	
				<b>TOTAL MO</b>	<b>0,00</b>	
MAQUINARIA Y CONSUMIBLES						
MÁQUINA	HORAS / DÍA		USD HORA/MAQ.	USD HR/CONSUMIBLES	TOTAL (USD)	
Cizalla Adira			7,58	2,78	0,00	
KF CORTE			13,06	14,47	0,00	
KF PERFORACIÓN			13,06	5,67	0,00	
Koike ARONSON			3,20	13,93	0,00	
Plegadora Adira			10,99	2,78	0,00	
TECOI-CORTE			13,33	14,47	0,00	
				<b>TOTAL INSUMOS</b>	<b>0,00</b>	
				<b>COSTO TOTAL</b>	<b>0,00</b>	
Elaborado por:			Revisado Por:			
_____			_____			

**Figura 16.** Formato de costeo de reprocesos

Una vez levantado el costo del reproceso se debe realizar el análisis de la causa y las acciones a tomar para su mejora de acuerdo al respectivo procedimiento definido por la organización mediante el sistema de control de calidad.

Los procedimientos que permanecerán en la organización con el objetivo de estandarizar el proceso de control de calidad propuesto se encuentran en el anexo 8.

### 4.3 Cálculo del tamaño de muestra

Para el presente estudio se define un tamaño de muestra en los diferentes procesos del área de abastecimiento, la norma NTE INEN ISO 2859-12009 brinda los parámetros de determinación de la misma.

La correcta definición del tamaño de muestra en el presente caso de estudio para cada proceso se detalla en la tabla 15, en base al tamaño de cada lote realizado en la planta SEDEMI SCC.,

**Tabla 15.** Código alfabético del tamaño de la muestra

Tamaño del lote	Niveles generales de inspección		
	1	2	3
2 a 18	A	A	B
9 a 15	A	B	C
16 a 25	B	C	D
26 a 50	C	D	E
51 a 90	C	E	F
91 a 150	D	F	G

La norma NTE INEN ISO 2859-12009 recomienda trabajar en los primeros tres niveles de inspección general, en el presente caso de estudio se trabajará en el nivel I ya que no se requiere mayor discriminación.

#### 4.3.1 Definición del tamaño del lote

La cantidad de elementos que se fabrican en el proceso de corte, es de aproximadamente 2500 unidades diarias en 3 máquinas y cada elemento fabricado

posee características diferentes, es decir la producción es bajo pedido y se realiza de acuerdo a los planos de fabricación y diseño de cada proyecto.

Los procesos del departamento de abastecimiento son diferentes; tanto en la normativa como en sus actividades, por lo que para realizar la liberación adecuada de los elementos se ha determinado el siguiente método para la determinación del lote a verificar la conformidad.

#### 4.3.1.1 Determinación de lote corte térmico y perforación

Para el proceso de corte térmico y perforación, el departamento de abastecimiento crea un archivo de extensión dxf, generado a través del software de optimización LANTEK, el programa de corte es cargado directamente a la máquina. Obteniendo así la optimización y aprovechamiento de la materia prima, en una misma plancha se pueden mezclar varios proyectos pertenecientes a órdenes diferentes de fabricación. En documento CNC como se muestra en el anexo 1, indica cómo van las piezas distribuidas en la plancha, por lo que se considera para el proceso de corte y perforación como el lote a procesar.

Una vez determinado el tamaño de lote se verifica en la norma NTE INEN ISO 2859-12009 la tabla 1, indicada en el anexo 2, determina de código alfa numérico del lote con letras como A, B, C, D, E, F, G, H respectivamente dependiendo del número de elementos el lote seleccionado.

#### 4.3.1.2 Determinación de lote plegado y biselado

Las ordenes de fabricación vienen desde la ingeniería detalladas en el anexo 4, en donde se establece que cada elemento tiene diferentes características por lo que la liberación debe hacerse por cada orden de fabricación, determinando como lote a el número total de elemento de cada orden de fabricación, de la misma forma se asignará un código alfanumérico al lote y en base al mismo se establece el número de tamaño de muestra el anexo 2.

## 4.4 Determinación del AQL

Dada la información histórica de no conformidades en el departamento de abastecimiento como se estableció en el análisis de la situación inicial tabla 1, de manera general se ha obtenido que el 4% de la producción es no conforme, por lo que se establece para iniciar un AQL (productos no conformes por cada 100 unidades) de 4 [18]. Al tener 5 lotes consecutivos no cumplan las especificaciones se debe realizar un análisis del porcentaje de producto no conforme y se establecerá un nuevo AQL.

En la tabla 16 se presenta el tamaño de muestra establecido de acuerdo al lote a examinar.

**Tabla 16.** Tamaño de muestra

Letra código	Tamaño de la muestra
A	2
B	3
C	5
D	8
E	13
F	20
G	32
H	50
J	80
K	125
L	200
M	315
N	500
P	800
Q	1250
R	2000

## 4.5 Análisis de repetibilidad y reproducibilidad en proceso de medición en planta de abastecimiento Sedemi SCC

Se presenta un análisis de repetibilidad y reproducibilidad en el área de abastecimiento de la planta con el fin de asegurar la calidad en los procesos de corte, perforación, doblado y biselado [6].

- Definir las características metrológicas
  - Límite de medición de flexómetro 5000 mm
  - Valor de división 1 mm
  - Pieza a medir posee dimensión de 3300 mm con tolerancia de +/-1
  - La medición se lleva a cabo en planta ubicada en Sangolquí:  
Temperatura promedio de 18 C // Humedad relativa de 65%.
  
- Se realiza la toma de datos de 3 operadores, los mismos realizarán 2 mediciones de cada elemento con un flexómetro, las medidas específicas del mismo son 3300 mm y se registra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Valores de mediciones

Pieza	Operador X		Operador Y		Operador Z	
	Serie I	Serie II	Serie I	Serie I	Serie II	Serie I
1	3302	3300	3300	3302	3300	3300
2	3300	3300	3298	3300	3302	3301
3	3301	3302	3300	3302	3301	3303
4	3303	3301	3299	3298	3300	3300
5	3300	3300	3301	3300	3299	3300
6	3298	3299	3300	3302	3298	3298
7	3300	3302	3300	3298	3300	3300
8	3299	3298	3302	3300	3302	3299
9	3301	3300	3301	3301	3301	3301
10	3300	3301	3300	3300	3300	3300

- Se procede al cálculo de rango (R) para cada operador y sus resultados se determinan en la tabla 18.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

**Tabla 18.** R cada operador

	Operador X	Operador Y	Operador Z
	Ra	Rb	Rc
1	2	2	0
2	0	2	1
3	1	2	2
4	2	1	0
5	0	1	1
6	1	2	0
7	2	2	0
8	1	2	3
9	1	0	0
10	1	0	0

- Definición de R promedio de cada operador Rprom (promedio de Ra, Rb, Rc) de acuerdo los resultados según la tabla 19.

**Tabla 19.** Rprom1 de cada operador

	Operador X	Operador Y	Operador Z
Rprom1	1.1	1.4	0.7

- Se define el Rp promedio de los 3 operadores

$$R_p = 1.06$$

- Con ayuda de la tabla 20 donde se definen los parámetros constantes K1, K2 y se determina el porcentaje de repetibilidad (d) utilizando la ecuación 2.

$$d = \frac{k_1 * R_p}{100} * 100 \quad Ec. 2$$

$$d = 4.8655$$

**Tabla 20.** Valores constantes K1 y K2

Numero de mediciones	2	3	4	5
K1	4.56	3.05	2.5	2.21
Número de operadores	2	3	4	5
K2	3.65	2.7	2.3	2.08

- Se define la medición promedio de cada operado y se obtiene la diferencia promedio entre el de mayor valor y el de menor valor y se presenta en la tabla 21.

**Tabla 21.** Medición promedio

Operador A	Operador B	Operador C
3300.35	3300.2	3300.25
Xp		0.15

- Cálculo de porcentaje de reproducibilidad mediante la ecuación 3

$$\%Rc = \frac{\sqrt{(K2 * Xp)^2 - \frac{(K1 * Rp)^2}{20}}}{100} * 100 \quad Ec3$$

$$\%Rc = \frac{\sqrt{0.28 + 1.18}}{100} * 100$$

$$\%Rc = 1.20$$

- El porcentaje R&R (relación entre repetibilidad y reproducibilidad), definido como la raíz de la suma de sus cuadrados de porcentaje de repetibilidad y reproducibilidad.

$$\%R\&R = \sqrt{(23.66 + 1.46)}$$

$$\%R\&R = 5,01$$

En la interpretación de resultados el porcentaje R&R menor del 10% entonces el sistema de medición es aceptable.

Actualmente la planta no maneja el análisis R&R, razón por la cual se establecerá como parte del sistema de control de calidad de manera trimestral con el personal de contrato indefinido, y a cada operador nuevo el día de su ingreso al área de abastecimiento.

## 4.6 Selección las normas aplicadas en cada proceso de manufactura para el establecimiento de variables de control

Se realiza la recopilación de normas para los diferentes procesos: corte térmico, perforación, plegado y biselado.

### 4.6.1 Proceso de Corte

La selección de la normativa técnica con las que se debe controlar el proceso de corte térmico se ha definido como guía la norma ISO 9013: 2017 [7], en donde se especifica la tolerancia de acuerdo al proceso corte en caliente que se va a utilizar, como se detalla en la situación inicial el proceso de corte en térmico que el área de abastecimiento usa con mayor frecuencia es el corte por plasma por lo que según la especificación se ha determinado la tolerancia en la tabla 22 [7] .

**Tabla 22.** Desviaciones límite para la clase de tolerancia de las dimensiones nominales clase 2

Espesor de la pieza de trabajo	Dimensiones en milímetros						
	Dimensiones Nominales						
	≥35 to <125	≥125 to <315	≥315 to <1000	≥1000 to <2000	≥2000 to <4000	≥4000 to <6000	≥6000 to <8000
	Derivaciones limites						
>0 to ≤1	±0,7	±0,7	±0,8	±0,9	±0,9	-	.
>1 to ≤3,15	±0,7	±0,8	±0,9	±1	±1,1	±1,4	±1,4
>3,15 to ≤6,3	±0,9	±1,1	±1,2	±1,3	±1,3	±1,6	±1,6
>6,3 to ≤10	±1,1	±1,4	±1,5	±1,6	±1,7	±1,9	±2
>10 to ≤15	±1,8	±1,9	±2,3	±3	±4,2	±4,3	±4,5
>15 to ≤20	±1,8	±1,9	±2,3	±3	±4,2	±4,3	±4,5
>20 to ≤25	±1,8	±1,9	±2,3	±3	±4,2	±4,3	±4,5
>25 to ≤32	±1,8	±1,9	±2,3	±3	±4,2	±4,3	±4,5
>32 to ≤50	±1,8	±1,9	±2,3	±3	±4,2	±4,3	±4,5
>50 to ≤100	±2,5	±2,6	±3	±3,7	±4,9	±5,3	±5,6

Dada la naturaleza del proceso de corte, de acuerdo a la tabla 21, se obtiene las tolerancias, sin embargo, para el cliente interno del departamento de abastecimientos, la tolerancia especificada en la tabla 22 no aplica, cuando los elementos forman parte de un conjunto armado (vigas, columnas) la tolerancia máxima será de  $\pm 2$  mm, por lo que para el proceso de corte térmico se determina la tolerancia que no afecte el resultado del cliente interno como se establece en la tabla 23.

**Tabla 23.** Especificación tolerancias de corte

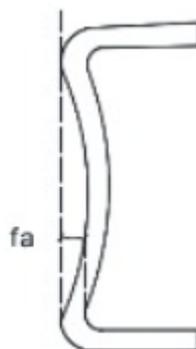
Ancho Fleje	Espesor	Tolerancia Norma Técnica	Tolerancia Sedemi
>=35 mm < 125	6	± 0,9	± 1
>=35 mm < 125	8	± 1,3	± 1
>=35 mm < 125	10	± 1,3	± 1
>=35 mm < 125	12	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	15	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	18	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	20	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	22	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	30	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	35	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	40	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	50	± 2,5	± 1
>=125 mm < 315	6	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	8	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	10	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	12	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	15	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	18	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	20	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	22	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	30	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	35	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	40	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	50	± 1,9	± 1

#### 4.6.2 Proceso de Plegado

Según el análisis y estudio de las normas a aplicar para controlar el proceso de plgado se ha determinada a la norma INEN 1623:2013 [19],” perfiles abiertos de acero conformados en frío para uso estructural”, en el que se determina la medición de los siguientes parámetros.

#### 4.6.2.1 Curvatura del alma

De acuerdo a la norma INEN 1623:2013 [19], se tiene la siguiente tolerancia para la curvatura del alma ver figura 18 del perfil C es la que se detalla en la tabla 24.

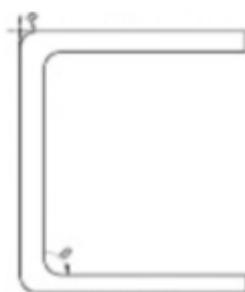


**Figura 17.** Curvatura del alma

**Tabla 24.** Tolerancias en la curvatura del alma

Altura de perfil (mm)	Curvatura fa (mm)	Curvatura Fa (mm) Aprobada
50	± 0,5	0
60	± 0,5	0
64	± 0,5	0
75	± 0,5	0
80	± 0,6	0
100	± 0,8	0
125	± 0,8	0
150	± 1	± 1
175	± 1	± 1
≥ 200	± 1	± 1

El paralelismo [19], ver figura 19 es otro requisito que se establece es el paralelismo, la tolerancia está determinada en la tabla 25. Es decir, el ángulo de la cara superior externa, menos el ángulo interno.



**Figura 18.** Paralelismo del perfil

**Tabla 25.** Tolerancia paralelismo de caras

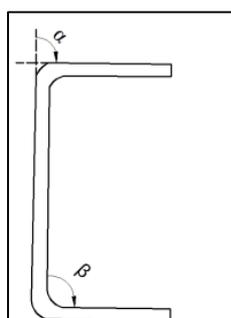
Paralelismo de caras	Tolerancia (°)
$\alpha$ - $\beta$	$\leq 2$

La tolerancia de la perpendicularidad [19] en caras adyacentes está definida en la tabla 26.

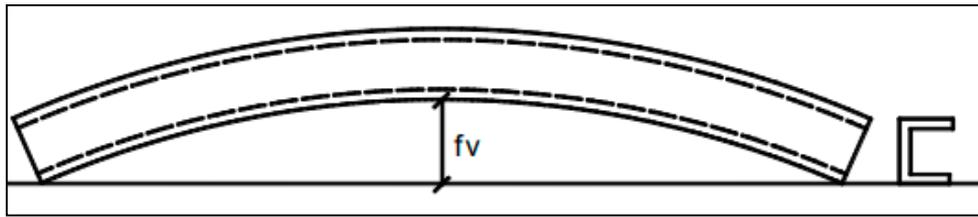
**Tabla 26.** Tolerancia en la perpendicularidad de caras adyacentes.

Ángulo	Máx. (°)	Min (°)
A	92	88
B	92	88

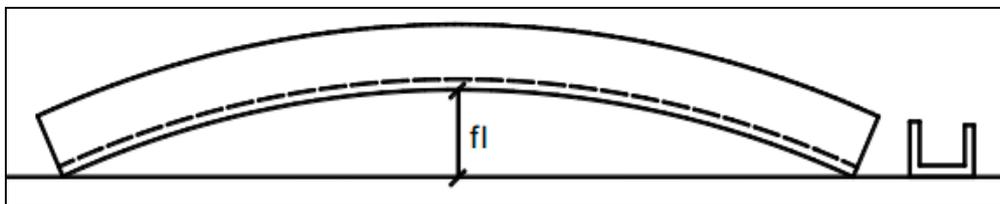
En donde las figuras 20, 21 y 22 detallan las mediciones que se deben realizar a los perfiles.



**Figura 19.** Ángulos referenciales perfiles.



**Figura 20.** Medición de flecha vertical del perfil.



**Figura 21.** Medición de la flecha lateral del perfil.

De acuerdo a la establecido por la norma se tiene la siguiente tolerancia que se detallan en la tabla 27.

**Tabla 27.** Tolerancia Fy y Fl

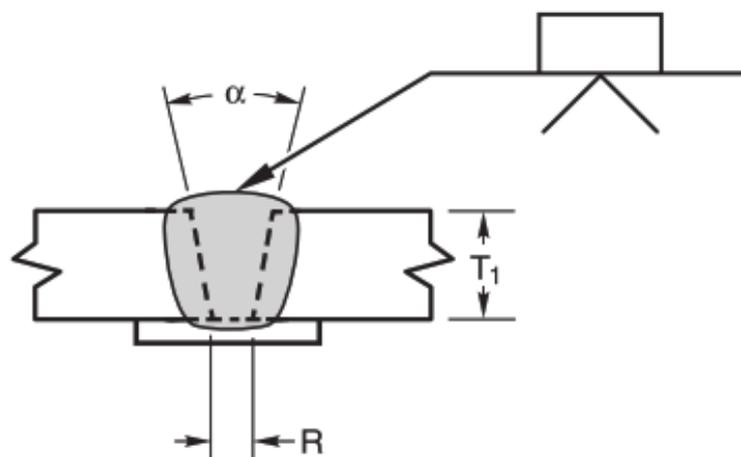
Tolerancia (mm)	
Fv	$\leq 0,2 * \text{Longitud d total del perfil}$
Fl	$\leq 0,2 * \text{Longitud total del perfil}$

Según la norma no se puede tomar las medidas a menos de una distancia de 300 mm desde los extremos.

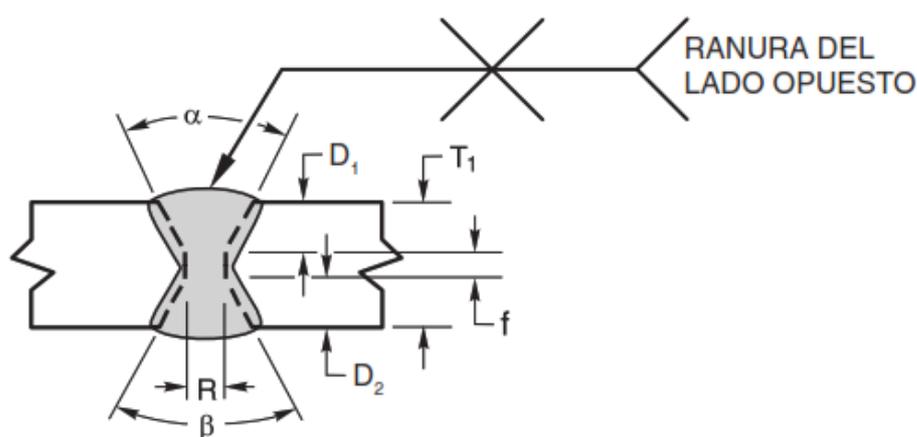
### 4.6.3 Proceso de Biselado

El proceso de biselado está relacionado directamente con la soldadura de los elementos por lo que se ha establecido como norma D1.1 [3] Código de soldadura

estructural, en donde se verificó las juntas pre calificadas con mayor frecuencia utilizadas en la empresa como se pueden observar en las figuras 23 y 24.



**Figura 22.** Soldadura ranura en V



**Figura 23.** Soldadura en ranura de doble V, junta a tope

De acuerdo a lo especificado en la norma y las tolerancias aceptables para el bisel [3], se ha elaborado la tabla 28, con la especificación de tolerancia de acuerdo a la normativa y a lo que el cliente interno en este caso armado y soldadura necesita, para que las estructuras cumplan con las especificaciones detalladas por los planos y por los requisitos del cliente. Los procesos de soldadura que se realizan en la

planta son GMAW y SAW, por la eficiencia que presenta realizarlas en ambientes controlados.

**Tabla 28.** Detalle de junta en ranura con CJP (junta de penetración completa) precalificadas V simple

Proceso de Soldadura	Ranura	Ángulo de Ranura
GMAW	R=3/16	$\alpha = 30^\circ$
	R=3/8	$\alpha = 30^\circ$
	R=1/4	$\alpha = 45^\circ$
SAW	R=1/4	$\alpha = 30^\circ$
	R=5/8	$\alpha = 20^\circ$

De acuerdo a la norma como ajuste o tolerancia al ángulo del bisel se especifica  $10^\circ$  y  $-5^\circ$ .

La junta precalificada en doble v, junta a tope se tiene al igual que la anterior el detalle y la tolerancia dada por la norma que establece lo escrito en la tabla 29 [3].

**Tabla 29.** Detalles junta en ranura con CJP (junta de penetración completa) precalificada Doble V

Proceso de soldadura	Apertura y cara de raíz
	Ángulo Ranura
GMAW	R= 0 a 1/8
	F= 0 a 1/8
	$\alpha = \beta = 60^\circ$ R= 0
SAW	F= ¼ min
	$\alpha = \beta = 60^\circ$

De acuerdo a la norma como ajuste o tolerancia al ángulo del bisel se especifica  $10^\circ$  y  $-5^\circ$ .

Se debe considerar que la norma se refiere al ángulo que se forma para la junta de la soldadura, el proceso que debe asegurar que se cumpla la especificación es biselado, por lo tanto, se ha definido en la tabla 30, la especificación de la tolerancia para los biseles.

**Tabla 30.** Tolerancia de bisel para el proceso

Tipo de Bisel	Proceso de soldadura	Ángulo de ranura total	Ángulo de ranura para una placa	Tolerancia Máx.	Tolerancia Min
Simple V	GMAW	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=15^\circ$	+5°	0°
		$\alpha=45^\circ$	$\alpha=22,5^\circ$	+5°	0°
	SAW	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=15^\circ$	+5°	0°
		$\alpha=20^\circ$	$\alpha=10^\circ$	+5°	0°
Doble V	GMAW	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=30^\circ$	+5°	0°
	SAW	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=30^\circ$	+5°	0°

#### 4.6.4 Proceso de Perforado

El proceso de perforado se realiza en dos máquinas, la norma que define las tolerancias generales para las perforaciones es la AISC 360-16 [20], de acuerdo a la tabla 31.

**Tabla 31.** Dimensiones nominales de la perforación

Diámetro del perno (pulg)	Diámetro estándar (pulg)	Sobremedida (pulg)
$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{13}{16}$
$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{15}{16}$
$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	$1\frac{1}{16}$
1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$
$\geq 1\frac{1}{8}$	$D+\frac{1}{8}$	$D+\frac{5}{16}$

Como se puede observar en la tabla 31, la tolerancia se encuentra dada por la sobremedida, aunque el sistema métrico de las perforaciones se encuentre dado por las pulgadas, en la planta se realiza la transformación a milímetros, ya que las brocas se compran en esta unidad, en la tabla 32, se determina la medida de las perforaciones y su tolerancia en mm.

**Tabla 32.** Tolerancia perforación

<b>Diámetro estándar (mm)</b>	<b>Sobremedida (mm)</b>
<b>15</b>	+0
<b>18</b>	+ 2
<b>20</b>	+2
<b>&gt;22</b>	+3

Las perforaciones de 15, 18 y 20 mm son las más frecuentes y utilizadas en la planta. Por lo que ha determina el estándar de la tabla 32. En caso de que la perforación sea mayor se ha determinado +3 mm, ya que la norma lo permite.

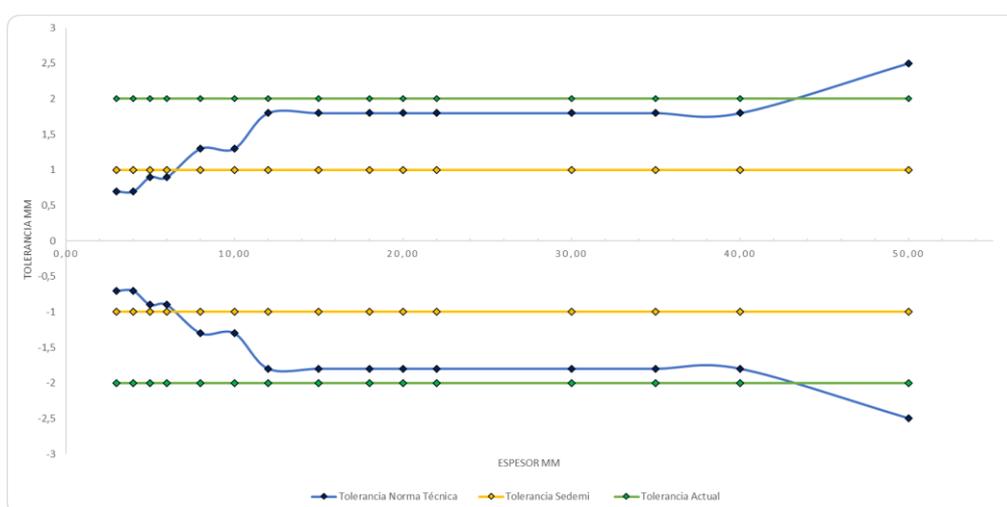
## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Resultados tolerancias actuales y tolerancias propuesta

#### 5.1.1 Corte térmico

De acuerdo figura 25 se presentan datos para flejes entre 35 mm a 125 mm, entre la tolerancia actual y lo establecido en norma, existe una variación considerable, para los espesores desde 6 mm hasta 10 mm la tolerancia actual varía entre el 35% y 65% más que el recomendado por la norma. De igual forma entre los espesores desde 12 mm hasta 18 mm, únicamente se puede observar un incremento en el estándar actual del 10 % con respecto a lo normado, y finalmente para los espesores de 20 mm hasta 50 mm la norma permite 0,5 mm adicionales a la tolerancia actual.

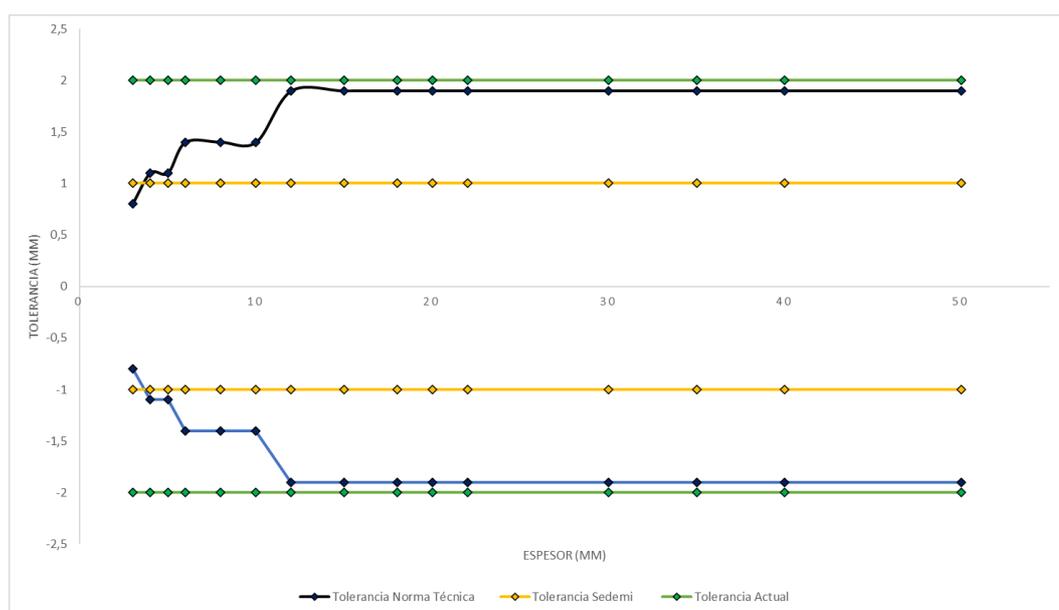
De acuerdo a lo exigido por el cliente interno se ha determinado un estándar permisible de +1 y -1 (mm), ya que tiene una afectación directa en el armado de los elementos, en donde los espesores hasta 6 a 50 mm tiene una diferencia entre el normado y el aprobado del 30% adicional a lo recomendado por la norma sin tener afectación al proceso posterior.



**Figura 24.** Comparación tolerancias actuales y tolerancias normadas para el proceso de corte térmico para el ancho de fleje  $\geq 35$  mm < 125

Por otro lado, para los flejes desde los 125 hasta los 315 mm de ancho, de acuerdo a la figura 26, se instaura dos rangos el primero hasta los 10 mm de espesor, teniendo una tolerancia actual mayor a la normada del 40 % adicional, y para los espesores mayores hasta 5 mm una tolerancia actual 10 % mayor a la recomendada por la normativa.

La tolerancia aceptada por el proceso es de +1 y -1 (mm), si se compara con la normativa, en donde los espesores hasta 10 mm tienen un 40 % menor al normado y para los espesores hasta 50 mm el 90% menor a lo permitido por la norma, ya que una tolerancia de 1,4 y 1,9, no se determinada como ideal ya que tiene incidencia directa al resultado del cliente interno en donde la tolerancia en dimensiones de una estructura es de  $\pm 2$ mm del conjunto como tal, por lo que no se acepta que los elementos tengan una tolerancia mayor a la del producto final.

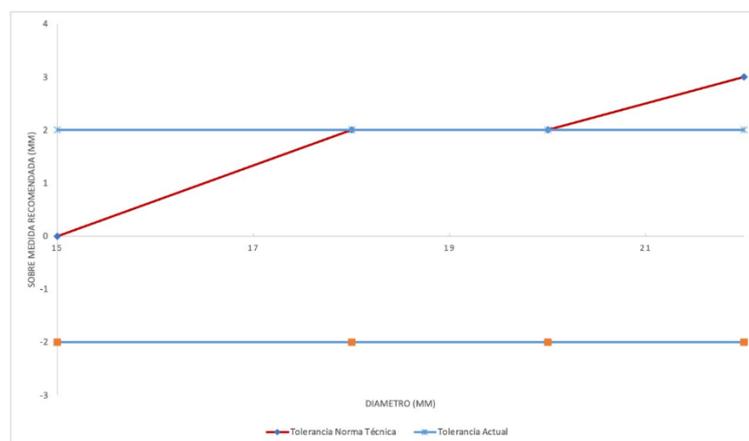


**Figura 25.** Comparación tolerancias normadas y tolerancias aprobadas para el proceso de corte térmico para el ancho de fleje  $\geq 35$  mm < 125

### 5.1.2 Perforación

En este proceso la tolerancia aprobada es la normada, la figura 27 muestra la diferencia entre las estas y las utilizadas actualmente en planta, para el espesor de 15 mm presenta una variación del 200%, ya que tenía una tolerancia mayor a lo

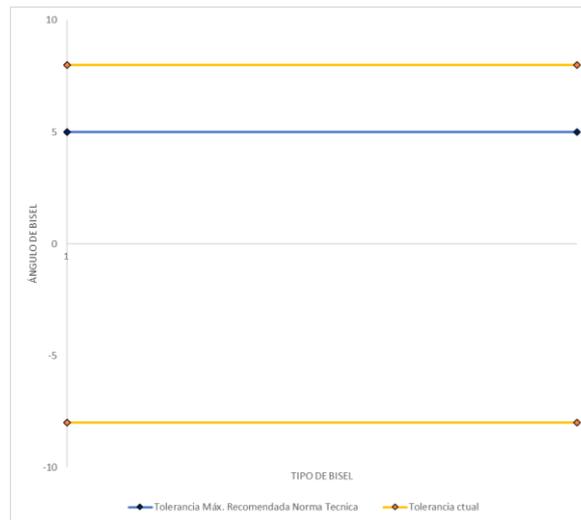
permitido por la norma, sin embargo para los espesores de 18 mm y 20 mm, el estándar actual coincide con el normado, por lo que no es necesario realizar un ajuste, los espesores mayor a 22 mm la tolerancia se ha determinado mayor a la actualmente aprobada incrementando en un 33% la misma.



**Figura 26.** Comparación tolerancias actuales y aprobado proceso de perforación

### 5.1.3 Biselado

El proceso de biselado se divide por el tipo de bisel y el proceso de soldadura, la figura 28, gráfica la diferencia entre la actual tolerancia y la recomendada por la normativa aprobada para el proceso de GMAW y SAW para el bisel en v simple, se determina que la diferencia de tolerancias entre la actual y la aprobada sea el máximo o mínimo es del 100%.



**Figura 27.** Comparación tolerancias actuales y aprobadas para el bisel simple v proceso de biselado.

### 5.1.4 Doblado

En la figura 29, se presenta la diferencia de las tolerancias para el proceso de doblado, indicando actuales y aprobadas por la norma, se puede analizar que para el ancho de ala desde 50 mm hasta 125 mm la tolerancia establecida es 0, ya que para el proceso medir con decimales no es viable, a partir del ancho de ala de 150 mm se acepta lo descrito en la norma.



**Figura 28.** Comparación tolerancias actuales y aprobadas proceso de doblado.

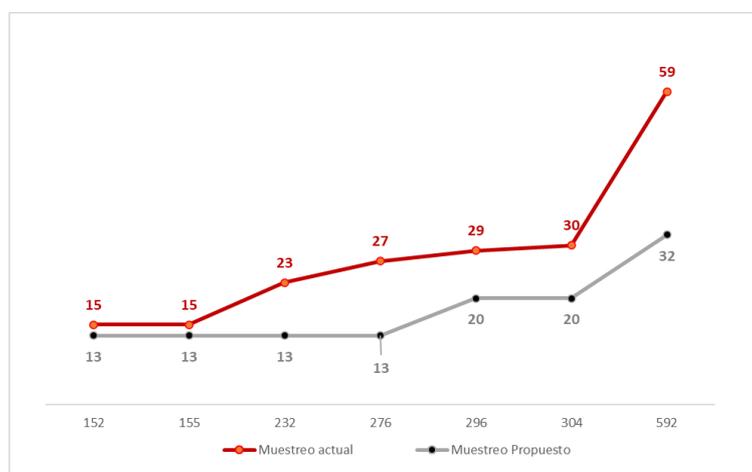
## 5.2 Comparativa muestreo actual versus método propuesto

En la tabla 33 se puede analizar la diferencia entre el número de muestra actualmente utilizada versus la propuesta realizada para el proceso de corte.

**Tabla 33.** Comparación cantidad de muestra método actual versus método propuesto proceso corte térmico y perforación.

Tamaño del lote	Muestreo Actual	Muestreo Propuesto
91	9	8
206	20	13
10	1	2

Para el proceso de corte térmico y perforación de acuerdo al tamaño de lote se obtiene una reducción promedio de elementos a revisar del 37 %, como se muestra en la figura 33.



**Figura 29.** Comparación muestreo actual con propuesto para el proceso de corte térmico y perforación.

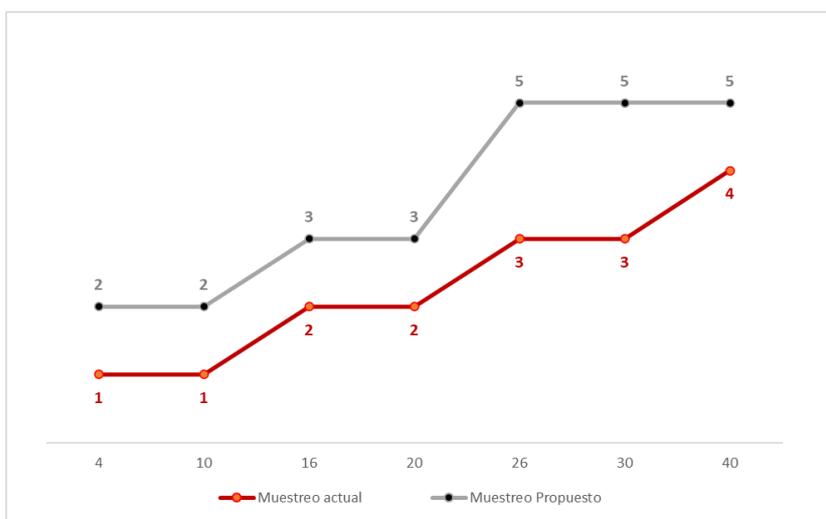
Con una cantidad menor de elementos a muestrear se obtiene una reducción en el costo, obteniendo para el proceso de corte térmico y perforación un ahorro diario en liberaciones de 25,35 USD y anual de 6692,66 USD estimado.

En la tabla 34 puede analizar la diferencia entre el muestro actual con el propuesto de los procesos de plegado y biselado, como los productos son diferentes el lote se toma directamente de la orden de fabricación

**Tabla 34.** Comparación cantidad de muestra: método actual versus método propuesto proceso de biselado y plegado.

Tamaño del lote	Muestreo Actual	Muestreo Propuesto
2	1	2
6	1	2
18	2	2

Para el proceso de biselado de acuerdo al tamaño de lote se obtiene un incremento promedio del 58% como se muestra en la figura 34, lo que significa que los elementos a contralar con el nuevo método son mayores al que actualmente se realiza en el proceso.



**Figura 30.** Comparación muestreo actual con propuesto para el proceso de biselado y plegado

Con una cantidad mayor de elementos a muestrear se obtiene un incremento en el costo, el número de elementos para procesar por día es de 200 elementos aproximadamente tanto de plegado como biselado, el tiempo invertido en la liberación es mayor comparado con el tiempo de liberación de corte y perforación, debido a las diferentes variables a considerar, obteniendo como resultado el costo

por día de 7,53 USD de liberación y registro, obteniendo un costo anual de 1987,92 USD.

### 5.3 Estimar el costo-beneficio de implementación del sistema de control de calidad en los procesos establecidos

El costo beneficio de implementar el sistema de control de calidad se podrá obtener al segundo año, como resultado de la recopilación de la información histórica de los reprocesos versus la fabricación realizada y las mejoras implementadas como análisis de la causa raíz de las incidencias. La tabla 35 especifica los valores proyectados de la capacitación del proceso propuesto para el personal del área.

**Tabla 35.** Costo capacitación control de calidad

Recurso	Horas (H)	Tarifa USD/Hora	Cantidad (U)	Costo (USD)	Costo Total (USD)
Asistente técnico	4	9,3	2	37,3	74,6
Supervisor técnico	10	7,5	4	75,3	301,2
Operador	10	6,3	20	62,8	1256,0
TOTAL					1631,8

Se proyecta un costo anual de implementación del proceso de control de calidad detallado en la tabla 36, tomando a consideración los ingresos (ahorro proyectado para la ejecución del proceso) y egresos (costos asociados) para obtener un costo global del sistema. El muestreo para corte y perforación se encuentra en positivo, ya que al ser menor el número de elementos a revisar es menor el costo asignado al producto, por otro lado, los procesos de biselado y doblado se detallan en negativo, ya que el número de muestras a liberar es mayor por lo tanto el proceso de control de calidad tiene un costo mayor comparado con el proceso actual, obtenido como resultado un ahorro a la organización de 3047,9 USD el primero año.

**Tabla 36.** Costo implementación proceso control de calidad

Detalle	Costo (USD)
Muestreo Corte y Perforación	+ 6692,66,00
Muestreo Biselado y plegado	- 1987,92.
Capacitación	-1631,78
Etiquetas	-25
<b>Costo Total</b>	<b>3047,9</b>

## 6. Conclusiones

---

Con base a los resultado del estudio se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Para determinar las falencias del aseguramiento y control de calidad de: corte térmico, perforado, plegado y biselado del departamento de abastecimiento se realizó un levantamiento in situ, en donde se identificó la falta de tolerancias basadas en una normativa técnica, la inexistencia de un adecuado sistema de muestreo que permita identificar el producto no conforme sin elevar el costo de manera significativa al proceso y finalmente los documentos de liberación en donde se registra el resultado del proceso, identificando de esta forma que no existe un control de las no conformidades de forma histórica lo que limita a los procesos para tomar acciones y actuar sobre las causas del producto no conforme.
- El proceso de control de calidad contempla la identificación, almacenamiento y disposición del producto no conforme en el área asignada para el mismo, y así controlar y evitar su uso inadecuado reduciendo los costos de reprocesos que representan a la planta un gasto anual estimado de 37131,53 usd que representa el 2,6 % del costo total del departamento, mismo que podría ser empleado en mejoras a la planta
- De acuerdo a la investigación realizada se determinan las normas técnicas aplicadas a cada proceso de estudio, instituyendo las tolerancias aprobadas que se definieron a través de la investigación según la normativa aplicable, y considerando la necesidad del cliente interno para no tener afectación en la tolerancia del producto final. En el proceso de corte térmico la tolerancia establecida por Sedemi es exigente al reducir su valor a la mitad de lo establecido por la normativa técnica, definiendo un valor de  $\pm 1$  mm. El proceso de perforado genera una mayor amplitud de holgura ya que establece un rango de hasta + 3 mm. En el proceso de perforado la norma es exigente en comparación al control actual de la empresa ya que define la

holgura en base al diámetro del mismo comparado con un valor único de  $\pm 2$  mm utilizado actualmente. En el proceso de biselado se define como valor único de 5 grados comparado con el actual utilizado de  $\pm 8$ , exigiendo así un mayor control del proceso y habilidad del operador. En el proceso de doblado establece radios de curvatura para cada altura de alma en comparación con el proceso actual que no establece valores de curvatura para alturas menores a 130 mm y define un valor único de  $\pm 1$ .

- El método diseñado para el control de calidad en todas las etapas del proceso comienza en la definición del AQL (límite aceptable de calidad) igual al 4% para el departamento de abastecimiento, seguido de la definición del lote y tamaño de muestra adecuados según el anexo 2, verificación de las variables a controlar en los procesos y registro de los resultados en cada formato de liberación, determinación de conformidad del producto y en caso de no conformidad registro de la misma y cálculo del costo de reproceso, así el sistema permite realizar acciones que aseguren el análisis de los datos para la mejora continua de los procesos.
- El producto no conforme de acuerdo a los datos históricos ha ido incrementando a través de los últimos 4 años, desde el 2 % hasta el 4 %, razón por la cual la empresa ha establecido como uno de sus objetivos la implementación del sistema de control de calidad y el mismo se presenta en el proyecto de estudio, definiendo en el segundo año de su implementación las métricas para definir la causa raíz de las no conformidades.

## 7. Recomendaciones

---

- Se recomienda el análisis de reproducibilidad y reproductibilidad cada tres meses del personal del área a cargo de la verificación de variables en los procesos del departamento de abastecimiento, para así asegurar realizar acciones de mejora de acuerdo a los resultados.
- Se recomienda la capacitación continua de los supervisores en el manejo de no conformidades, optimizando así año tras año el proceso de control de calidad propuesto en el presente proyecto.
- Se recomienda realizar el seguimiento continuo de los planes de manejo de no conformidades, con el objetivo de eliminar errores y reducir el producto no conforme.

## Referencias

---

- [1] J. A. Araujo Ruiz, Y. Odellín Prieto y J. Seco Alvarez, *Control de calidad en los equipos DRAMIC*, La Habana: Centro Nacional de investigaciones científicas, 2010.
- [2] P. Mangonon, *Ciencia de materiales: selección y diseño*, México: Prentice hall México, 2001.
- [3] AWS, *D1.1 Structural Welding Code - Steel Certification*, American Welding Society, 2020.
- [4] J. M. Carpintero Pino, *Soldadura Básica*, Bogotá: Ediciones de la U, 2013.
- [5] J. C. McCormac y C. Stephen F, *Diseño de estructuras de acero (quinta ed.)*, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V, 1999.
- [6] Y. Portuondo Paisan y J. Portuondo Moret, «La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición,» Santiago de Cuba, Universidad de Oriente, 2010, pp. 117-121.
- [7] ISO , *Thermal cutting — Classification of thermal cuts — Geometrical product specification and quality tolerances*, Geneva: International Standarization, 2017.
- [8] J. A. Alvarez Acosta y A. M. Alvarez Acosta, *Estudio de los parámetros de corte por oxicorte y plasma CNC de acuerdo a la norma AWS C4.6M:2006 para la empresa maquinarias Espín*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [9] W. Gómez y A. Alberco, *Corte por Plasma con la Técnica de Control Numérico Computarizado, para Mejorar la Calidad de Corte de Metales Del I.E.S.T.P. Nueva Esperanza 2019*, Trujillo: Universidad César Vallejo, 2019.
- [10] R. J. Troya Rosillo y J. P. Velasteguí Muquincho, *Diseño y construcción de una máquina router CNC de recorrido 400 x 400 mm para corte por plasma de chapa metálica*, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2016.

- [11] R. E. Cumbal Yanez y H. J. España Gutierrez, *Diseño y construcción de una máquina hidráulica dobladora de tubos semiautomática con rodillos intercambiables*, Quito: Universidad Politecnica Salesiana, 2019.
- [12] ADIRA S.A., *Manual de instrucciones Adra SA*, Oporto: ADIRA S.A., 2020.
- [13] J. A. Barba, *Taladrado mediante AWJ de acero S275 JR*, Cádiz: Universidad de Cádiz, 2022.
- [14] Servicio Nacional de Aprendizaje, *Taladrado Modulo Básico*, Colombia: Publicaciones Sena, 1992.
- [15] J. I. Infantes, *Estudio de la microestructura del acero sae 1020 en un proceso de taladrado térmico*, Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2022.
- [16] J. S. Yopez Lopez, *Análisis y mejoramiento del proceso de corte de chapa metálica en matricería con prensas mecánicas mediante simulación en software ANSYS*, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [17] Cevisa CHP 60G, «Canales Sectoriales Metalmecánica,» Interempresas media, 05 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/306089-El-chaflan-en-J-la-ultima-innovacion-de-Cevisa.html>. [Último acceso: 28 11 2022].
- [18] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2002.
- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Perfiles abiertos de acero conformados en frío para uso estructural*, Quito: INEN, 2013.
- [20] American Institute of steel construction, *Specification for structural steel buildings*, Chicago: American Institute of steel construction, 2018.
- [21] J. Calles-García y P. González-Pérez, *La Biblia del Footprinting*, 2011.
- [22] [www.elhacker.net](http://www.elhacker.net), «[www.elhacker.net](http://www.elhacker.net),» [En línea]. Available: [https://www.elhacker.net/trucos\\_google.html](https://www.elhacker.net/trucos_google.html).

[23] EPN, Folleto de tecnología de soldadura, Quito: Universidad politécnica Nacional, 2007.

[24] J. Gere y B. J. Goodno, Mecánica de materiales octava edición, México DF: Cengage Learning Latinoamérica, 2013.

[25] C. Sierra Alcolea, L. Costo Herrero, I. Buj Corral y J. Vicancos Calvet, Fabricación de piezas por deformación plástica y por sinterizado, Barelona: Univerisdad Politécnica de Cataluña, 2015.



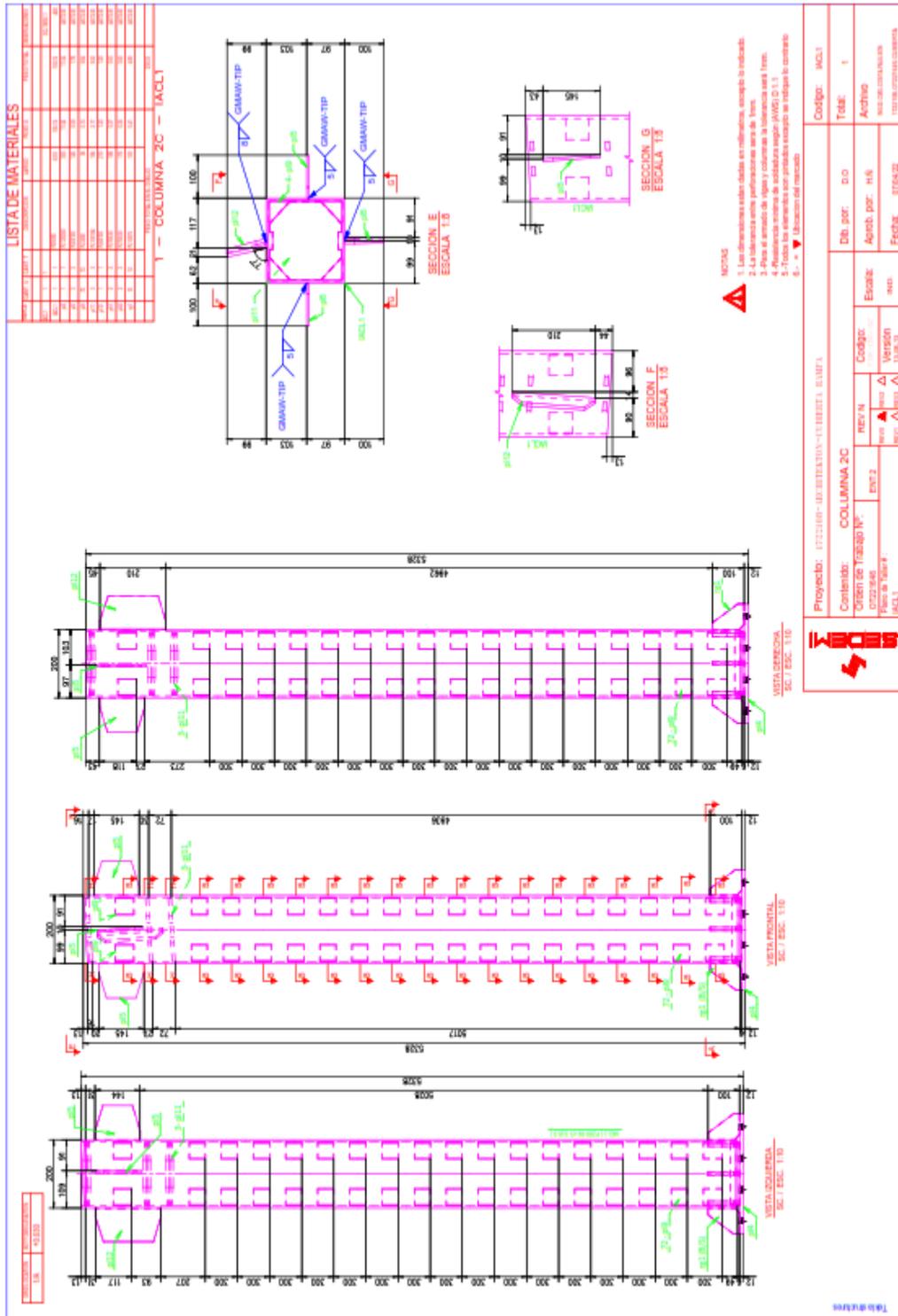
**Anexo 2.** Tabla de código alfanumérico del tamaño de muestra norma NTE INEN ISO 2859-12009

**Tabla 1 — Código alfabético del tamaño de la muestra (ver 10.1 y 10.2)**

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 000 y más	D	E	H	K	N	Q	R

NTE INEN ISO 2859-1

### Anexo 3. Planos de fabricación



## Anexo 4. Ordenes de fabricación

EDIFICIO METALIC/ARMADO DE COLUMNAS															
ITEM	CODIGO	POSICIÓN	SECCION	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	CANT (U)	CANT TOTAL	PESO UNID (Kg)	PESO T (Kg)	Peso/ml (Kg/ml)	CATEGORIA (L, M, P, EP)	ESPECIFICACION DE MATERIAL	TERMINADO	PLANO	OBSERVACIONES
	IMCL2-A	ALMA BISEL	PLE 20mm	6000	460	2	2	866.64			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	IMCL2-P	PATN	PLE 20mm	6000	500	2	2	942.00			LIVIANO	A572 G50		IMCL2	:
	avp3-A	ALMA	PLE 10mm	544	460	4	4	78.58			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp3-PS	P.SUP BISEL	PLE 20mm	544	220	4	4	75.16			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp3-PI	P.INF BISEL	PLE 20mm	547	220	4	4	75.57			LIVIANO	A572 G50		IMCL2	:
	avp4-A	ALMA	PLE 10mm	457	460	2	2	33.00			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp4-PS	P.SUP BISEL	PLE 20mm	547	220	2	2	37.79			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp4-PI	P.INF BISEL	PLE 20mm	547	220	2	2	37.79			LIVIANO	A572 G50		IMCL2	:
	avp14-A	ALMA	PLE 10mm	516	460	2	2	37.27			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp14-PS	P.SUP BISEL	PLE 20mm	525	220	2	2	36.27			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	avp14-PI	P.INF BISEL	PLE 20mm	522	220	2	2	36.06			LIVIANO	A572 G50		IMCL2	:
	pl3	PLACA	PLE 10mm	432	96	2	2	6.51			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl6	PL.PERF	PLE 20mm	448	448	4	4	126.04			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl7	PLACA	PLE 10mm	412	126	4	4	16.30			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl15	PL.PERF	PLE 20mm	448	448	1	1	31.51			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl17	PL.PERF	PLE 20mm	448	448	1	1	31.51			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl18	PLACA	PLE 12mm	412	126	2	2	9.78			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl19	PLACA	PLE 10mm	412	117	2	2	7.57			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:
	pl16	ANGULO	PLE 6mm	3792	117	4	4	83.59			EXTRAPESADO	A572 G50		IMCL2	:

**Anexo 5. Matriz producto no conforme**

MATRIZ DE PRODUCTO NO CONFORME											
CT	PROYECTO	OF	CLIENTE	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICADO POR	RESPONS.	ACCIONES	HOJA DE REPROCESO	Link del Hallazgo (foto)
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	
										HOJA REPROCESO	





## Anexo 8. Procedimientos Control de calidad

	<p>Procedimiento Control de calidad proceso de Corte térmico y perforación</p> <p>Fecha 19-10-2022 Versión 01</p>
<p><b>1. Objetivo</b></p> <p>Determinar el método adecuado para realizar el control de calidad en el proceso de corte térmico, basados en normativa específica para el proceso.</p> <p><b>2. Alcance</b></p> <p>El presente procedimiento tiene alcance a todos los procesos de corte térmico de la organización.</p> <p><b>3. Responsabilidades</b></p> <p><b>3.1. Coordinador de área</b></p> <p>Asegurar el cumplimiento de presente documento.</p> <p><b>3.2. Supervisor Operativo</b></p> <p>Actualizar el presente documento de acuerdo a las necesidades del proceso.</p> <p>Capacitar al personal sobre el proceso de control de calidad en el proceso.</p> <p><b>3.3. Operador/Ayudante</b></p> <p>Cumplir con lo establecido en el presente procedimiento.</p> <p>Realizar una adecuada recolección de datos.</p>	
<p>1</p>	

#### 4. Tamaño de muestra

##### 4.1. Determinación del lote

Para el proceso de corte el departamento de abastecimiento se crea un archivo de extensión dxf, que se genera a través del software de optimización LANTEK, el programa de corte es cargado directamente a la máquina. Obteniendo así la optimización y mayor aprovechamiento de la materia prima, en una misma plancha se pueden mezclar varios proyectos pertenecientes a órdenes diferentes de fabricación. En documento Cnc (Anexo 1) nos indica como van las piezas distribuidas en la plancha, por lo que se considera para el proceso de corte como el lote a procesar.

Una vez determinado el tamaño de nuestro lote asistimos la tabla 1 de nuestra norma NTE INEN ISO 2859-12009 indicada en el anexo 2 para la determinación de código alfa numérico de nuestro lote con letras como A, B, C, D, E, F, G, H respectivamente dependiendo del número de elementos en nuestro lote seleccionado.

##### 4.2. Cálculo del tamaño de muestra

La correcta definición del tamaño de muestra en el presente caso de estudio para cada proceso se detalla en la tabla 4 en base al tamaño de cada lote realizado en la planta SEDEMI SCC, se registra en el Anexo 1.

Tamaño del lote	Niveles generales de inspección
	I
2 a 18	A
9 a 15	A
16 a 25	B
26 a 50	C
51 a 90	C
91 a 150	D

## Procedimiento Control de calidad proceso de Corte térmico y perforación

Fecha 19-10-2022 Versión 01

**4.3. Determinación del AQL**

De acuerdo a los datos históricos en el departamento de abastecimiento de manera general se ha obtenido que el 4% de la producción es no conforme, por lo que se establece para iniciar el AQL (productos no conformes por cada 100 unidades) de 4.

Se ha determinado el número de aceptación y rechazo del lote la siguiente fórmula:

$$\text{Criterio de aceptación de Lote} = \frac{\text{Número de no conformidades}}{\text{Tamaño de muestra}} \times 100 \leq 4$$

Si en 5 lotes consecutivos no se cumple el criterio de aceptación se debe realizar un análisis del proceso y capacitación del personal.

**5. Tolerancias establecidas**

Para el proceso de corte térmico se han determinado las tolerancias basados en la norma ISO 9013: 2017 Thermal cutting – Classification of thermal cuts – Geometrical product specification and quality tolerances, de donde se obtuvo la siguiente tabla:

Ancho Fleje	Espesor	Tolerancia Norma Técnica	Tolerancia Sedemi
>=35 mm < 125	3	± 0,7	-
>=35 mm < 125	4	± 0,7	-
>=35 mm < 125	5	± 0,9	-
>=35 mm < 125	6	± 0,9	± 1
>=35 mm < 125	8	± 1,3	± 1
>=35 mm < 125	10	± 1,3	± 1
>=35 mm < 125	12	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	15	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	18	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	20	± 1,8	± 1



## Procedimiento Control de calidad proceso de Corte térmico y perforación

Fecha 19-10-2022 Versión 01

>=35 mm < 125	22	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	30	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	35	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	40	± 1,8	± 1
>=35 mm < 125	50	± 2,5	± 1
>=125 mm < 315	3	± 0,8	-
>=125 mm < 315	4	± 1,1	-
>=125 mm < 315	5	± 1,1	-
>=125 mm < 315	6	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	8	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	10	± 1,4	± 1
>=125 mm < 315	12	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	15	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	18	± 1,9	±
>=125 mm < 315	20	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	22	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	30	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	35	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	40	± 1,9	± 1
>=125 mm < 315	50	± 1,9	± 1

### 6. Equipos de medición

Para la verificación de las medidas de acuerdo a la toleración se deberán usar los siguientes equipos de medición.

Equipo	Unidad
Flexómetro	mm

### 7. Medición de elementos

De acuerdo al tamaño de muestra definida el proceso de corte realizará las medidas del largo, ancho y cuadratura en los flejes o placas que se procesen e ingresar los datos en los registros adecuados.



### 8. Registros de liberación

Para la liberación de los elementos se debe realizar el registro de liberación de acuerdo al formato del Anexo del documento.

Adicional los productos que se encuentren no conformes deberán ser registrados en la matriz de producto no conforme con su respectiva evaluación de causa efecto.



## Procedimiento Control de calidad proceso de Biselado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

### 1. Objetivo

Determinar el método adecuado para realizar el control de calidad en el proceso de biselado, basados en normativa específica para el proceso.

### 2. Alcance

El presente procedimiento tiene alcance a todos los procesos de biselado perteneciente al departamento de abastecimientos.

### 3. Responsabilidades

#### 3.1. Coordinador de área

Asegurar el cumplimiento de presente documento.

#### 3.2. Supervisor Operativo

Actualizar el presente documento de acuerdo a las necesidades del proceso.

Capacitar al personal sobre el proceso de control de calidad en el proceso.

#### 3.3. Operador/Ayudante

Cumplir con lo establecido en el presente procedimiento.

Realizar una adecuada recolección de datos.

## Procedimiento Control de calidad proceso de Biselado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

#### 4. Tamaño de muestra

##### 4.1. Determinación del lote

El lote determinado para el proceso de biselado es igual al número total de elementos de las ordenes de fabricación, ya que como cada elemento es diferente no se puede establecer un número global.

##### 4.2. Cálculo del tamaño de muestra

La correcta definición del tamaño de muestra en el presente caso de estudio para cada proceso se detalla en la tabla 4 en base al tamaño de cada lote realizado en la planta SEDEMI SCC, se registra en el Anexo 1.

Tabla 1. Código alfabético del tamaño de la muestra

Tamaño del lote	Niveles generales de inspección
	I
2 a 18	A
9 a 15	A
16 a 25	B
26 a 50	C
51 a 90	C
91 a 150	D

##### 4.3. Determinación del AQL

De acuerdo a los datos históricos en el departamento de abastecimiento de manera general se ha obtenido que el 4% de la producción es no conforme, por lo que se establece para iniciar el AQL (productos no conformes por cada 100 unidades) de 4.

Se ha determinado el número de aceptación y rechazo del lote la siguiente fórmula:

$$\text{Criterio de aceptación de Lote} = \frac{\text{Número de no conformidades}}{\text{Tamaño de muestra}} \times 100 \leq 4$$

## Procedimiento Control de calidad proceso de Biselado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

Si en 5 lotes consecutivos no se cumple el criterio de aceptación se debe realizar un análisis del proceso y capacitación del personal.

### 5. Tolerancias establecidas

Para el proceso de abastecimiento se ha determinado como normativa AWS D1.1 Código de soldadura estructural en el cual se ha determinado la siguiente tabla de tolerancia en el proceso, de acuerdo a las juntas que se realizan en la empresa.

Tipo de Bisel	Proceso de soldadura	de Angulo de ranura total	de Angulo de ranura para una placa	Tolerancia Máx	Tolerancia Min
Simple V	GMAW	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=15^\circ$	+5°	0°
		$\alpha=45^\circ$	$\alpha=22,5^\circ$	+5°	0°
	SAW	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=15^\circ$	+5°	0°
		$\alpha=20^\circ$	$\alpha=10^\circ$	+5°	0°
Doble V	GMAW	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=30^\circ$	+5°	0°
	SAW	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=30^\circ$	+5°	0°

### 6. Equipos de medición

Para la verificación de las medidas de acuerdo a la toleración se deberán usar los siguientes equipos de medición.

Equipo	Unidad
Galga AWS	*
Flexómetro	mm

### 7. Medición de elementos

De acuerdo al tamaño de muestra definida el proceso de biselado realizará las medidas del ángulo del bisel e ingresar los datos en los registros adecuados.



## 8. Registros de liberación

Para la liberación de los elementos se debe realizar el registro de liberación de acuerdo al formato del Anexo del documento.

Adicional los productos que se encuentren no conformes deberán ser registrados en la matriz de producto no conforme con su respectiva evaluación de causa efecto.





## Procedimiento Control de calidad proceso de Plegado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

### 1. Objetivo

Determinar el método adecuado para realizar el control de calidad en el proceso de plegado, basados en normativa específica para el proceso.

### 2. Alcance

El presente procedimiento tiene alcance al proceso de plegado del departamento de abastecimiento.

### 3. Responsabilidades

#### 3.1.Coordinador de área

Asegurar el cumplimiento de presente documento.

#### 3.2.Supervisor Operativo

Actualizar el presente documento de acuerdo a las necesidades del proceso.

Capacitar al personal sobre el proceso de control de calidad en el proceso.

#### 3.3.Operador/Ayudante

Cumplir con lo establecido en el presente procedimiento.

Realizar una adecuada recolección de datos.

## Procedimiento Control de calidad proceso de Plegado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

#### 4. Tamaño de muestra

##### 4.1. Determinación del lote

El lote determinado para el proceso de plegado es igual al número total de elementos de las ordenes de fabricación, ya que como cada elemento es diferente no se puede establecer un número global.

##### 4.2. Cálculo del tamaño de muestra

La correcta definición del tamaño de muestra en el presente caso de estudio para cada proceso se detalla en la tabla 4 en base al tamaño de cada lote realizado en la planta SEDEMI SCC, se registra en el Anexo 1.

Tabla 1. Código alfabético del tamaño de la muestra

Tamaño del lote	Niveles generales de inspección
	I
2 a 18	A
9 a 15	A
16 a 25	B
26 a 50	C
51 a 90	C
91 a 150	D

##### 4.3. Determinación del AQL

De acuerdo a los datos históricos en el departamento de abastecimiento de manera general se ha obtenido que el 4% de la producción es no conforme, por lo que se establece para iniciar el AQL (productos no conformes por cada 100 unidades) de 4.

Se ha determinado el número de aceptación y rechazo del lote la siguiente fórmula:

$$\text{Criterio de aceptación de Lote} = \frac{\text{Número de no conformidades}}{\text{Tamaño de muestra}} \times 100 \leq 4$$

**Procedimiento Control de calidad proceso de Plegado**

Fecha 19-10-2022 Versión 01

Si en 5 lotes consecutivos no se cumple el criterio de aceptación se debe realizar un análisis del proceso y capacitación del personal.

**5. Tolerancias establecidas****5.1. Curvatura del alma**

Altura de perfilh (mm)	Curvatura fa (mm)
50	± 0,5
60	± 0,5
64	± 0,5
75	± 0,5
80	± 0,6
100	± 0,8
125	± 0,8
150	± 1
175	± 1
≥ 200	± 1

**5.2. Paralelismo de caras**

Paralelismo de caras	Tolerancia (°)
α-β	≤ 2

**5.3. Perpendicularidad de caras adyacentes**

Ángulo	Máx. (°)	Min (°)
α	92	88
β	92	88

## Procedimiento Control de calidad proceso de Plegado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

**5.4. Flecha vertical y Flecha lateral**

Tolerancia (mm)	
Fv	$\leq 0,2 * \text{Longitud total del perfil}$
Fl	$\leq 0,2 * \text{Longitud total del perfil}$

**6. Equipos de medición**

Para la verificación de las medidas de acuerdo a la toleración se deberán usar los siguientes equipos de medición.

Tipo	Equipo	Unidad
Curvatura del alma	Calibrador pie de rey	mm
Paralelismo de Caras	Goniómetro	°
Perpendicularidad de caras a dyacentes	Goniómetro	°
Flecha vertical	Flexómetro	mm
Flecha Lateral	Flexómetro	mm

**7. Medición de elementos**

De acuerdo al tamaño de muestra definida el proceso de plegado se realizará las medias establecidas en el ítem 5.

**8. Registros de liberación**

Para la liberación de los elementos se debe realizar el registro de liberación de acuerdo al formato del Anexo del documento.



## Procedimiento Control de calidad proceso de Plegado

Fecha 19-10-2022 Versión 01

Adicional los productos que se encuentren no conformes deberán ser registrados en la matriz de producto no conforme con su respectiva evaluación de causa efecto.

Anexo

