



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Análisis de herramental en estampación y doblez de chapa metálica

Memoria de Residencias Profesionales

Que para obtener el título de
Ingeniero en Sistemas Automotrices

Presenta:

Alberto Apam Acosta

Asesor:

Juan Manuel García Barrios

Apizaco, Tlaxcala, México., Junio 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, 01/julio/2025
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /387/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	ALBERTO APAM ACOSTA
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	20371189
Nombre del proyecto:	"ANÁLISIS DE HERRAMENTAL EN ESTAMPACIÓN Y DOBLEZ DE CHAPA METÁLICA"
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

JUAN MANUEL GARCÍA BARRIOS
Nombre y firma del asesor

JAEO/isa*
C.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx |
apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **15/Diciembre/2025**

ALBERTO APAM ACOSTA
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 20371189.

P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ANÁLISIS DE HERRAMENTAL EN ESTAMPACIÓN Y DOBLEZ DE CHAPA METÁLICA"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



CYAL/Gsc*

ccp. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Quiero empezar agradeciéndole a Dios, por haberme brindado, salud, fuerza y motivación suficiente para haber llegado hasta este punto de mi vida. Por haberme guiado por este largo camino y nunca dejarme solo. Dándome la serenidad y paciencia con la cual nunca retroceder y mantener paso firme ante cualquier duda presente.

Agradezco con todo mi corazón a mis padres y a mis hermanos, que han sido mi motivación para seguir adelante durante toda mi vida. Sus consejos, su compañía y su apoyo que siempre me han brindado en cada decisión que he tomado, los sacrificios que han llevado a cabo con el fin de apoyar mi camino y que con ello han logrado que llegue hasta este punto de mi formación académica.

También agradezco a mis compañeros de generación, que más que compañeros se volvieron amigos, amigos que estuvieron en este proceso de convertirnos en ingenieros. Que siempre brindaron una mano con la cual impulsarnos al siguiente escalón. Mi sincero agradecimiento a todo el equipo del área de producción de Servicios Metálicos Muri S.A de C.V. por su apoyo durante mi estancia en su empresa. Su conocimiento y experiencia me permitieron desarrollar este proyecto, de la mano de su compañerismo dentro del entorno de trabajo.

Agradezco al Ing. Miguel Rutilo Muñoz Uribe, quien fungió como mi asesor externo, por su apoyo y orientación prestada durante este proyecto. También mis agradecimientos al Ing. Juan Manuel García Barrios, por su guía académica, que fue esencial para culminar este proyecto. Mis agradecimientos al Instituto Tecnológico De Apizaco, por permitirme cursar esta carrera profesional.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecerme a mí, por creer en mí.

Resumen

El presente proyecto aborda el análisis de herramental dentro del área de estampación y dobléz, la cual presenta una falta de mantenimiento en sus matrices de dobles y requiere de estandarización en el proceso de dobléz de chapa metálica. Con el objetivo de analizar y optimizar el uso del herramental utilizado en estampación y dobléz de chapa metálica para la eficiencia operativa. Se diseñó un cronograma de mantenimiento preventivo, y un formato de proceso de dobléz para la elaboración del gabinete tamaño 1 que es producido en la empresa Servicios Metálicos Muri S.A de C.V.

La metodología implementada abarca desde la recolección de información sobre procesos actuales con el fin de analizar las limitantes del proceso de producción en el área de dobléz, hasta la implementación de mejoras y pruebas en el proceso, realizando estudios de capacidad y control de calidad en los dobleces realizados para la elaboración de piezas.

Como resultado, se logró estructurar un plan de mantenimiento para mejorar la eficiencia de las matrices de dobléz, hacer un formato de proceso de dobléz para la guía de los operadores en producción, y con ambas mejoras lograr mantener las tolerancias de dobléz que requieren los clientes, la cual es de $\pm 1^\circ$.

Índice

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Estado del Arte	3
1.3 Justificación	6
1.3.1 Justificación teórica.....	6
1.3.2 Justificación social.....	6
1.3.3 Justificación económica.....	6
1.3.4 Justificación ambiental	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
Capitulo II: Marco Teórico.....	9
2.1 Chapa metálica	9
2.1.1 Tipos de chapa metálica	11
2.1.2 Aluminio	12
2.1.3 Acero Aleado	12
2.1.4 Acero al carbono	12
2.1.5 Acero para herramientas	13
2.1.6 Acero galvanizado.....	13
2.1.7 Acero inoxidable	13
2.2 Procesos de manufactura con chapa.....	14
2.2.1 Corte de chapa	14
2.2.2 Estampado.....	19
2.2.3 Doblado.....	23
2.2.4 Dados y matrices.....	28
2.3 Desgaste y mantenimiento	31
2.4 Estándares de inspección	39
Capitulo III: Metodología.....	44
3.1 Diseño de especificaciones.....	44
3.2 Diseño detallado.....	45
3.2.1 Recolección de información sobre los procesos actuales.....	45

3.2.2 Identificación de problemáticas y limitaciones en el uso del herramental.....	47
3.2.3 Análisis detallado del herramental y condiciones de operación.....	52
3.2.4 Elaboración de propuesta de mejora basada en hallazgos iniciales.....	59
3.3 Simulación.....	60
3.3.1 Implementación inicial de mejoras y pruebas en el proceso.....	60
3.4 Implementación y pruebas	64
Capítulo IV: Resultados y Conclusiones.....	72
4.1 Resultados	72
4.2 Conclusiones	72
Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas	74
Referencias	75

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Imágenes chapas metálicas	11
Ilustración 2. Imagen Cizalla	15
Ilustración 3. Cortadora láser	16
Ilustración 4. Corte por chorro de agua	17
Ilustración 5. Corte por plasma	17
Ilustración 6. Punzonadora	18
Ilustración 7. Laminado	20
Ilustración 8. Troquelado	20
Ilustración 9. Embutido	21
Ilustración 10. Perforado	22
Ilustración 11. Tipos de dados/ punzones/ troqueles	30
Ilustración 12. Tipos de matrices	31
Ilustración 13. Desgaste adhesivo	32
Ilustración 14. Desgaste abrasivo	32
Ilustración 15. Diagrama de proceso de fabricación	46
Ilustración 16. Desgaste menor en matriz	48
Ilustración 17. Desgaste mayor en matriz	48
Ilustración 18. Falta de doblez en pieza de calibración	49
Ilustración 19. Zona donde falta presión de doblez	49
Ilustración 20. Tipo de ajuste para cierre de pieza	50
Ilustración 21. Tipo de ajuste para cierre de pieza invertida	50
Ilustración 22. Tipo de ajuste para cierre de pieza más larga	51
Ilustración 23. Tipo de ajuste para cierre de canal	51
Ilustración 24. Tipo de ajuste para cierre de pieza	52
Ilustración 25. Plano gabinete tamaño 1 pág. 1	53
Ilustración 26. Plano gabinete tamaño 1 pág. 2	53
Ilustración 27. Plano gabinete tamaño 1 pág. 3	54
Ilustración 28. Plano gabinete tamaño 1 pág. 4	54
Ilustración 29. Simulación en SolidWorks de envolvente	55
Ilustración 30. Simulación en SolidWorks de cabecera inferior	56
Ilustración 31. Simulación en SolidWorks de cabecera superior	57
Ilustración 32. Identificación de matriz C16	58
Ilustración 33. Simulación de matriz C16 en SolidWorks	58
Ilustración 34. Simulación de forma de matriz en SolidWorks	59
Ilustración 35. Formato de proceso pág. 1	60
Ilustración 36. Formato de proceso pág. 2	60
Ilustración 37. Formato de mantenimiento preventivo	62
Ilustración 38. Formato de mantenimiento por condición	63
Ilustración 39. Implementación de formato de proceso pág. 1	66
Ilustración 40. Implementación de formato de proceso pág. 2	67

Índice de Tablas

Tabla 1. Calibre de láminas.....	10
Tabla 2. Cronograma de mantenimiento preventivo.....	64
Tabla 3. Cronograma de mantenimiento de todas las matrices.....	65
Tabla 4. Medición de ángulo 90 grados.....	68
Tabla 5. Medición de ángulo 135 grados.....	68
Tabla 6. Resultado Cp/Cpk de 90 grados	69
Tabla 7. Resultado Cp/Cpk de 135 grados	69
Tabla 8. Medición de ángulo 90 grados con matriz rectificadora	70
Tabla 9. Medición de ángulo 135 grados con matriz rectificadora	70
Tabla 10. Resultado Cp/Cpk de 90 grados con matriz rectificadora	71
Tabla 11. Resultado Cp/Cpk de 135 grados con matriz rectificadora	71

Capítulo I: Introducción

1.1 Planteamiento del problema

En la industria metalmecánica, la calidad del producto final y la eficiencia operativa de los procesos de estampación y doblado de chapa metálica dependen en gran medida del estado y aplicación adecuada del herramental, particularmente de los dados y matrices. Cuando este herramental presenta desgaste excesivo, deformaciones o una selección inadecuada, se generan defectos como fugas en ángulos, fisuras en zonas de doblado, marcas no deseadas o variaciones dimensionales, lo que deriva en retrabajos, pérdidas de materiales, paros no planificados y baja repetibilidad del proceso.

Según Álvarez Bermúdez (2009), las condiciones geométricas de las matrices y punzones deben mantenerse con precisión para asegurar piezas conformadas bajo tolerancias estrictas, ya que cualquier desviación impacta directamente en la calidad.

Emilio, G.B. (2012) afirma que parámetros como el tipo de acero, el ángulo del dado y holgura entre elementos determinan la calidad del doblado, y su mal control genera variaciones críticas.

Rodríguez Llanes (2021) también indica que la relación entre el espesor de la chapa y la abertura del dado debe ser controlada rigurosamente para evitar defectos estructurales en la zona de flexión.

Adicionalmente Villarón Osorno et al. (2019) destacan que una adecuada gestión del desgaste mediante tecnologías como la reconstrucción aditiva puede prolongar la vida útil de los dados de doblado y garantizar la eficiencia del proceso.

Por su parte, Nowak et al. (2020) sostienen que tratamientos mecánicos y térmicos mejoran la resistencia superficial del herramental, permitiendo un desempeño más estable bajo cargas cíclicas.

A pesar de su importancia, en muchas empresas no existe un sistema formal para evaluar el estado, desgaste y desempeño del herramental, lo que impide implementar acciones correctivas a tiempo, dificultando la mejora continua y reduciendo la eficiencia operativa. Además, la falta de planos actualizados y estandarizados limita la trazabilidad de las condiciones óptimas de trabajo.

En el caso de la empresa Servicios Metálicos Muri S.A de C.V., hay una amplia fabricación de gabinetes y tableros industriales los cuales suelen llevar medidas estandarizadas, pero también existen gabinetes o tableros con modificaciones que se adaptan a las necesidades de los clientes, esto nos lleva a la problemática en la que los planos están muy desactualizados con las medidas necesarias o la falta de pasos a seguir para una operación eficaz. Teniendo como resultado, tiempo muerto entre operaciones ya que se debe hacer búsquedas de dichos planos y hacer las observaciones en dado caso que, si sean planos de piezas con medidas especiales o con alguna modificación, para después observar que continuidad se podrá dar entre piezas a realizar que coincidan con los dados y matrices a utilizar o simplemente ir cambiando de herramienta conforme salgan las piezas. Esta forma de trabajar hace que se utilicen de forma inadecuada dados y matrices, ya que, en ocasiones cuando el área se ve saturada se pasa desapercibido el cambiar dichos dados o matrices, y se termina dando un desgaste innecesario en el herramental.

Ante esta problemática surge la necesidad de encontrar la manera de poder agilizar estas operaciones sin crear un estancamiento en el área, por lo que se hará un análisis dentro de la línea de producción enfatizando el área de estampación y doblaje.

1.2 Estado del Arte

El análisis y optimización del herramental en procesos de estampación y doblez de chapa metálica (específicamente dados y matrices) es un factor crítico para mejorar la eficiencia operativa y garantizar la calidad dimensional de las piezas fabricadas. En la industria metalmecánica, la precisión en los radios de doblez, la estampación del ángulo y la reducción de defectos como agrietamiento o deformaciones superficiales son aspectos directamente ligados al diseño, selección y mantenimiento del herramental.

En primer lugar, Mora (2007) desarrolla una tesis enfocada en la simulación del proceso de estampado en chapas metálicas y su recuperación elástica (springback), fenómeno que afecta negativamente la precisión del ángulo de doblez. A través del software por elementos finitos Stampack, se simularon múltiples configuraciones de matrices con variaciones en el radio y el ángulo de abertura. Las simulaciones mostraron que las matrices con mayor radio de curvatura y una holgura adecuada entre dado y punzón redujeron significativamente la desviación del ángulo final.

Conclusión del estudio: El rediseño del herramental redujo hasta en un 35% los errores por recuperación elástica, validando el uso de simulaciones CAE como herramienta para optimizar matrices antes de su fabricación física.

A su vez, O y Carrasquero (2017) analizaron la influencia del recubrimiento galvanizado en los procesos de conformado en frío, especialmente cuando se trabaja con matrices de radios pequeños. El estudio comparó piezas con y sin recubrimiento usando ensayos de doblez y microscopia para observar microgrietas y fallas superficiales.

Conclusiones del estudio: El uso de recubrimientos superiores a 25 micras, combinado con matrices de radios pequeños, generó grietas por concentración de esfuerzos en la superficie externa

de doblez. Se concluyo que los dados deben adaptarse a la resistencia superficial del recubrimiento y a las propiedades mecánicas del acero base.

Por otra parte, Cala, Breffe y Fernández (2020) propusieron una metodología para la selección adecuada de matrices y punzones, considerando el tipo de acero, espesor de la chapa y geometría final deseada. Su enfoque se basó en el uso de modelado CAD y simulaciones FEM para reducir defectos antes de realizar prototipos físicos.

Conclusión del estudio: Matrices con ángulos de apertura mayores a 85° permitieron una mejor distribución de esfuerzos durante el doblez, reduciendo defectos como agrietamientos y arrugas. Se concluyo que una holgura mal definida entre punzón y matriz es una de las principales causas de marcas superficiales.

El estudio técnico de John Martin (2022) titulado Monitorización y control de procesos para la industria de la estampación y de la deformación en frío. Este informe industrial presenta soluciones aplicadas en el monitoreo activo del herramental, mediante sensores piezoeléctricos embebidos en las matrices y punzones.

Conclusiones del estudio: la implementación de sensores en el herramental permite la detección inmediata de sobrecargas, desgaste o variaciones fuera de tolerancia, lo cual reduce la generación de piezas defectuosas y extiende la vida útil del herramental. La principal recomendación del estudio es integrar sistemas de monitoreo como parte de una estrategia de mantenimiento preventivo.

También, Yona et al. (2022) llevaron a cabo un análisis experimental sobre como diferentes combinaciones de matrices, punzones y holguras afectan a la calidad final del doblez. El estudio

incluyo 40 configuraciones distintas con diferentes tipos de acero, espesores y geometrías de herramental.

Conclusiones del estudio: Se concluyó que el ajuste preciso de la holgura entre punzón y matriz, junto con un radio de curvatura adecuado, puede reducir hasta un 60% los efectos relacionados con la precisión del ángulo y marcas superficiales. El equipo propuso la creación de una base de datos de combinaciones óptimas, que serviría como guía de estandarización de herramental para procesos productivos.

A través del análisis de estos cinco estudios, se concluye que la optimización de matrices y dados no solo mejora la calidad del producto final, sino que también incrementa la eficiencia y sostenibilidad del proceso. Las investigaciones coinciden en que una mala selección del herramental puede derivar en defectos como ángulos inexactos, arrugas, grietas y bajo aprovechamiento de materiales. Asimismo, el monitoreo del desgaste y la estandarización del diseño de matrices y punzones son estrategias clave para mejorar la calidad y reducir variabilidad en el proceso.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Desde el punto de vista académico y teórico, el presente proyecto presenta una aplicación integral de conceptos de diseño mecánico, procesos de manufactura y control de calidad en un entorno industrial real. Al abordar el análisis y mejora del herramental (dados y matrices) en procesos de estampación y doblado, se generan aportes relevantes para el estudio de la relación entre el desgaste de herramientas y la calidad de las piezas metálicas fabricadas. Además, se utilizan herramientas como AMEF, estudios de capacidad (C_p/C_{pk}) y graficas de control, lo cual fortalece el uso de metodologías propias de la ingeniería y manufactura avanzada. Esto no solo enriquece la formación técnica del ingeniero, sino que también contribuye a generar conocimientos aplicables y replicables en otras áreas del sector metalmeccánico.

1.3.2 Justificación social

En el ámbito social, el proyecto fomenta la vinculación directa entre la academia y el sector productivo. Al intervenir en la mejora de procesos dentro de una empresa, se contribuye a elevar los estándares de calidad del producto final, lo cual puede impactar positivamente en los clientes y usuarios finales de los gabinetes eléctricos u otras estructuras metálicas. Además, la colaboración entre la institución educativa y la empresa fortalece el modelo de educación dual, donde el estudiante aplica sus conocimientos para resolver problemas reales, promoviendo su desarrollo profesional, sentido de responsabilidad y compromiso social.

1.3.3 Justificación económica

Desde una perspectiva económica, el análisis y mejora del herramental tiene un impacto directo en la eficiencia operativa de la empresa. Una adecuada supervisión de desgaste, la estandarización de planos y la mejora en los tiempos de cambio de herramienta pueden disminuir defectos de piezas, reducir el número de retrabajos y evitar paros no programados. Esto se traduce

en ahorros significativos en materia prima, tiempos de ciclo y costos de mantenimiento, incrementando la productividad y competitividad de la empresa en el mercado.

1.3.4 Justificación ambiental

El proyecto también contempla una dimensión ambiental importante. Al mejorar la calidad de los procesos de doblado y estampación mediante la optimización del herramental, se disminuye el desperdicio de material derivado de piezas malformadas. Asimismo, la estandarización de procesos, y la implementación de buenas prácticas de mantenimiento contribuyen al uso racional de los recursos, promoviendo una manufactura más limpia y sustentable. Esto es especialmente relevante en un contexto industrial donde cada vez se exige más responsabilidad ambiental en todas las etapas del proceso productivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar y optimizar el uso del herramental utilizado en estampación y doblado de chapa metálica para la eficiencia operativa.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones actuales del herramental utilizado en los procesos de estampación y doblado.
- Identificar las limitaciones y oportunidades de mejora en la selección y aplicación del herramental.
- Proponer mejoras en la estandarización y actualización de planos de doblado.
- Implementar un sistema de control para la supervisión del desgaste y vida útil del herramental.
- Realizar estudios de capacidad de proceso y gráficas de control para evaluar el desempeño de las mejoras implementadas.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Chapa metálica

La chapa metálica es metal formado en piezas delgadas y planas, generalmente mediante un proceso industrial.

Los espesores pueden variar significativamente; Las láminas extremadamente delgadas se consideran papel de aluminio u hoja, y las piezas de más de 6 mm (0,25 pulgadas) de grosor se consideran placa, como la placa de acero, una clase de acero estructural.

La chapa está disponible en piezas planas o tiras enrolladas. Las bobinas se forman pasando una lámina continua de metal a través de una cortadora de rodillos.

En la mayor parte del mundo, el espesor de la chapa metálica se especifica sistemáticamente en milímetros. En los EE. UU., el espesor de la lámina de metal se especifica comúnmente mediante una medida tradicional no lineal conocida como calibre.

Cuanto mayor sea el número de calibre, más delgado será el metal. Las láminas de acero de uso común van desde el calibre 30 hasta el calibre 7 aproximadamente. El calibre difiere entre metales ferrosos (a base de hierro) y metales no ferrosos como el aluminio o el cobre.

CALIBRE N°	ESPESOR (PULGADAS)	ESPESOR (MILIMETROS)
1/2"	0.5	12.7
7/16"	0.4375	11.11
3/8"	0.375	9.53
5/16"	0.3125	7.94
1/4"	0.25	6.35
3	0.2391	6.07
4	0.2242	5.69
5	0.2092	5.31
6	0.1943	4.94
3/16"	0.1875	4.76
7	0.1793	4.55
8	0.1644	4.18
9	0.1495	3.8
10	0.1345	3.42
1/8"	0.125	3.18
11	0.1196	3.04
12	0.1046	2.66
13	0.0897	2.28
14	0.0747	1.9
15	0.0673	1.71
1/16"	0.0625	1.59
16	0.0598	1.52
17	0.0538	1.37
18	0.0478	1.21
19	0.0418	1.06
20	0.0359	0.91
21	0.0329	0.84
1/32"	0.0312	0.79
22	0.0299	0.76
23	0.0269	0.68
24	0.0239	0.61
25	0.0209	0.53
26	0.0179	0.45
27	0.0164	0.42
1/64"	0.0156	0.4
28	0.0149	0.38
29	0.0135	0.34
30	0.012	0.3

Tabla 1. Calibre de láminas

Muchos metales diferentes se pueden convertir en láminas, como aluminio, latón, cobre, acero, estaño, níquel y titanio.

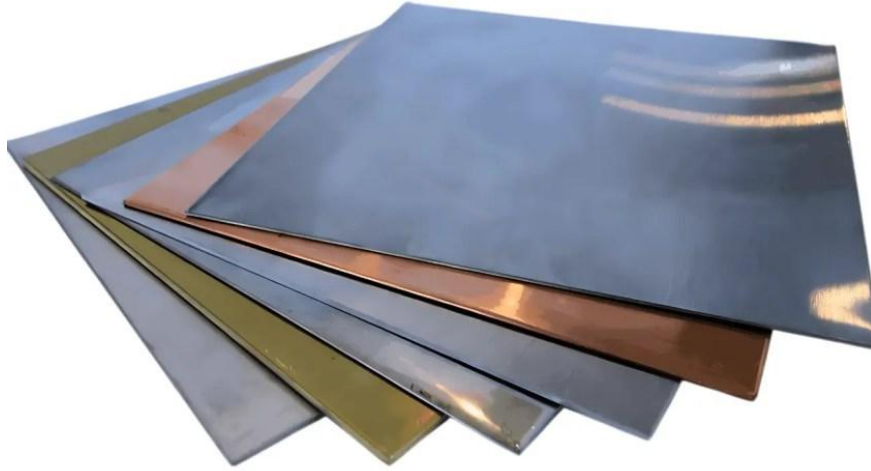


Ilustración 1. Imágenes chapas metálicas

A veces, se adopta el proceso de galvanizado en caliente según sea necesario para evitar que se oxide debido a la exposición constante al aire libre. A veces, se aplica una capa de recubrimiento de color a la superficie de la lámina laminada en frío para obtener una lámina de metal decorativa y protectora, generalmente llamada lámina de metal recubierta de color.

La chapa metálica se utiliza en carrocerías de automóviles y camiones (camiones), electrodomésticos importantes, fuselajes y alas de aviones, hojalata para latas, techos para edificios (arquitectura) y muchas otras aplicaciones.

2.1.1 Tipos de chapa metálica

Hay seis tipos principales de material de chapa metálica, cada uno con sus propias ventajas únicas:

- Aluminio
- Acero aleado

- Acero al carbono
- Acero para herramientas
- Acero galvanizado
- Acero inoxidable

2.1.2 Aluminio

Para aplicaciones que requieren un material más liviano, el aluminio es una excelente opción. Este tipo de chapa ofrece una importante resistencia a la corrosión incluso sin acabado. El aluminio también es fuerte y puede someterse a corte por láser, soldadura y mecanizado.

2.1.3 Acero Aleado

Como su nombre indica, el acero aleado combina múltiples elementos para permitir un conjunto personalizable de propiedades. El componente principal de este material es el acero al carbono.

2.1.4 Acero al carbono

El hierro está aleado con carbono en este material de chapa, lo que proporciona una opción con altas cantidades de resistencia. Dependiendo de la aplicación deseada, un fabricante puede elegir entre acero con niveles bajos, medios o altos de contenido de carbono.

Las bajas cantidades de carbono dan como resultado un material muy versátil, que se encuentra más comúnmente en objetos cotidianos como cercas y puertas.

El acero al carbono medio es una opción popular para automóviles, vehículos y electrodomésticos.

Los niveles más altos de carbono dan como resultado un producto un poco más frágil, ideal para artículos delicados, como alambres.

2.1.5 Acero para herramientas

Inmensamente versátil, el acero para herramientas es una aleación rígida que contiene aproximadamente un uno por ciento de carbono. Al igual que con el acero aleado, los elementos contenidos en el acero para herramientas varían en tipo y proporción según la aplicación deseada. El acero para herramientas es resistente a la abrasión y funciona bien en temperaturas extremas.

Sus propiedades hacen que este tipo de chapa sea ideal para la construcción de herramientas, como punzones, troqueles, cuchillas y martillos.

2.1.6 Acero galvanizado

El acero galvanizado está disponible en dos variedades: láminas electro galvanizadas y láminas con recubrimiento metálico sumergido en caliente. El primero está compuesto por acero recocido laminado en frío. Tiene un recubrimiento de zinc puro sin lentejuelas de zinc.

Este último está compuesto por placas de acero duro laminadas en frío recubiertas con una mezcla de zinc puro y una aleación de hierro y zinc. Este tipo de acero galvanizado ofrece más resistencia a la corrosión y es ligeramente más asequible que las láminas electro galvanizadas.

2.1.7 Acero inoxidable

Este tipo de chapa metálica es ideal para productos que estarán expuestos a la humedad frecuente. Contiene cromo, un elemento que reduce significativamente la corrosión causada por ambientes duros o húmedos.

Los componentes fabricados con chapa metálica de acero inoxidable pueden aumentar la vida útil de un producto o estructura, desde fregaderos de cocina hasta edificios de oficinas.

2.2 Procesos de manufactura con chapa

2.2.1 Corte de chapa

Según el artículo de Jonathan Schlick (2024) El corte de chapa, un proceso fundamental en la industria metalúrgica implica la eliminación precisa de material del stock de chapa para formar una pieza o componente específico. Este proceso, esencial para dar forma a la lámina de metal en una pieza terminada, emplea varias herramientas y técnicas, lo que garantiza la precisión y la eficiencia.

La esencia del corte de chapa radica en su capacidad para transformar una chapa plana en varias formas y tamaños, adaptados a necesidades específicas. Ya sea que esté trabajando con aluminio delgado o acero robusto, es crucial comprender las complejidades del corte de láminas de metal.

Desde el uso de herramientas afiladas como las tijeras de hojalata para cortes simples hasta métodos más avanzados como el corte por láser, el proceso varía significativamente según el perfil deseado y el grosor de la hoja.

En esencia, el corte de chapa metálica se basa en la precisión y el control. Ya sea creando líneas rectas, cortes curvos o patrones intrincados, el arte de cortar láminas de metal consiste en convertir un objeto metálico plano en bruto en una pieza funcional y estéticamente agradable.

Tipos de proceso de corte de chapa

Esquila: El cizallamiento es una técnica muy utilizada en el corte de chapa, conocida por su sencillez y eficacia. Este proceso involucra dos cuchillas afiladas, generalmente hechas de acero para herramientas de alta calidad, colocadas una encima de la otra. La cuchilla superior desciende para cortar la chapa metálica colocada debajo, cortándola con precisión y con un desperdicio mínimo.

Aplicaciones del cizallamiento en el corte de chapa:

- Ideal para realizar cortes en línea recta sobre chapa plana.
- Adecuado para cortar láminas de metal de diferentes grosores, aunque generalmente se usa para materiales más delgados.
- A menudo se emplea en la conformación preliminar del metal antes de que se someta a un procesamiento posterior.



Ilustración 2. Imagen Cizalla

Corte por láser: El corte láser destaca por su precisión y versatilidad. Este método utiliza un láser de alta potencia enfocado en la lámina de metal, derritiendo, quemando o vaporizando el material a lo largo de la línea de corte deseada. Las máquinas de corte por láser suelen estar controladas por sistemas CNC, lo que permite patrones y formas intrincados.

Aplicaciones del corte láser en el corte de chapa:

- Produce cortes muy precisos y limpios, perfectos para diseños detallados.
- Capaz de cortar varios tipos y espesores de metal, incluidos acero, aluminio y titanio.

- Se utiliza con frecuencia en industrias que requieren alta precisión, como la fabricación aeroespacial y automotriz.
- Ofrece flexibilidad para cortar formas complejas y piezas pequeñas e intrincadas.



Ilustración 3. Cortadora láser

Corte por chorro de agua: El corte por chorro de agua es una operación de corte de chapa versátil y potente que utiliza un chorro de agua a alta presión, a menudo mezclado con materiales abrasivos, para cortar el metal. Esta técnica es conocida por su precisión y capacidad para cortar una amplia gama de materiales.

Aplicaciones del corte por chorro de agua en el corte de chapa:

- Ideal para materiales sensibles a las altas temperaturas, ya que no genera calor.
- Capaz de cortar formas complejas con alta precisión.
- Adecuado para una variedad de materiales, incluidos metales, vidrio y compuestos.
- A menudo se utiliza para proyectos que requieren una distorsión mínima del material y ninguna zona afectada por el calor.

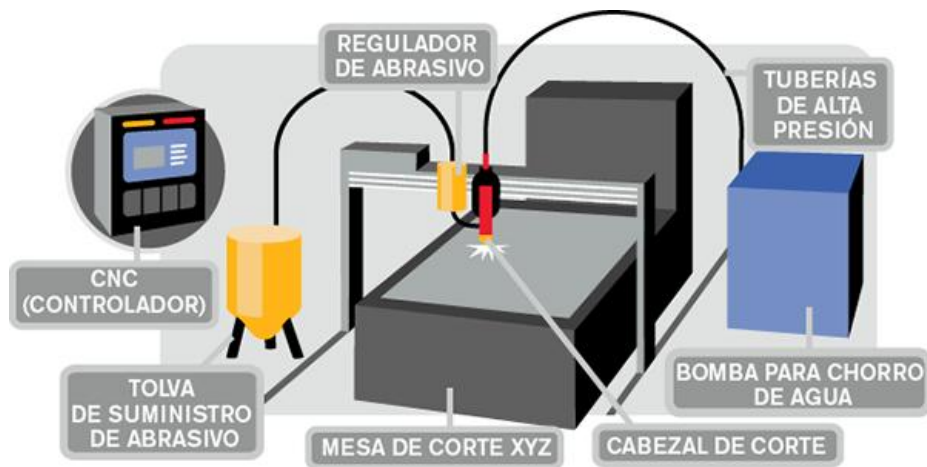


Ilustración 4. Corte por chorro de agua

Corte por plasma: El corte por plasma es un proceso que emplea un soplete de plasma para cortar materiales conductores de electricidad como el acero, el acero inoxidable y el aluminio. Este método es favorecido por su velocidad y capacidad para cortar materiales gruesos.

Aplicaciones del corte por plasma en el corte de chapa:

- Eficiente para cortar láminas y placas de metal gruesas.
- Se utiliza ampliamente en aplicaciones de fabricación pesada, automotrices e industriales.
- Capaz de producir cortes relativamente limpios con una pequeña zona afectada por el calor.
- Ideal para proyectos a gran escala donde la velocidad es un factor crítico.



Ilustración 5. Corte por plasma

Punzonadora: El punzonado, una operación común de corte de chapa, implica el uso de un punzón y un troquel para crear agujeros o recortar formas de la lámina de metal. La operación de punzonado es muy eficiente para crear patrones o formas repetitivas.

Aplicaciones del punzonado en el corte de chapa:

- Se utiliza habitualmente para crear agujeros, ranuras o formas en láminas de metal.
- Esencial en la producción en masa para una producción constante y rápida de piezas.
- A menudo se combina con otros procesos como el doblado o el conformado.
- Adecuado para una variedad de materiales, con diferentes espesores.



Ilustración 6. Punzonadora

Blanking: El blanking es un proceso de corte de chapa metálica en el que se utilizan un punzón y un troquel para cortar una pieza de la hoja principal, conocida como pieza en bruto. Este método es conocido por su precisión y repetibilidad.

Aplicaciones del corte en el corte de chapa:

- Ideal para producir piezas planas y uniformes en grandes cantidades.
- De uso frecuente en las industrias automotriz y de electrodomésticos.

- Permite tolerancias estrictas y bordes limpios.
- Eficiente para procesar una variedad de tipos y espesores de metal.

Desbarbado: El desbarbado es un proceso de acabado que se utiliza después de cortar la chapa para eliminar los bordes afilados o las rebabas. Esta operación garantiza la seguridad y la calidad de las piezas de chapa.

Aplicaciones del desbarbado en el corte de chapa:

- Esencial para mejorar la seguridad y el manejo de piezas metálicas.
- Se utiliza en diversas industrias para garantizar que las piezas encajen correctamente y funcionen según lo previsto.
- Se puede realizar de forma manual o utilizando maquinaria especializada.
- Importante para preparar piezas para procesos posteriores como la pintura o el montaje.

2.2.2 Estampado

En el artículo publicado en Aranda Tooling, LLC. (2024) nos dice que El estampado de chapa metálica consta básicamente de tres componentes: la chapa, la matriz y la prensa. Sin embargo, cualquier pieza puede requerir varios pasos para alcanzar su forma final.

Conformado: El conformado describe el proceso de transformar el metal plano en otra forma mediante la aplicación de fuerza. Se logra de varias maneras, según las especificaciones de diseño de la pieza. Mediante una serie de operaciones, el metal puede transformarse de una forma relativamente simple a una compleja.

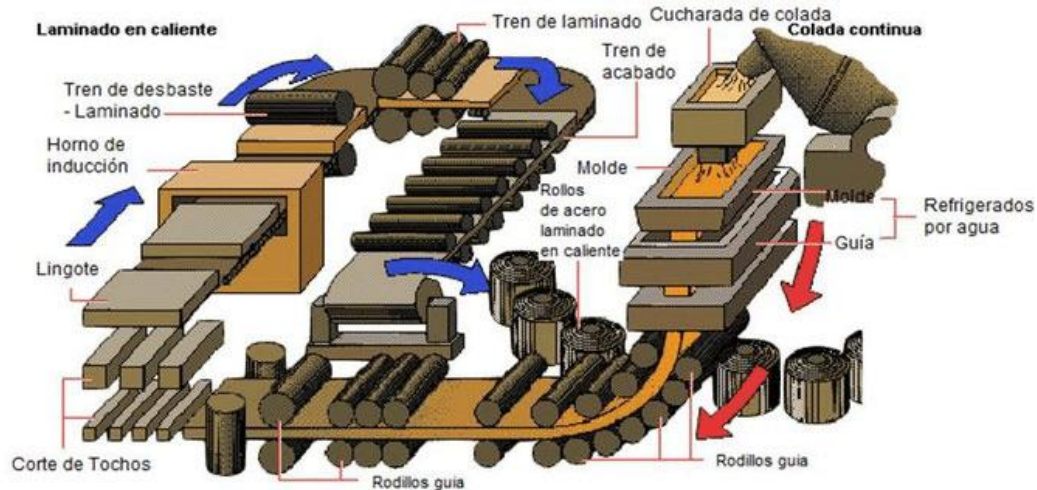


Ilustración 7. Laminado

Troquelado: El troquelado es la técnica más básica y se inicia cuando la lámina o pieza bruta se introduce en la prensa, donde el troquel corta la forma deseada. La pieza resultante se denomina pieza bruta. Esta pieza bruta puede ser la pieza deseada, también conocida como pieza bruta completamente terminada, o puede continuar con el siguiente paso de conformado.



Ilustración 8. Troquelado

Embutido: El embutido es una operación más compleja y permite formar vasos o depresiones profundas. Se utiliza tensión para introducir cuidadosamente el material en una cavidad y modificar su forma. Aunque el material puede estirarse durante el embutido, los técnicos intentan evitarlo al máximo para mantenerlo intacto. Los fregaderos, los utensilios de cocina y los cárteres de aceite para vehículos suelen fabricarse mediante embutido.

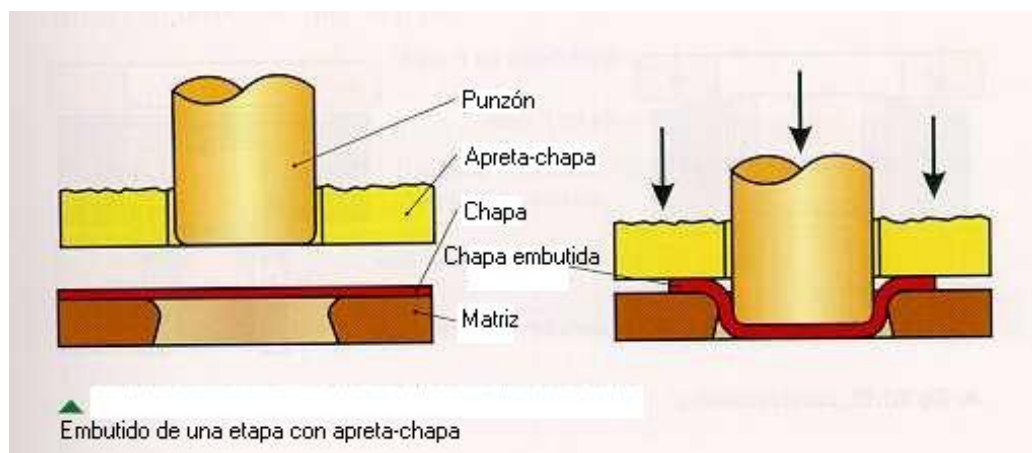


Ilustración 9. Embutido

Perforar: Perforar es prácticamente lo opuesto a troquelar, pero en lugar de guardar los espacios en blanco, los técnicos utilizan el material que rodea el área perforada. Por ejemplo, imaginemos cortar galletas de un círculo de masa estirada. Durante el troquelar, las galletas se guardan; durante la perforación, en cambio, se desechan, y el resultado deseado son los restos agujereados.



Ilustración 10. Perforado

Estas herramientas duraderas facilitan la producción precisa de gran volumen y favorecen la economía de escala. Sin embargo, para garantizar que los procesos de estampación de metal generen productos de alta calidad, es fundamental utilizar el tipo de matriz adecuado para su proyecto.

Tipos de matrices

Para satisfacer las necesidades específicas de proyectos muy diversos, los fabricantes disponen de múltiples tipos de matrices. Tres variedades comunes en las operaciones de estampación de metal son las matrices compuestas, combinadas y progresivas.

Compuesto

Las matrices compuestas ofrecen una funcionalidad compuesta: cada carrera de prensado realiza varias operaciones simultáneamente. Como resultado, pueden generar con rapidez y eficiencia incluso piezas metálicas complejas. Al elegir una matriz para sus necesidades, tenga en cuenta que las matrices compuestas son más adecuadas para cortar que para conformar.

Combinación

Las matrices combinadas son similares a las matrices compuestas en su capacidad operativa de un solo golpe. Sin embargo, esta variedad de matriz es ideal tanto para el conformado como para el corte. Esto permite a los fabricantes utilizarlas para productos que requieren múltiples técnicas de conformado de metal, como procesos de plegado, conformado, perforación y troquelado de chapa metálica.

Progresivo

Estas matrices de estampación en frío mueven una tira de materia prima a través de sus diversas estaciones, donde la matriz realiza una acción de estampación por golpe en cada una. Las piezas metálicas permanecen unidas a la tira hasta que pasan por la última estación de la matriz, momento en el que se completan y se separan. En esta configuración, varias piezas pasan por la prensa simultáneamente, cada una en una etapa diferente del proceso de estampación en un juego de moldes.

2.2.3 Doblado

En el artículo publicado por Zintilon (2024) nos dice que el proceso de doblar o dar forma a láminas de metal para crear un producto con una geometría específica se llama doblado de metal. Con la ayuda de una dobladora de chapa, se aplica fuerza a una pieza de trabajo para cambiar su geometría y producir la forma deseada. Realizar un procedimiento de doblado de chapa no es tan fácil como parece; Los muchos requisitos son verificar el material del producto, calcular el factor k , determinar la forma del metal y muchos más. El metal es particularmente único en operaciones de doblado debido a su maleabilidad.

¿Cómo doblar chapa de metal?

Hay una variedad de máquinas disponibles para doblar láminas de metal. Normalmente se encuentra en pequeños talleres mecánicos, el tipo de dispositivo más popular es la máquina plegadora. Puede operarse manualmente o con control numérico computarizado (CNC) y un sistema hidráulico. Ambas máquinas funcionan con los mismos principios, pero la experiencia del operador varía. El siguiente procedimiento se centra en cómo funciona una máquina plegadora CNC:

Determinar los parámetros de diseño.

Determine los parámetros de diseño, como la fuerza necesaria, la línea de doblez (el lugar donde se aplica la fuerza) y la secuencia de dobleces (si las hay), antes de usar la plegadora para chapa. También está la decisión de qué troquel usar para las curvas.

Configurar la prensa Freno de flexión

La máquina dobladora CNC debe programarse con la información calculada para configurar la plegadora. Sólo entonces podrá determinar el doblez adecuado y la secuencia para realizar los dobleces en el metal. Se deben fijar la herramienta y el troquel adecuados para preparar la prensa y el freno para el doblado.

Alinear la pieza

Alinee el metal alrededor del troquel y la herramienta. La lámina de metal se doblará en la línea de plegado mediante el funcionamiento de la máquina.

Engrane la plegadora

Presione el botón de liberación para aplicar los parámetros de fuerza ingresados en la plegadora CNC en el segundo paso. La pieza se puede sacar y preparar para la siguiente etapa de producción después de que la plegadora haya doblado el metal.

Métodos de doblado de láminas de metal

Estos son los métodos estándar de doblado de chapa:

Doblado rotativo

El proceso de doblado por estirado rotatorio implica sujetar láminas de metal a un troquel giratorio y estirar el metal alrededor del troquel para crear una forma cuyo radio corresponda al radio de curvatura requerido. En esta técnica se utiliza frecuentemente un mandril de soporte interno para evitar que la chapa doblada se arrugue.

Doblado de rodillos

La chapa de metal se puede doblar en rollos, tubos, conos o formas curvas utilizando la técnica de doblado por rollo. En este proceso especial de conformado de láminas de metal se utilizan juegos de rodillos para alimentar y doblar el material metálico en la curvatura requerida.

Las láminas de metal se pueden formar en varios perfiles de sección transversal con múltiples curvas de flexión mediante curvado por rodillos. Es beneficioso para producir componentes de chapa metálica extremadamente largos con anchos de hasta 20 pulgadas y espesores que oscilan entre 0.004 y 0.125 pulgadas. La máquina dobladora de rodillos, por ejemplo, se puede utilizar para fabricar prototipado rápido piezas como paneles, rieles y estanterías, que generalmente se utilizan en edificios para aplicaciones de HVAC, iluminación y techos.

Cilíndrico

Una variación de la flexión en V conocida como "tocar fondo" o "flexión del fondo" también resuelve el problema del retorno elástico. Después del doblado, implica ejercer una fuerza adicional a través de la punta del punzón para deformar la chapa en la región de doblado.

El fondo proporciona un control preciso sobre el ángulo de curvatura, al igual que lo hace la curvatura con aire. Sin embargo, requiere una prensa de mayor tonelaje que la de doblado de fondo.

Flexión de aire

De manera similar a la técnica de doblado en V, el doblado por aire también utiliza un punzón y una matriz en forma de V para doblar láminas de metal. El punzón en la técnica de curvado por aire, a diferencia del método tradicional de curvado en V, no presiona la lámina hacia el fondo de la cavidad. A diferencia del plegado en V tradicional, permite un mayor control sobre el ángulo de plegado porque deja espacio (o aire) debajo de la lámina.

Por ejemplo, supongamos que tiene un punzón y muere en un ángulo de 90°. Los ángulos de curvatura se pueden lograr con el método de curvatura por aire entre noventa y ochenta y un grados. Debido a que experimenta menos recuperación elástica (un término que describe la recuperación parcial de una pieza de chapa doblada a su geometría antes de aplicar fuerza de flexión), este método también garantiza un resultado más preciso. Las curvaturas irregulares se deben a la recuperación elástica, lo cual no es deseable.

Limpie la flexión

La técnica de doblado por limpieza utiliza una almohadilla de presión para sujetar la lámina de metal contra un troquel por limpieza. Luego, el punzón fuerza el borde de la hoja que sobresale más allá del troquel y la almohadilla de presión para que se doble sobre el extremo del troquel.

Puede crear las curvas deseadas (y los ángulos de curvatura) con menos fuerza cuando utiliza este método porque tiene una buena ventaja mecánica. Sin embargo, podría haber mejores opciones para hacer ángulos de curvatura agudos porque eso requeriría una maquinaria más sofisticada que pudiera aplicar fuerza horizontal.

Doblado en V

La técnica más popular para doblar chapa es el doblado en V. El método de doblado en V, como su nombre indica, utiliza un punzón y un troquel en forma de V para doblar el metal en los ángulos deseados. La pieza de trabajo de chapa es forzada a entrar en la ranura en “forma de V” de la matriz mediante el punzón en forma de V, creando chapa con varios ángulos de curvatura. Por ejemplo, dependiendo del ángulo del punzón en forma de V y del troquel, se pueden lograr ángulos de curvatura agudos, obtusos o de 90°.

¿Cuáles son las diversas técnicas para doblar chapa metálica?

Múltiples herramientas implican una variedad de técnicas de doblado de metales. Para seleccionar el mejor método para su empresa, primero debe comprender las diferencias entre los distintos enfoques.

Doblado por láser

La flexión por láser es un método relativamente nuevo que crea curvas excelentes utilizando la precisión de un rayo láser. Los beneficios de las plegadoras y el corte por láser se combinan en una máquina dobladora por láser.

Primero, corte la lámina de metal al tamaño y forma adecuados con el láser. Luego, continúe usando el láser para calentar el área doblada de la hoja para hacer que el metal sea más flexible y,

por lo tanto, más fácil de doblar. Se utiliza una prensa plegadora convencional para doblar la hoja después de haberla calentado.

La capacidad de doblar con rapidez y precisión láminas extremadamente gruesas es solo uno de los muchos beneficios de esta técnica de doblado. Además, permite crear dobleces con ángulos extremadamente agudos sin correr el riesgo de que la lámina se agriete o deforme.

Prensa plegadora

La plegadora es fundamental para la producción de estructuras que implican trabajos de chapa. Una lámina de metal se dobla golpeándola hasta darle la forma deseada contra un troquel. Con esta máquina podrás doblar chapas de hasta 20 mm de espesor. Las plegadoras mecánicas e hidráulicas son los dos tipos de plegadoras.

Puede crear curvas en forma de U o V con una plegadora. Cuando el metal está completamente perforado en la forma del troquel, se hace una curva en V. Este tipo de plegado se limita a láminas con un espesor no superior a 2 mm.

Una plegadora también puede realizar una curvatura por aire, en la que el punzón solo presiona la hoja en el ángulo requerido en lugar de introducirla completamente en el troquel. Una herramienta versátil, la plegadora puede doblar láminas de varios espesores de varias maneras.

2.2.4 Datos y matrices

Las matrices de las plegadoras incluyen matrices en V, matrices en U y matrices en Z, siendo las matrices en V las más comunes. La longitud mínima de la brida debe ser al menos 4 veces el grosor del material; de lo contrario, no se puede obtener el ángulo de plegado exacto.

Los juegos de matrices en V con diferentes anchuras de apertura se adaptan a los punzones correspondientes, lo que permite a la plegadora doblar en diferentes ángulos y materiales. De este modo, la prensa plegable puede doblarse en diferentes ángulos y con distintos materiales.

El utillaje para prensas plegadoras se clasifica en 2 tipos: punzón y matriz.

Tipos de punzón

- Punzón estándar: El tipo de punzón más utilizado para el plegado general. Su cuerpo más grueso y la punta estrecha del punzón ejercen un mayor tonelaje que resulta útil para doblar el material más grueso.
- Punzón para ángulos agudos: El punzón de ángulo agudo se utiliza para doblar ángulos agudos, generalmente entre 25° y 60°.
- Punzones de cuello de cisne: Normalmente robustos, pero no tan fuertes como otros punzones debido a su forma angular única y a la línea de fuerza no soportada en el camino hacia la pieza de trabajo. Una variación de este estilo es el punzón de cuello de cisne, también utilizado para el perfilado en U.
- Punzón de arco: Se utiliza para doblar formas de arco.
- Punzón Cuchillo Doblador: Se utiliza para evitar dobleces múltiples.
- Punzón conformador: Se utiliza para el conformado único de formas complejas.

Punch Profiles

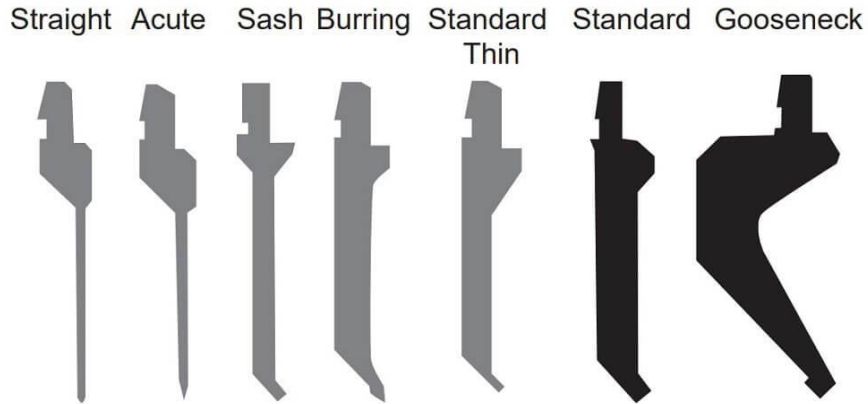


Ilustración 11. Tipos de dados/ punzones/ troqueles

Tipos de troqueles para prensas plegadoras

También hay una amplia gama de tipos de troqueles.

- Troquel en forma de V: El troquel más común, dividido en los tipos V simple, V doble y V múltiple.
- Matriz en forma de U: Se utiliza para doblar en forma de U.
- Troquel cuádruple: Las cuatro caras tienen ranuras de diferentes tamaños.
- Matriz de conformado de cajas: se utiliza para doblar piezas en forma de caja.
- Matriz de conformado ondulado: Se utiliza para conformar piezas onduladas.
- Troquel sin impresión: Incluye el tipo de cojinete de bolas, el tipo de aleta y el tipo de poliuretano, que pueden evitar las marcas de flexión.

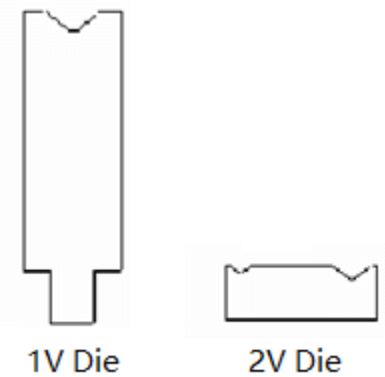


Ilustración 12. Tipos de matrices

2.3 Desgaste y mantenimiento

En el artículo publicado por ANTALA (2021) nos dice que se puede definir el desgaste como el daño o erosión que ha sufrido una superficie sólida debido al deslizamiento, rodadura o impacto contra otra superficie sólida. No es una propiedad material, sino una respuesta del sistema. Normalmente, el desgaste es indeseable ya que puede conducir a una mayor fricción y, en última instancia, a fallos de maquinaria o pérdida de funcionalidad. Por lo tanto, para reducir el desgaste (y en consecuencia la fricción) es crucial aplicar una fina película de lubricante entre las superficies en contacto.

Tipos de desgaste:

Desgaste adhesivo

Este desgaste es el segundo más común en la industria y ocurre cuando dos superficies sólidas se deslizan una sobre la otra bajo presión. El aspecto de la superficie desgastada será de ralladuras irregulares y superficiales. Su intensidad depende de varios factores físicos y químicos, pero generalmente aumentará con valores más altos de densidad de energía superficial. Las películas de oxidación, la presencia de lubricantes, contaminantes o cargas menores, sin embargo, suprimirán su efecto.

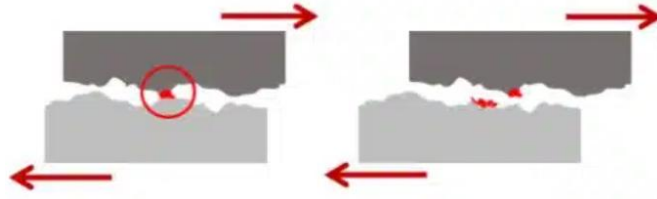


Ilustración 13. Desgaste adhesivo

Desgaste abrasivo

El desgaste abrasivo se produce cuando una superficie dura y rugosa se desliza sobre una superficie que es relativamente más blanda. También es el tipo de mecanismo de desgaste más frecuente que se encuentra en la industria.

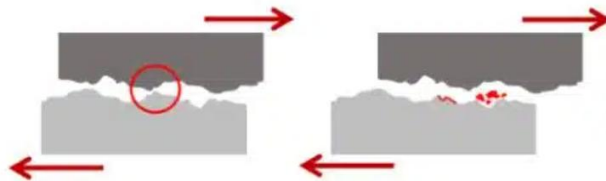


Ilustración 14. Desgaste abrasivo

Fatiga superficial

La fatiga superficial es el tipo de desgaste en el que la superficie de un material se debilita por cargas cíclicas. Se produce cuando las partículas de desgaste se separan de las superficies sólidas por la acumulación de micro daños en el material. El mecanismo de desgaste en acción combina la formación de grietas y huecos en las superficies sólidas, que se amplifican con el funcionamiento de los ciclos.

Desgaste por fricción

El desgaste por fricción se produce entre dos superficies en contacto con un roce cíclico constante de pequeña amplitud. Aparecen grietas por fatiga, que a menudo resultan en rupturas por fatiga debido a la fricción en los ejes y otros componentes altamente sometidos a tensión.

Desgaste por erosión

El desgaste por erosión es un fenómeno que consiste en la pérdida de material de una superficie por estar sometida a impactos repetitivos de partículas sólidas o líquidas. Se produce cuando las partículas eliminan gradualmente el material de la superficie por impacto continuo, deformándolo y dañándolo. El impacto del desgaste erosivo puede verse afectado por la naturaleza de las partículas impactantes (su tamaño, forma y dureza).

Desgaste por corrosión y oxidación

El desgaste por corrosión y oxidación se produce como un efecto combinado de acción química y mecánica. La acción química aumenta la porosidad de la superficie, mientras que la acción mecánica conduce al desgaste. También hay una serie de factores que afectan el desgaste en este caso, como un diseño inadecuado del mecanismo o la imposibilidad de eliminar suficiente calor o humedad de la zona de contacto.

El mantenimiento según el artículo publicado por Fracttal (2025) nos dice que es un enfoque proactivo cuyo objetivo principal es prevenir fallas en los equipos, minimizar el tiempo de inactividad y prolongar la vida útil de los activos. En lugar de esperar a que los equipos se averíen, identificamos y solucionamos problemas potenciales antes de que causen problemas importantes.

El mantenimiento preventivo incluye inspecciones regulares, lubricación, limpieza, calibración y reemplazo de componentes según las recomendaciones del fabricante o intervalos establecidos. Siguiendo un horario de mantenimiento bien definido, podemos asegurar que el equipo funcione a

niveles óptimos de rendimiento, reducir las fallas inesperadas y evitar costosas reparaciones de emergencia.

El mantenimiento preventivo implica desarrollar e implementar un plan integral de mantenimiento. Esto incluye definir criterios de inspección, crear listas de verificación de mantenimiento, establecer intervalos de mantenimiento y asignar responsabilidades a los técnicos de mantenimiento. Es crucial documentar todas las actividades de mantenimiento y mantener registros precisos para rastrear el historial del equipo, identificar tendencias y tomar decisiones basadas en datos.

El mantenimiento preventivo desempeña un papel crucial en garantizar el funcionamiento fluido y eficiente en instalaciones. No se trata solo de una tarea adicional que se debe realizar, sino que es una inversión estratégica en la confiabilidad y longevidad de nuestros equipos e infraestructuras.

Minimización del tiempo de inactividad

Al inspeccionar y mantener regularmente los equipos, podemos identificar y solucionar posibles problemas antes de que se conviertan en averías importantes. Este enfoque proactivo nos ayuda a minimizar el tiempo de inactividad no planificado, que puede interrumpir los horarios de producción, afectar la satisfacción del cliente y resultar en costosas reparaciones de emergencia.

Extensión de la vida útil del equipo

Un equipo mantenido adecuadamente tiene una vida útil más larga. Las actividades de mantenimiento regular, como la lubricación, la limpieza y el reemplazo de componentes, reducen el desgaste, previenen fallas prematuras y garantizan un rendimiento óptimo. Esto, a su vez,

maximiza el retorno de la inversión (ROI) de nuestros activos y evita reemplazos prematuros y costosos.

Mejora de la seguridad

Un programa integral de mantenimiento preventivo mejora la seguridad en el lugar de trabajo. Las inspecciones regulares y las actividades de mantenimiento ayudan a identificar y corregir posibles riesgos para la seguridad, como el cableado defectuoso, las fugas o los dispositivos de seguridad desgastados. Al abordar estos problemas de manera proactiva, creamos un entorno de trabajo más seguro para nuestros empleados, contratistas y visitantes.

Ahorro de costes

Aunque implementar el mantenimiento preventivo requiere una inversión inicial en términos de tiempo, recursos y personal, a la larga conduce a importantes ahorros de costes. Al identificar y abordar problemas menores desde el principio, podemos evitar que se conviertan en fallas importantes que son más costosas de reparar. Además, las tareas de mantenimiento rutinario suelen ser menos consumidoras de tiempo y menos costosas que las reparaciones de emergencia.

Mejora de la eficiencia

El equipo bien mantenido funciona de manera más eficiente, lo que resulta en procesos de producción optimizados, menor consumo de energía y una mejora general de la eficiencia. La calibración, la limpieza y la lubricación regulares garantizan que el equipo funcione en su mejor rendimiento, minimizando el desperdicio de energía y maximizando la producción.

Cumplimiento normativo

Muchas industrias tienen requisitos específicos de mantenimiento establecidos por regulaciones y normas. La implementación del mantenimiento preventivo nos ayuda a cumplir con los requisitos de cumplimiento, evitando sanciones, problemas legales y daños a la reputación.

Toma de decisiones basada en datos

Mediante la correcta documentación y registro de las actividades de mantenimiento, podemos recopilar datos valiosos a lo largo del tiempo. Estos datos nos permiten identificar tendencias, rastrear el rendimiento de los activos y tomar decisiones informadas sobre la reparación o el reemplazo. También optimiza los horarios de mantenimiento.

Al enfatizar la importancia del mantenimiento preventivo, podemos establecer una cultura de gestión de activos proactiva. Esto aumentará la confiabilidad del equipo y mejorará la eficiencia operativa. Es una inversión que se traduce en una reducción del tiempo de inactividad, una mayor vida útil del equipo, una mejora de la seguridad, ahorro de costos y una mayor productividad.

Cómo implementar un plan de mantenimiento preventivo

Para llevar a cabo de manera efectiva el mantenimiento preventivo, es fundamental establecer un enfoque estructurado y sistemático. A continuación, se presenta una guía paso a paso sobre el mantenimiento preventivo:

Identificación de equipos

Comience identificando todos los equipos y activos que requieren mantenimiento preventivo. Cree un inventario completo que incluya detalles esenciales como el nombre del equipo, número de modelo, número de serie, ubicación y criticidad.

Planificación del mantenimiento

Elabore un plan de mantenimiento que describa las tareas específicas, las frecuencias y los intervalos para cada equipo. Consulte los manuales de los equipos, las recomendaciones del fabricante y las mejores prácticas de la industria para determinar las actividades de mantenimiento adecuadas. Considere factores como los requisitos operativos, las condiciones ambientales y el cumplimiento de las normativas.

Programación y asignación de tareas

Cree un cronograma de mantenimiento que especifique cuándo debe realizarse cada tarea. Determine la frecuencia en función de factores como el uso del equipo, la criticidad y el rendimiento histórico. Asigne responsabilidades a técnicos de mantenimiento cualificados, asegurándose de que tengan las habilidades y los recursos necesarios para realizar las tareas de manera efectiva.

Inspección y lubricación

Realice inspecciones periódicas del equipo para identificar signos de desgaste, daños o posibles problemas. Esto puede implicar inspecciones visuales, mediciones, pruebas o equipos especializados. La lubricación es una tarea preventiva crítica para garantizar el correcto funcionamiento de las piezas móviles. Siga las pautas del fabricante en cuanto a los tipos de lubricantes, las cantidades y los intervalos de lubricación.

Limpieza y calibración

Limpie el equipo regularmente para eliminar el polvo, los residuos y los contaminantes que afectan al rendimiento. Utilice métodos y agentes de limpieza apropiados que no dañen el equipo. La calibración de instrumentos y controles debe realizarse según un programa predeterminado para mantener la precisión y confiabilidad.

Reemplazo de componentes

Los componentes con una vida útil limitada, como filtros, correas, sellos y rodamientos, deben reemplazarse como parte del mantenimiento preventivo. Consulte los manuales de mantenimiento o los datos históricos para determinar los intervalos de reemplazo. Asegúrese de utilizar únicamente piezas de repuesto de alta calidad y recomendadas.

Documentación y registro

Mantenga una documentación completa de todas las actividades de mantenimiento preventivo. Registre detalles como la fecha, la hora, la tarea realizada, el técnico responsable y cualquier observación o hallazgo. Esta documentación ayuda a realizar un seguimiento del historial de mantenimiento, identificar patrones y respaldar la toma de decisiones basada en datos.

Mejora continua

Evalúe regularmente la efectividad de su programa de mantenimiento preventivo. Analice los datos de rendimiento del equipo, los registros de mantenimiento y los comentarios de los técnicos para identificar áreas de mejora. Ajuste las tareas, las frecuencias o los procedimientos de mantenimiento según sea necesario para optimizar el programa.

Formación y comunicación

Proporcione la formación adecuada a los técnicos de mantenimiento sobre los procedimientos de mantenimiento preventivo, los protocolos de seguridad y los requisitos específicos del equipo. Fomente canales de comunicación abiertos para animar a informar sobre problemas del equipo o sugerencias de mejora.

El mantenimiento preventivo es un proceso continuo que requiere compromiso, atención al detalle y monitoreo constante. Siguiendo diligentemente estos pasos y adaptando el programa según los comentarios y los datos de rendimiento, podemos garantizar que nuestro equipo siga siendo confiable, se minimice el tiempo de inactividad y se maximice la vida útil de nuestros activos.

2.4 Estándares de inspección

¿Qué es una inspección de calidad?

Una inspección de calidad mide, examina y prueba una o varias de las características de los productos y compara los resultados con los requisitos especificados para establecer si se logra la conformidad con los criterios establecidos. La inspección de calidad también se refiere a la verificación de productos, mientras que una auditoría se aplica al análisis del proceso de fabricación. Un inspector de calidad generalmente sigue una lista de verificación preestablecida, que se basa en las especificaciones del producto. Los productos inspeccionados pueden ser utilizados para la producción, como productos semiacabados o se puede tratar de productos terminados listos para su envío a los clientes.

¿Para qué sirve una Inspección de Calidad?

Una inspección de calidad te sirve para evaluar la calidad de tu producto y/o la calidad de tus proveedores, garantizando que cumple la calidad y funcionalidad en todos los procesos.

La inspección de calidad te ayuda a anticipar pérdidas económicas derivadas de la producción de materiales no aceptables, brindando un mejor servicio y soporte a tu cliente.

La detección temprana de un producto te ayuda a reducir scrap.

La inspección de calidad puede llevarse a cabo por diferentes métodos y clasificarse de varias maneras. Cuando se lleva a cabo la garantía de calidad es necesario revisar ocasionalmente los planes de inspección al investigar qué clase de inspecciones deberán llevarse a cabo en cada etapa del proceso de fabricación.

Tipos de Inspección de Calidad

1. Inspección por muestreo

Los sistemas de inspección por muestreo, también conocidos como muestreo de aceptación o muestreo de lotes, es un procedimiento en el que se verifica una o más muestras del lote para determinar su calidad. El muestreo es usado para reducir la necesidad de inspeccionar cada artículo o producto, y reducir así el tiempo y gastos de inspección. La inspección por muestreo tiene cierto número de ventajas sobre la inspección 100 %. La fatiga de los inspectores originada por operaciones repetitivas puede ser un obstáculo serio para una buena inspección 100 %, es más económica y requiere de menor tiempo para su realización.

Algunos de los factores por considerar en la inspección por muestreo serán el nivel de confianza en los proveedores, el costo en que se incurre al aceptar productos defectuosos, y el riesgo del muestreo, que siempre existirá por la naturaleza estadística del proceso. En general, existen dos tipos de errores con probabilidad de ocurrir, el primero es llamado error tipo I, y ocurre cuando rechazamos un lote que cumple con las especificaciones de calidad y el segundo es llamado error tipo II, y ocurre cuando aceptamos un lote que no cumple con las especificaciones de calidad.

Dentro de la inspección por muestreo de la calidad, se distinguen principalmente dos tipos de inspección para controlar los procesos productivos. Estos procesos son los llamados “Inspección por Atributos” e “Inspección por Variables”.

2. Inspección por atributos

La inspección por atributos se puede considerar aquel tipo de inspección de muestras aleatorias de unidades en el que cada artículo o producto es clasificado de acuerdo con ciertos atributos como aceptable o defectuosa, es decir, consiste en averiguar si el material en consideración cumple o no cumple con lo especificado, sin interesar la medida de la característica.

Algunos ejemplos de las inspecciones por atributos pueden ser:

- Medir una pieza cilíndrica mediante calibres “pasa/no pasa” para determinar si se encuentra dentro de las tolerancias.
- Determinar la tasa de fracción de defectos de una muestra de partes de producción.
- Contar el número de defectos por automóvil conforme este deja la planta de ensamble final.
- Contar el número de faltas de los empleados por turno en una empresa.

Para la inspección por atributos el tamaño de las muestras y el intervalo entre las mismas debe ser tal que se inspeccione aproximadamente un 5 % de la producción. En procesos muy masivos que no presentan dificultades frecuentes o el porcentaje de producción defectuosa no es grave, este porcentaje se puede reducir a menos de un 5 % donde se recomienda que debe existir como mínimo 25 defectuosos en cada muestra para lograr establecer un comportamiento adecuado del proceso.

3. Inspección por variables

La inspección por variables es un tipo de inspección que consiste en medir y registrar una unidad de medida en la que una característica específica de calidad es medida con una escala continua para revisar su variación.

Los métodos estadísticos aplicables a la inspección por variables se basan sobre el supuesto de una distribución normal y no sobre una distribución de proporciones como sucede con la inspección por atributos. Para los métodos aplicables, y con las mediciones obtenidas, se calculará un estadístico, que generalmente estará en función de la media y la desviación estándar muestral, y dependiendo del valor de este estadístico al compararlo con un valor permisible, se aceptará o rechazará todo el lote.

Algunos ejemplos de las inspecciones por variables pueden ser:

- Medición de la longitud de una determinada pieza.
- Medición de la temperatura de un horno de cocción.
- Medición de la resistencia eléctrica de un determinado componente electrónico.
- Medición del tiempo que puede resistir un material al fuego.

Las ventajas que tiene este método con respecto al método de inspección por atributos serían que se puede obtener la curva característica de operación con un tamaño muestral menor que lo requerido por un plan de muestreo por atributos, además, cuando se utilizan pruebas destructivas, el muestreo por variables es particularmente útil para reducir los costos de inspección. Por otra parte, los datos de mediciones proporcionan normalmente más información sobre el lote que los datos de atributos.

Por el contrario, se debe de conocer la distribución de la característica de calidad, se debe de usar un plan para cada característica de calidad que hay que inspeccionar y es posible que el uso de un plan de muestreo por variable lleve al rechazo de un lote, aunque la muestra que se inspecciona realmente no tenga ningún artículo defectuoso.

En el caso de la inspección del proceso por variables, los tamaños muestran más empleados son entre 1 y 25 unidades. Las muestras de dos o tres unidades son poco empleadas, por su baja sensibilidad, y se usan sólo cuando el costo de las mediciones es muy alto. Por tanto, cuando se desee una mayor sensibilidad en el gráfico, los tamaños de muestras deberán ser mayores.

Capítulo III: Metodología

3.1 Diseño de especificaciones

Con el fin de realizar el proyecto denominado “Análisis de herramental en estampación y dobléz de chapa metálica”, se han asignado una serie de actividades con el objetivo de analizar y optimizar el uso del herramental utilizado en estampación y dobléz de chapa metálica para la eficiencia operativa. Teniendo mención de las 5S, y del TPM. Las actividades por realizar son las siguientes:

- Recolección de información sobre procesos actuales.
- Identificación de problemáticas y limitaciones en el uso del herramental.
- Análisis detallado del herramental y condiciones de operación.
- Elaboración de propuesta de mejora basada en hallazgos iniciales.
- Implementación inicial de mejoras y pruebas en el proceso.
- Desarrollo de planos estandarizados de dobléz.
- Evaluación de desempeño de mejoras implementadas.
- Ajustes y optimización final del herramental según resultados de evaluación.
- Realización de estudios de capacidad de proceso y control de calidad.

Se espera que, al cumplir con las actividades enlistadas anteriormente, se logre crear una mejora en el uso del herramental dentro del área de dobléz de la empresa Servicios Metálicos Muri S.A de C.V.

3.2 Diseño detallado

3.2.1 Recolección de información sobre los procesos actuales

En la empresa Servicios Metálicos Muri S.A de C.V., se hacen piezas para gabinetes, tableros y subestaciones eléctricas, y productos completos para reconocidas empresas como SEII, Moeltek, WEG, EGLA.

Dichas empresas son las que proporcionan los criterios de fabricación del producto deseado, por lo que la producción puede variar entre lotes o pedidos especiales de una o más piezas.

Dentro del área de producción encontramos el área de cortado la cual cuenta con una cizalla y dos cortadoras laser. Cuando se cortan a la medida deseada, pasan al área de punzonado donde se cuenta con 4 punzonadoras activas. Estas dos áreas se consideran sola también ya que pueden ser piezas que ocupan toda la lámina de metal, solo se hace punzonado.

Finalizando con las especificaciones de corte, se deben rebabeear las piezas en los puntos de mayor contacto. Si llegan a requerir embutido las piezas, se debe hacer antes de pasar al área de doblado, si no es el caso, procede directamente al área de doblado, donde se cuenta con 5 dobladoras activas, de las cuales 3 son de 10 pies de largo, y 2 de 6 pies. Las cuales van desde las 50 toneladas hasta 150 toneladas de presión.

Al llegar el lote o piezas a realizar al área de doblez, se debe preparar la maquina a utilizar, subiendo los dados y matrices adecuados para el calibre de las piezas, después se ingresan las medidas para ajustar los topes y coordinar el orden de pasos para doblar la pieza adecuadamente.

Al finalizar el lote, se debe observar que tipo de acabado llevara para pasar al área de soldadura, puede llevar puntos de soldadura para ser argoneado o punteado. Para después pasar dentro del área de lavado o si requiere entrar al área de pulido, siguiendo las especificaciones del cliente. Si necesita pasar al área de pulido, enseguida debe pasar al área de lavado.

Al salir del área de lavado, procede al área de pintura, donde se le da el acabado que especifique el cliente. Al terminar de pintar el lote, entra al área de horneado para que la pintura tenga el acabado solicitado. Y procede a entrar al área de ensamble donde se junta cada componente realizado para crear el producto final.

Ya que algunos clientes solo solicitan sus productos hasta el proceso de dobléz o de soldadura, se debe reconocer el lote que está siendo tratado para no hacer trabajos extra.

Teniendo esta información acerca de los procesos actuales se ha creado un diagrama de proceso, con el cual los operadores tendrán una noción más clara de las acciones a realizar después de cada paso.

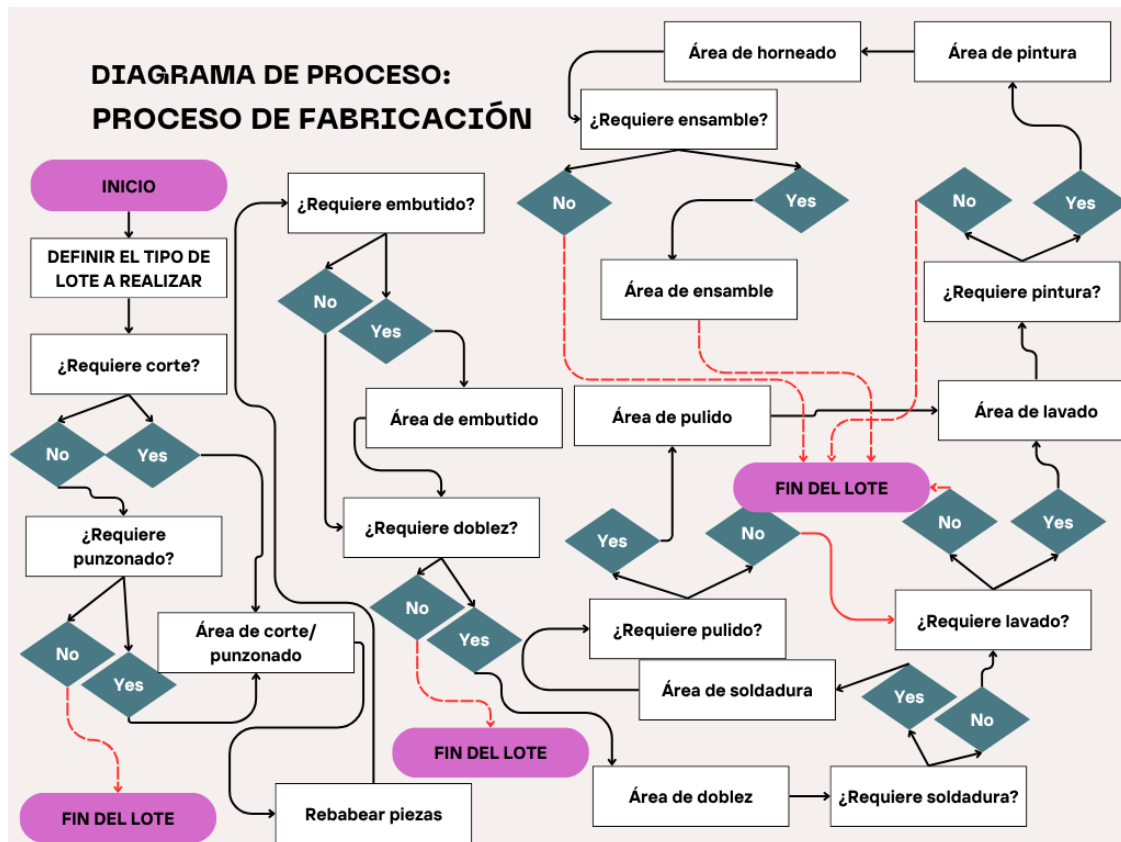


Ilustración 15. Diagrama de proceso de fabricación

3.2.2 Identificación de problemáticas y limitaciones en el uso del herramental.

Para la identificación de problemáticas y limitaciones en el uso del herramental se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Observación directa del proceso
- Registro de variables de operación

Teniendo en cuenta la opinión de los operadores del área de doblez, y al observar el proceso de doblado de chapa metálica, las variables que más afectan al proceso son, el desgaste en matrices (parte inferior fija), el cual hace que se deba calzar la matriz y repetir el paso en el que no se logró el ángulo adecuado. Y el tiempo que se necesita para hacer combinaciones de dados (parte superior movable) al momento de hacer el paso de cierre de las piezas.

Al hacer inspecciones visuales de las matrices al estar en operación, se llegó a la conclusión en que el desgaste es evidente a simple vista en la zona central de los dobleces, ya que por lo regular se hacen más pasos en piezas chicas que en piezas grandes, las piezas grandes hacen uso de la totalidad de la matriz, en cambio las piezas chicas solo ocupan la parte central de las matrices.

Haciendo la observación que un panel tienen 4 postes y 8 travesaños. Los postes tienen una media de 75 pulgadas de largo, y los travesaños una media de 30 pulgadas de largo, se hace notorio que al paso del tiempo el desgaste es mayor en la parte central de las matrices.

A continuación, se adjuntan fotos de la parte central de las matrices y de la orilla de la matriz, donde se observa la diferencia de desgastes.

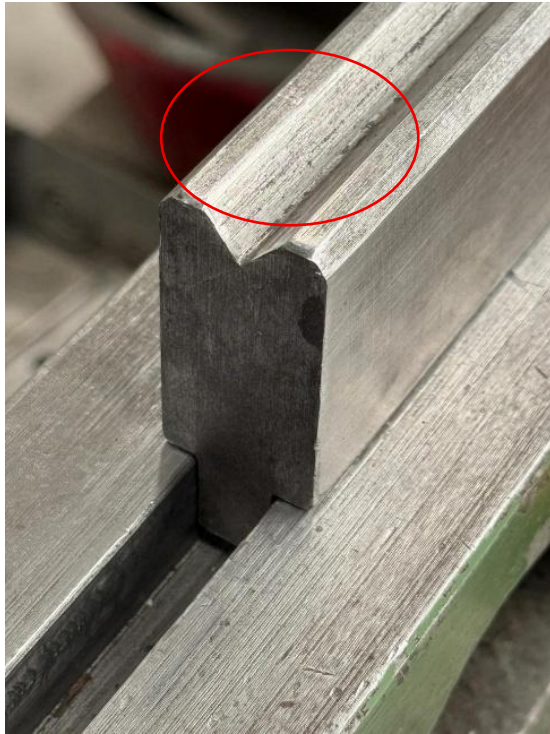


Ilustración 16. Desgaste menor en matriz

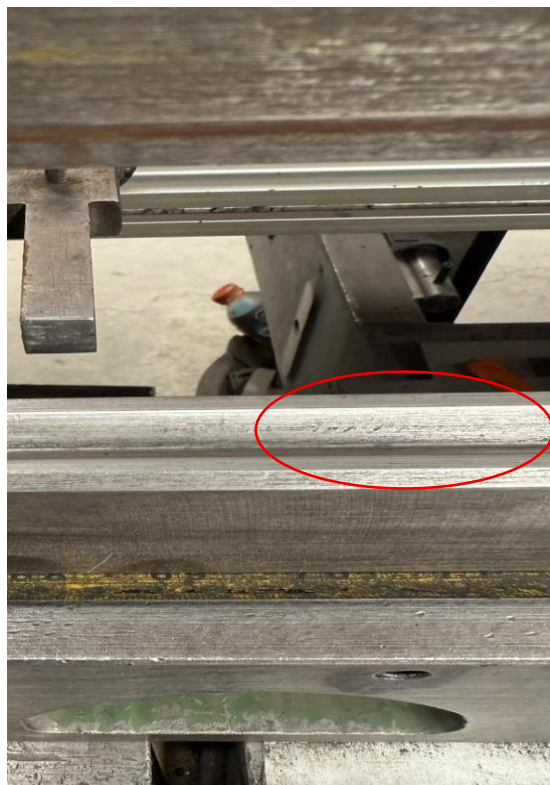


Ilustración 17. Desgaste mayor en matriz



Ilustración 18. Falta de doblez en pieza de calibración

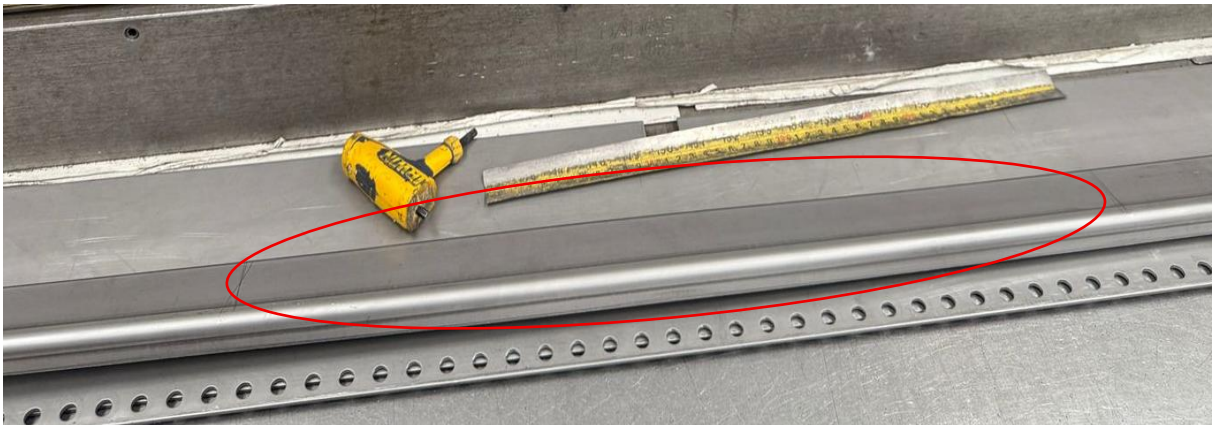


Ilustración 19. Zona donde falta presión de doblez

Respecto a los tiempos para elegir los dados para hacer los cierres de ciertas piezas como lo son las charolas, puertas y canales de los paneles. Al ser de diferentes tamaños, se debe ir

cerrando por tamaños para poder agilizar el proceso. A continuación, se adjuntan ejemplos de combinaciones de dados para cierre de piezas.



Ilustración 20. Tipo de ajuste para cierre de pieza



Ilustración 21. Tipo de ajuste para cierre de pieza invertida



Ilustración 22. Tipo de ajuste para cierre de pieza más larga



Ilustración 23. Tipo de ajuste para cierre de canal



Ilustración 24. Tipo de ajuste para cierre de pieza

3.2.3 Análisis detallado del herramental y condiciones de operación.

Para el análisis detallado del herramental y de las condiciones de operación se harán mediciones de las matrices, las cuales son las que presentan un desgaste visual notorio, y mediciones de ángulo en los dobleces.

Como muestra se tomará un lote de 300 gabinetes tamaño 1. Cada gabinete lleva:

- 1 envoltente
- 1 cabecera superior
- 1 cabecera inferior
- 1 puerta

Haciendo un cálculo, se tiene como resultado un total de 1200 piezas para cumplir con este lote.

A continuación, se adjunta el plano con las dimensiones y tolerancias requeridas por el cliente.

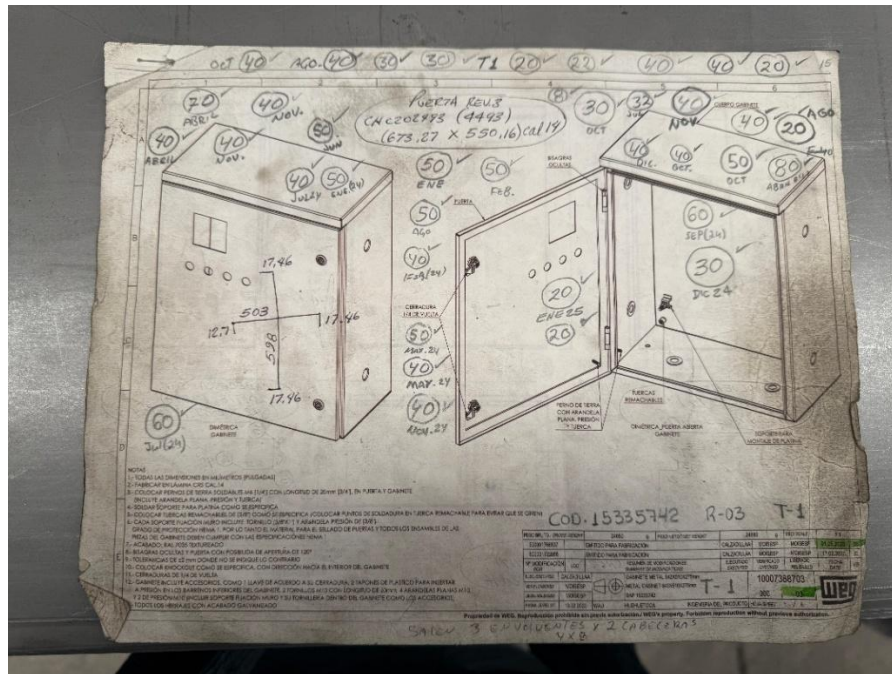


Ilustración 25. Plano gabinete tamaño 1 pág. 1

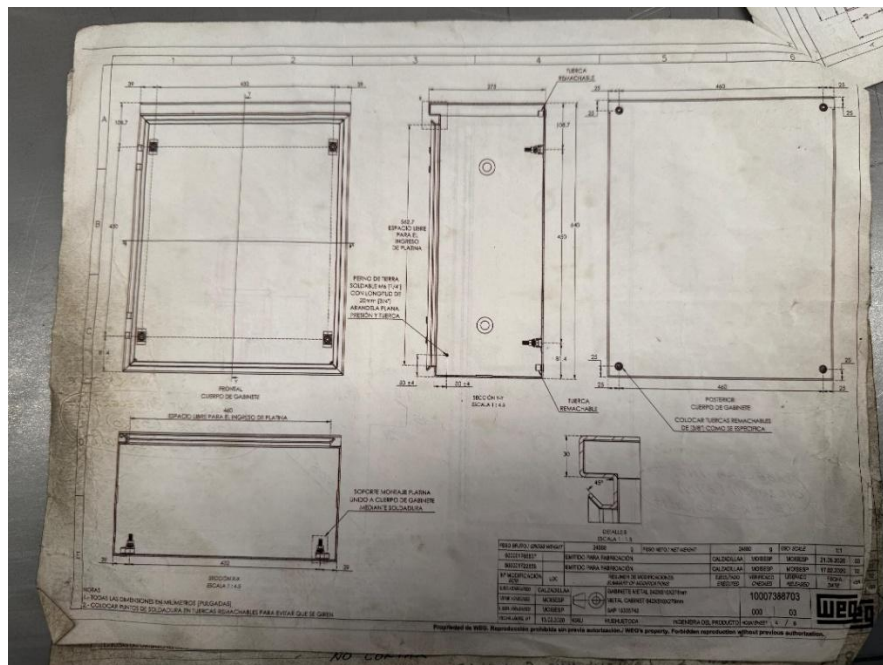
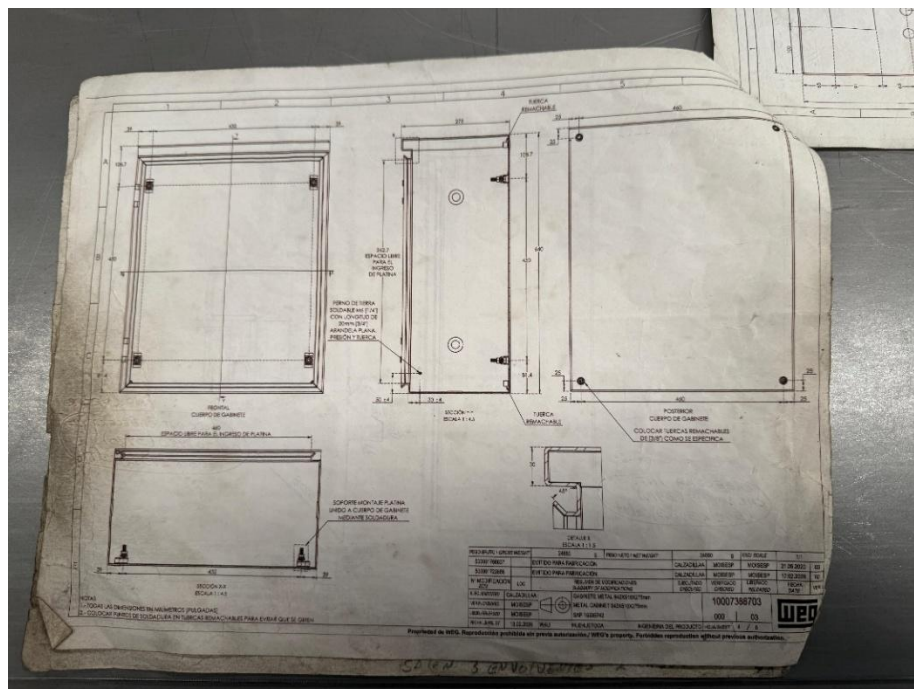


Ilustración 26. Plano gabinete tamaño 1 pág. 2



De las especificaciones que incluye el cliente, solo destacaremos las que se involucran en el área de doblez, las cuales son:

- Todas las dimensiones en milímetros (pulgadas)
- Fabricar en lámina CRS Cal. 14
- Tolerancias de $\pm 2\text{ mm}$ donde no se indique lo contrario

Respecto a porque solo estas especificaciones son las que se destacan es porque, las dimensiones son muy importantes al momento de hacer los dobleces, el calibre de la lámina se considera ya que al momento de hacer los dobleces se debe disminuir el espesor para que los dobleces no excedan las dimensiones especificadas, y las tolerancias son nuestro margen de error, por si no coincide con las medidas especificadas, se pueda saber si entra en el margen de error o si está mal hecha la pieza.

Se empieza con el envoltente del gabinete, el cual lleva 8 dobleces, en los que 2 deben ser a 135° lo demás son a 90° .

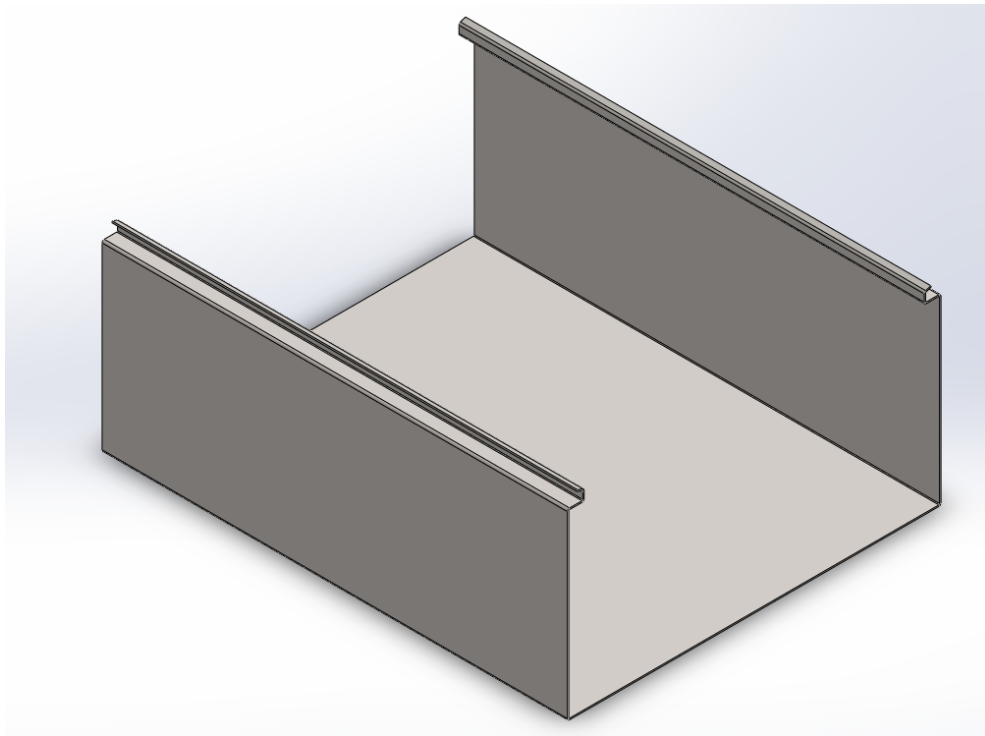


Ilustración 29. Simulación en SolidWorks de envoltente

Luego se hace la cabecera inferior ya que son menos pasos, haciendo un total de 3 dobleces por pieza.

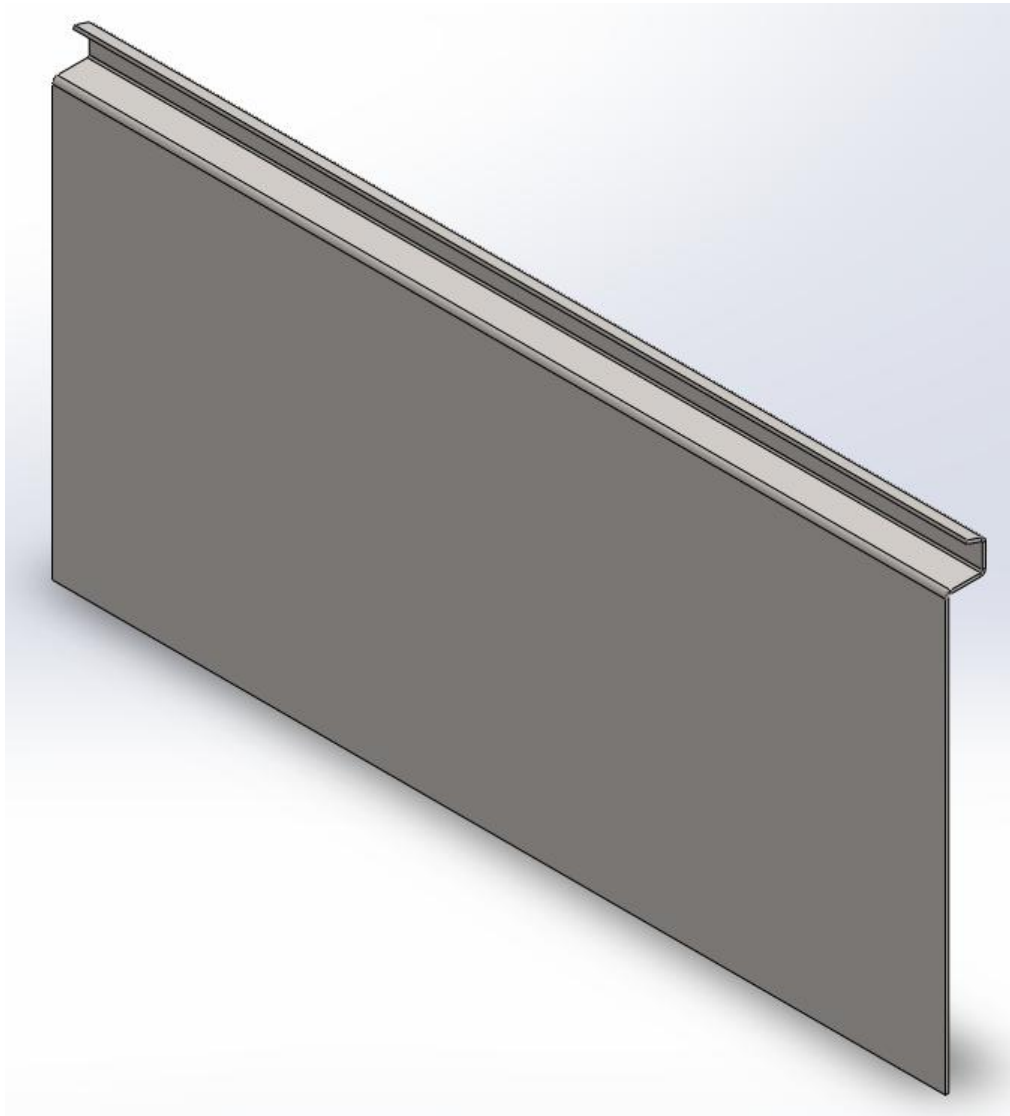


Ilustración 30. Simulación en SolidWorks de cabecera inferior

Después se realizan las cabeceras superiores, las cuales llevan un total de 5 dobleces por pieza.

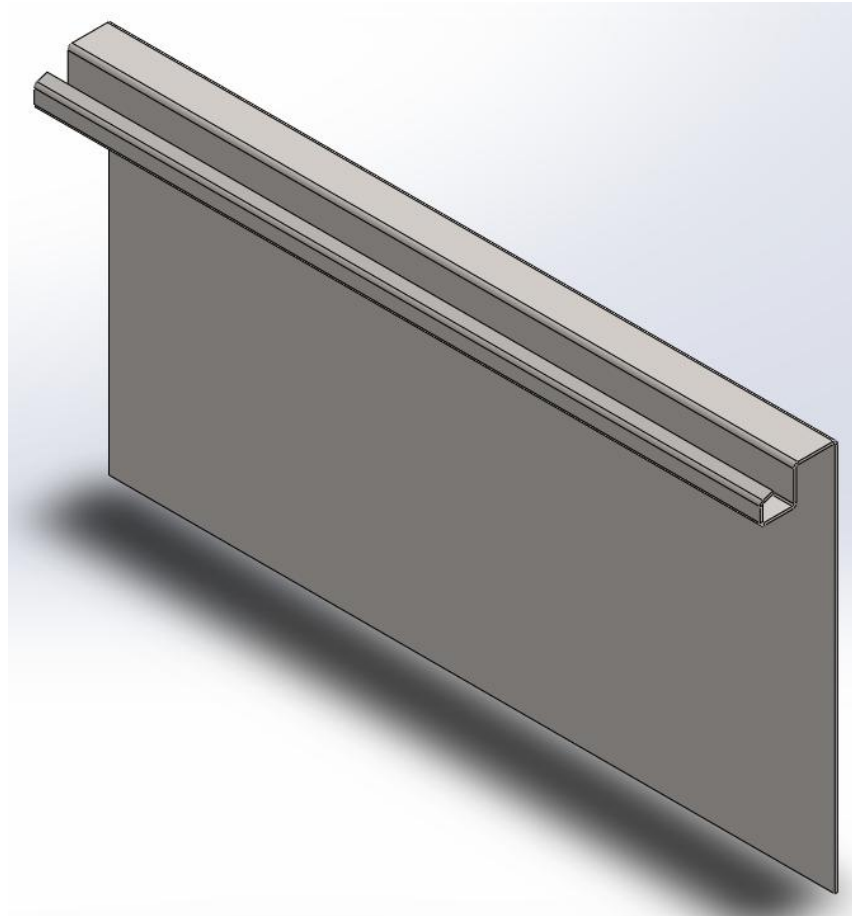


Ilustración 31. Simulación en SolidWorks de cabecera superior

Posteriormente se hacen las puertas, para dar por terminado el lote de gabinetes. La puerta lleva un total de 4 dobleces por pieza.

Dentro de la empresa, solo existe un turno que empieza a las 7:00 A.M. y termina a las 17:00 P.M. por lo que se llegó a observar que por día se realizan 150 piezas, ya que se llegan a hacer piezas adicionales que son pedidos prioritarios y deben salir al momento de comenzar a elaborarse. Teniendo esto en cuenta, sin ningún tipo de retraso, diario se terminan 150 piezas del lote de gabinetes tamaño 1. Dando por concluido este lote en 8 días. Contemplando solo el área de dobléz.

Ahora analizáremos el desgaste de las matrices.

La matriz que se ocupa para los gabinetes tamaño 1, tiene el registro de identificación C16, y se encuentra en la parte posterior de la primera máquina de doblez del área



Ilustración 32. Identificación de matriz C16

Se cuenta con dos dados C16 con un largo de 61 ¼ pulgadas, y uno con un largo de 72 pulgadas.

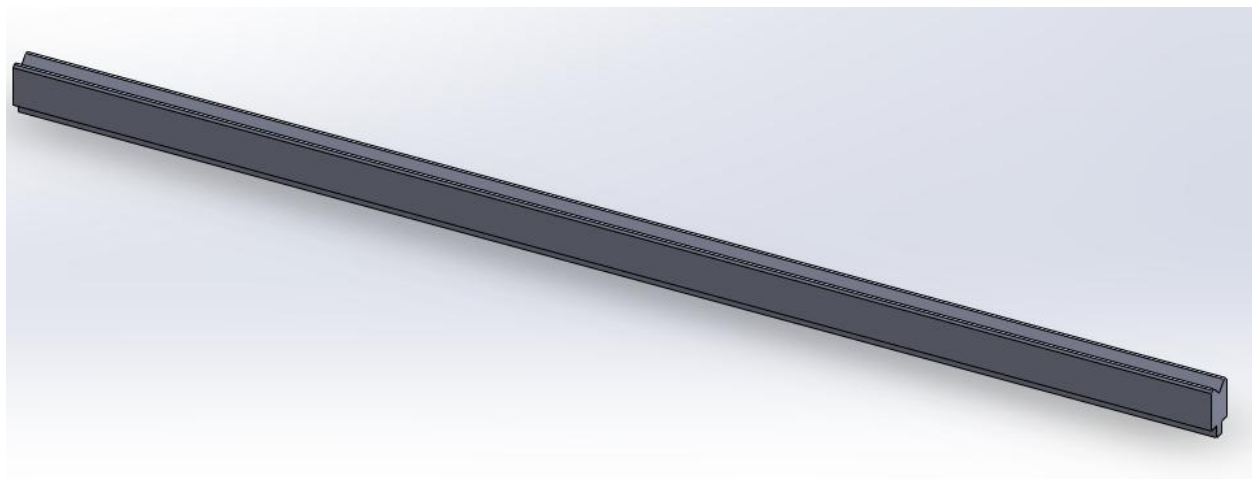


Ilustración 33. Simulación de matriz C16 en SolidWorks

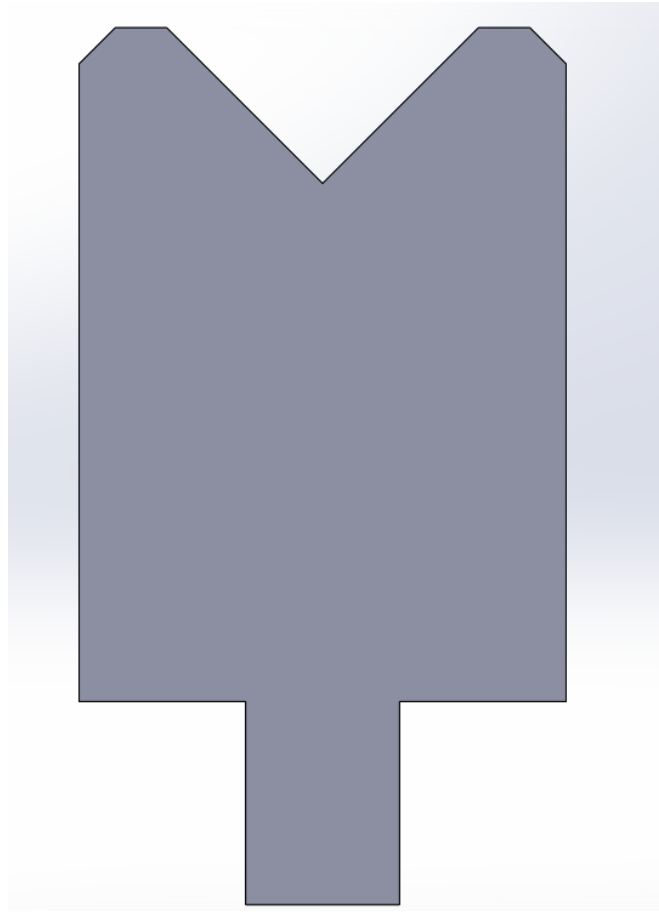


Ilustración 34. Simulación de forma de matriz en SolidWorks

La abertura de esta matriz originalmente es de 16 mm. Pero con el pasar del tiempo y los dobleces realizados, al momento de hacer un diagnóstico de desgaste, dio una medición de 13.5 mm. Dentro de la empresa, no hay un registro redactado de cuando fue su último mantenimiento, sin embargo, consultando a los operadores, tiene un aproximado de 5 años que se realizó su último mantenimiento. La abertura mínima recomendada para poder realizar dobleces a 90 grados en calibre 14, es de 12 mm. Por lo tanto, estos dados ya necesitan un mantenimiento.

3.2.4 Elaboración de propuesta de mejora basada en hallazgos iniciales.

Contemplando que una parte de la problemática es que la información para las operaciones de doblez la mayoría del tiempo están fuera del alcance de los operadores. Y que no hay un control de registros de mantenimiento de matrices. Se hará un formato de operaciones para los operadores

donde se destaque la información necesaria para la realización del gabinete tamaño 1. Y respecto al mantenimiento de las matrices se hará un formato, con el cual se pueda dar un registro adecuado de cuando se realizará el mantenimiento.

3.3 Simulación

3.3.1 Implementación inicial de mejoras y pruebas en el proceso.

Se ha diseñado un formato con el cual los operadores tendrán el fácil acceso a la información del proceso.

Fecha de emisión	Área	Elaborado por	Aprobado por
22/ABRIL/2025	Doblado	Alberto Apam Acosta	Ing. Miguel Rutilo Muñoz Uribe

1. DATOS GENERALES DEL PROCESO

Nombre del proceso	Gabinete Tamaño 1
Máquina utilizada	Prensa dobladora (Cincinnati Series 5 X10)
Tipo de herramienta	Matriz en V / Punzón
Material por procesar	[CRS, Calibre 14]
Cantidad por lote	1200
Frecuencia del proceso	[Diario / Semanal / Por orden]

2. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Paso	Actividad	Responsable	Observaciones
1	Verificar condiciones de la prensa y herramientas	Operador	
2	Colocar el punzón y matriz según especificaciones del plano	Técnico/Operador	
3	Ajustar topes posteriores para posicionamiento de la pieza	Operador	
4	Colocar la lámina en posición y alinear	Operador	
5	Activar ciclo de doblado	Operador	
6	Verificar ángulo y dimensiones del doblado	Inspector	Tolerancia $\pm 1^\circ$
7	Registrar piezas conforme / no conforme	Operador	
8	Retirar pieza y colocar en contenedor correspondiente	Operador	

3. PARÁMETROS DE DOBLADO

Tipo de doblado	[Doblez a 90°], [Doblez a 135°]
Ángulo de doblado	[$90^\circ \pm 1^\circ$], [$135^\circ \pm 1^\circ$]
Tolerancia dimensional	[Ej. ± 2 mm]

Ilustración 35. Formato de proceso pág. 1

4. SEGURIDAD Y PRECAUCIONES

- Usar guantes, lentes de seguridad y calzado con casquillo.
- Asegurar el correcto centrado de la lámina.
- Nunca colocar manos dentro del área de doblado.
- Verificar que no existan rebabas antes de manipular las piezas.

5. MEDIDAS Y ORDEN DE DOBLEZ

Ilustración 36. Formato de proceso pág. 2

Donde podemos observar que se agregan datos generales del proceso, instrucciones de operación, parametros de doblado e instrucciones de seguridad y precaucion.

El apartado de medidas y orden de doblez se deja un espacio para que se realice el dibujo de los pasos de dobles a mano, ya que los operadores entienden mejor esos pasos de esa manera, y poner el orden de igual forma, acompañado de las medidas correspondientes.

Retomando el mantenimiento de las matrices, se considero optimo comenzar con un mantenimiento correctivo de los ya mencionados dados. Se hizo mediciones de la abertura de dobles con la ayuda de un vernier. Para identificar cual es la diferencia entre la medida original y la medida de desgaste que presenta. La medida optima de apertura de doblez para una matriz en V para lamina calibre 14 es de 16mm. y la medida minima para un dobles optimo es de 12 mm., las mediciones realizadas presentaron que la matriz tiene una medida actual de 13.5 mm., la cual se acerca a la medida minima requerida, y por eso mismo llega a presentar fallas en los dobleces. Ya que dentro de la empresa no se cuenta con herramienta especializada para poder realizar una rectificacion de las matrices. Se contacta con una empresa externa para hacer este servicio. La rectificacion de estas matrices se tardo en realizar 3 dias en ser devuelto al area de produccion.

Teniendo en cuenta dicha informacion, haremos dos formatos los cuales tendran como fin el poder llevar un control de la condicion actual y los mantenimientos de las matrices. Ya que no hay un sistema activo para saber en que tiempo se necesitara un proximo mantenimiento, sea preventivo o correctivo del herramental. Por el momento se tomara como inicio este primer mantenimiento correctivo como punto de partida. Se presentan los formatos de mantenimiento preventivo y correctivo.

FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MATRICES

Fecha	Elaborado por	Aprobado por

1. DATOS GENERALES DE LA MATRIZ

Código o identificación:	
Frecuencia de mantenimiento:	[Mensual / Trimestral / Semestral]
Responsable del mantenimiento:	
Última fecha de mantenimiento:	

2. ACTIVIDADES REALIZADAS

Actividad	Estatus (Realizado / No realizado)	Observaciones	Responsable
Limpieza general de la matriz			
Medición de abertura de doblez		Verificar cual es la medida de abertura de dobles optimo.	

3. RECOMENDACIONES / HALLAZGOS

4. FIRMAS DE RESPONSABLES

Nombre del responsable	Firma	Fecha

Ilustración 37. Formato de mantenimiento preventivo

FORMATO DE MANTENIMIENTO POR CONDICIÓN

Fecha	Elaborado por	Aprobado por

1. DATOS GENERALES DE LA MATRIZ

Código o identificación:	
Última fecha de mantenimiento:	
Responsable del mantenimiento:	

2. EVALUACIÓN POR CONDICIÓN

Elemento evaluado	Condición observada	Acción requerida	Responsable
Superficie del punzón	Buena/ Regular/ Mala		
Corte y alineación de la matriz	Buena/ Regular/ Mala		
Ajuste en sujeciones	Buena/ Regular/ Mala		
Presencia de rebabas o deformaciones	Con rebabas o deformaciones/ Sin rebabas o deformaciones		
Lubricación y limpieza	Buena/ Regular/ Mala		

3. OBSERVACIONES GENERALES

4. FIRMAS DE RESPONSABLES

Nombre del responsable	Firma	Fecha

Ilustración 38. Formato de mantenimiento por condición

Con los formatos antes mencionados se podrá llevar un control de ahora en adelante y poder llevar un cronograma de mantenimiento el cual se realizará puntuando inspecciones semestrales y

Estos formatos serán una lista de actividades a revisar para el herramental que estarán en el área de doblez, con lo cual su vaciado de información se hará en el cronograma que se creó de mantenimiento.



3.4 Implementación y pruebas

64

INICIA EN LA SEMANA DEL vie 09/05/2025	
Semana 1 05 may - 11 may	Semana 12 may - 18 may

Tabla 3. Cronograma de mantenimiento de todas las matrices

Fecha de emisión	Área	Elaborado por	Aprobado por
22/ABRIL/2025	Doblado	Alberto Apam Acosta	Ing. Miguel Rutilo Muñoz Uribe

1. DATOS GENERALES DEL PROCESO

Nombre del proceso	Gabinete Tamaño 1
Máquina utilizada	Prensa dobladora (Cincinnati Series 5 X10)
Tipo de herramienta	Matriz en V / Punzón
Material por procesar	[CRS, Calibre 14]
Cantidad por lote	1200
Frecuencia del proceso	[Diario / Semanal / Por orden]

2. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Paso	Actividad	Responsable	Observaciones
1	Verificar condiciones de la prensa y herramientas	Operador	
2	Colocar el punzón y matriz según especificaciones del plano	Técnico/Operador	
3	Ajustar topes posteriores para posicionamiento de la pieza	Operador	
4	Colocar la lámina en posición y alinear	Operador	
5	Activar ciclo de doblado	Operador	
6	Verificar ángulo y dimensiones del doblado	Inspector	Tolerancia $\pm 1^\circ$
7	Registrar piezas conforme / no conforme	Operador	
8	Retirar pieza y colocar en contenedor correspondiente	Operador	

3. PARÁMETROS DE DOBLADO

Tipo de doblado	[Doble a 90°], [Doble a 135°]
Ángulo de doblado	[$90^\circ \pm 1^\circ$], [$135^\circ \pm 1^\circ$]
Tolerancia dimensional	[E], ± 2 mm

4. SEGURIDAD Y PRECAUCIONES

- Usar guantes, lentes de seguridad y calzado con casquillo.
- Asegurar el correcto centrado de la lámina.
- Nunca colocar manos dentro del área de doblado.
- Verificar que no existan rebabas antes de manipular las piezas.

5. MEDIDAS Y ORDEN DE DOBLEZ

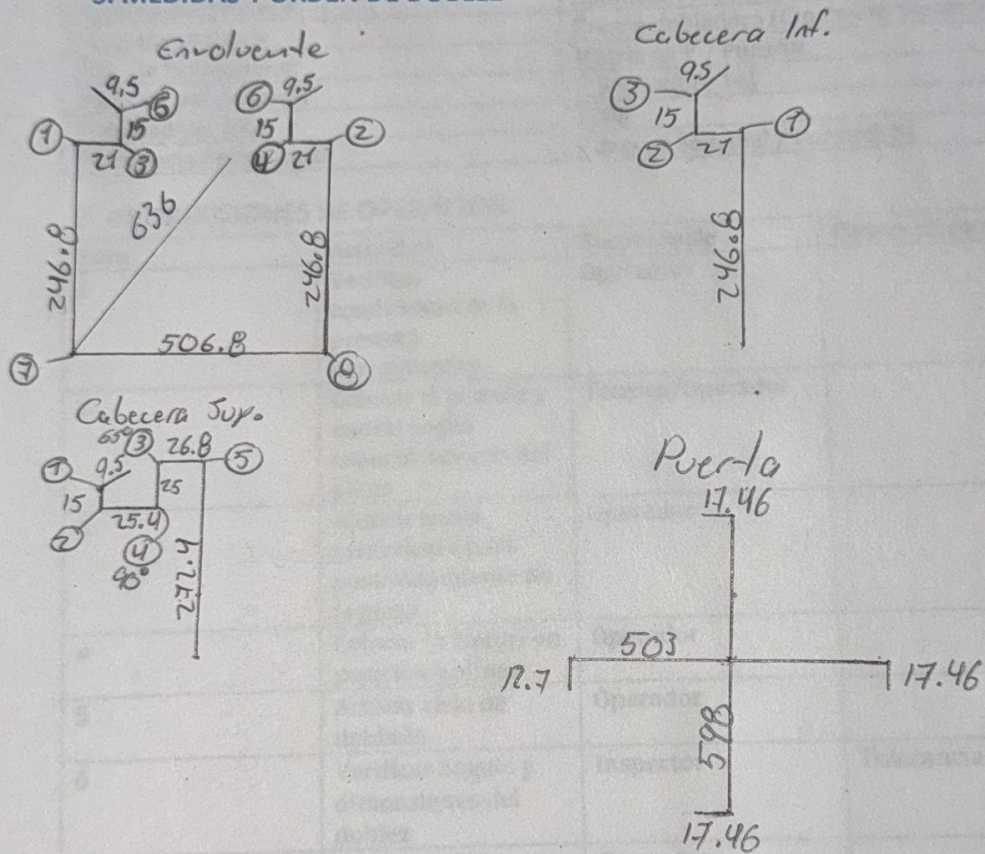


Ilustración 40. Implementación de formato de proceso pág. 2

Tomando en cuenta estos planos y que hay un segundo lote de 300 piezas por entrar se hará un estudio de capacidad de proceso y control de calidad. Tomando en cuenta 100 dobleces a 90° y 100 dobleces a 135° del lote en cuestión.

Del anterior lote con el cual se había visto desgaste en la matriz y antes de rectificarlo, se obtuvieron los siguientes datos:

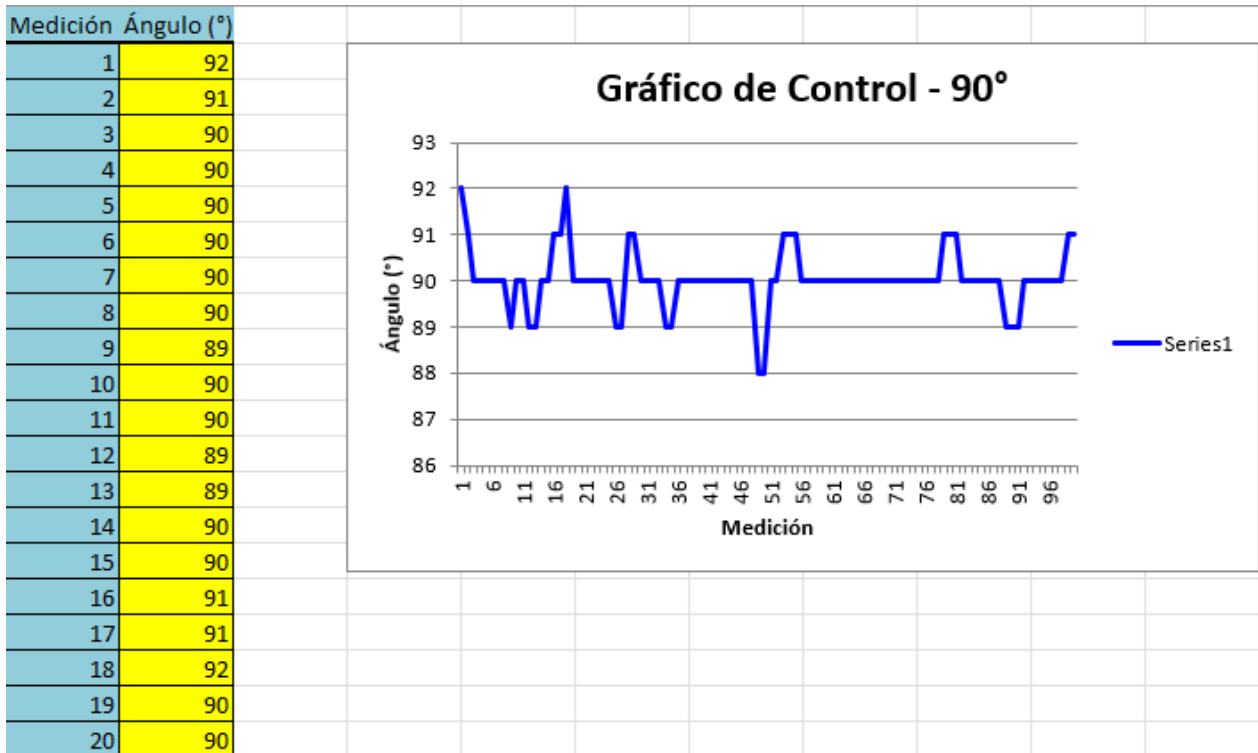


Tabla 4. Medición de ángulo 90 grados

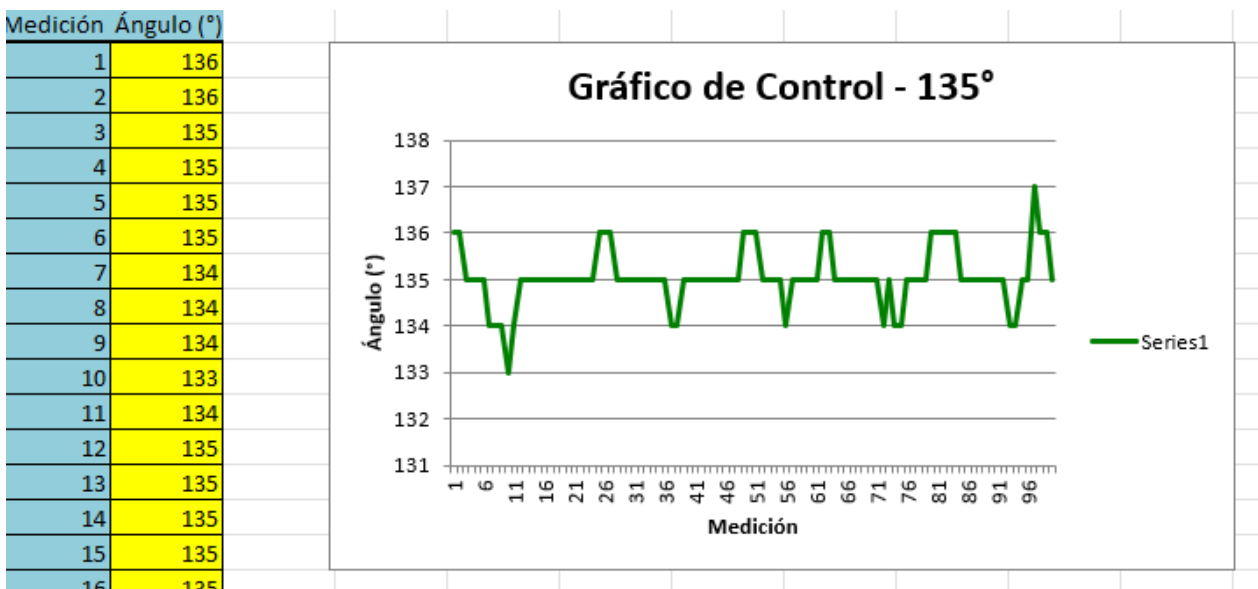


Tabla 5. Medición de ángulo 135 grados

Con los cuales igual se hizo una muestra de 100 dobleces a 90 grados y 100 dobleces a 135 grados. Dando los siguientes resultados:

Parámetro	Valor
Promedio	90.03
Desviación estándar	0.75
Límite superior (LSE)	91
Límite inferior (LIE)	89
Cp	0.44
Cpk	0.43

Tabla 6. Resultado Cp/Cpk de 90 grados

Parámetro	Valor
Promedio	135.05
Desviación estándar	0.61
Límite superior (LSE)	136
Límite inferior (LIE)	134
Cp	0.55
Cpk	0.52

Tabla 7. Resultado Cp/Cpk de 135 grados

Considerando que los resultados de los Cp y Cpk son muy bajos se considera que el proceso por el momento no es capaz de cumplir con la tolerancia $\pm 1^\circ$, ya que tiene una variabilidad alta en ambos dobleces.

Por lo cual, al momento de llegar la matriz de su rectificación, y teniendo el segundo lote de gabinetes tamaño 1. Seguimos la misma dinámica de tomar 100 muestras de los dobleces de 90 y 135 grados, considerando que la variable de desgaste ya no está presente.

Medición	Ángulo (°)
1	91
2	90
3	90
4	90
5	90
6	90
7	90
8	90
9	90
10	90
11	90
12	90
13	90
14	90
15	90

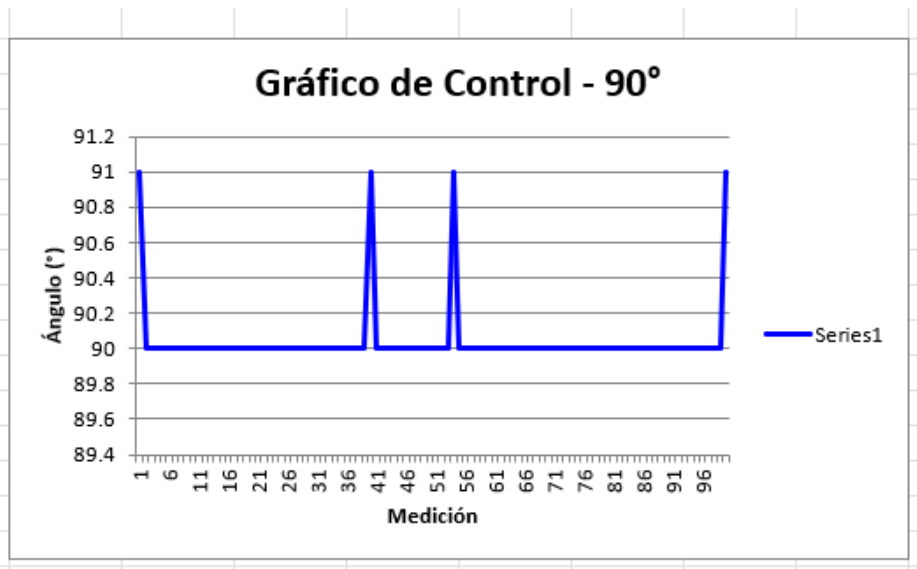


Tabla 8. Medición de ángulo 90 grados con matriz rectificadora

Medición	Ángulo (°)
1	135
2	135
3	135
4	135
5	135
6	135
7	134
8	135
9	135
10	135
11	135
12	135
13	135
14	135
15	135

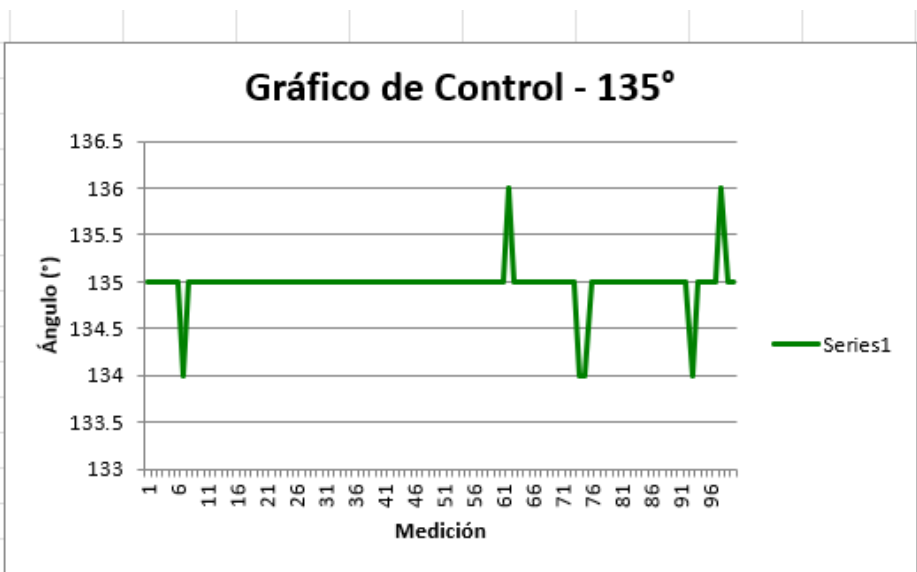


Tabla 9. Medición de ángulo 135 grados con matriz rectificadora

Estos fueron los resultados de hacer el proceso con la matriz rectificadora.

Parámetro	Valor
Promedio	90.04
Desviación estándar	0.20
Límite superior (LSE)	91
Límite inferior (LIE)	89
Cp	1.68
Cpk	1.62

Tabla 10. Resultado Cp/Cpk de 90 grados con matriz rectificadora

Parámetro	Valor
Promedio	134.98
Desviación estándar	0.25
Límite superior (LSE)	136
Límite inferior (LIE)	134
Cp	1.36
Cpk	1.33

Tabla 11. Resultado Cp/Cpk de 135 grados con matriz rectificadora

Se concluye que la variabilidad se redujo, y respecto a los Cp y Cpk se observa que el proceso puede cumplir con la tolerancia $\pm 1^\circ$ que solicita el cliente sin ningún problema, sin embargo, respecto a los dobleces a 135 grados, se debe tener en cuenta que son aceptables sin embargo al ser un doblez al aire, se debe mantener un mejor control con la fuerza que se hacen dichos dobleces, ya que puede alterar la variación del ángulo en cuestión.

Capítulo IV: Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

Los resultados obtenidos de este proyecto nombrado “Análisis de herramental en estampación y doblez de chapa metálica”, fueron satisfactorios ya que las actividades con las cuales se analizaron las condiciones de los herramientas (matrices), y la manera en la que se desarrollaban en conjunto con los operadores que los manipulan día a día, hicieron que ciertas irregularidades que perjudican a su buen uso dentro del área salieran a la luz, sin embargo, gracias a los hallazgos obtenidos, se pudo dar un seguimiento a estas limitantes y darles una solución apropiada sin afectar la producción cotidiana.

Reafirmando, las actividades realizadas lograron hacer la creación de formatos para el seguimiento de los próximos mantenimientos, tanto preventivos como correctivos que lleguen a presentarse, se deja en claro que se debe dar un seguimiento de estas actividades ya que, si se llega a dejar a un lado, se podría volver al punto del que partimos en este proyecto. Por otro lado, a los operadores se le proporciono un formato que hace de manera más simple el cómo seguir el orden del proceso de dobles sin necesidad de salir del área en búsqueda de planos que se ubican en otras estaciones, esto se puede acompañar de futuras capacitaciones al operario del área para que sigan con esta forma de trabajo y se logren desempeñar una eficiencia superior.

4.2 Conclusiones

En conclusión, el proyecto “Análisis de herramental en estampación y doblez de chapa metálica”, presento resultados óptimos a lo largo de su desarrollo. Recapitulando el objetivo principal del proyecto que es: analizar y optimizar el uso del herramental utilizado en estampación y doblez de chapa metálica para la eficiencia operativa. Podemos destacar que la implementación de una lista de pasos a seguir para el operador en el proceso de doblez es de gran ayuda, beneficiando tanto al operador de manera en que no hay necesidad de volver a buscar una forma

con la cual darle un proceso adecuado a la producción con la cual trabaja, con estos formatos, los operadores podrán hacer registro de la forma con la cual se adaptan más a el proceso de doblez, y no perder dicha información. Y por el lado del herramental, el poder registrar los defectos de las matrices, hace que el trabajo del operador y la eficiencia de producción sean lo mejor posible para llegar al acabado solicitado por los clientes. Además de beneficiar a los intereses de la empresa, ya que con esto se puede prevenir la ruptura del herramental, y esto causaría mayores gastos para la empresa.

Así que, el objetivo de este proyecto fue realizado con óptimos resultados, sin embargo, se puede dar continuidad de los hallazgos destacados en este proyecto, siguiendo la mejora continua en el proceso de doblez.

Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas

Las competencias que se desarrollaron y aplicaron en este proyecto son:

- Manejo de software de planificación (Excel): Aplicación efectiva de herramientas digitales para la planificación, y seguimiento de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo conforme a un TPM énfasis al pilar de mantenimiento planificado.
- Manejo de las 5S: Aplicación de parte de las 5S contemplando la limpieza y verificación.
- Control visual: Hacer uso de formatos y bitácoras.
- Herramientas de calidad y producción Lean: Al crear estándares de trabajo con instrucciones de operación.
- Herramientas de control de proceso: Haciendo uso de graficas de control ($\bar{X}$ -R, Cp, Cpk), detectando desviaciones que justifican mantenimiento.
- Plan de mantenimiento basado en condición o ciclos: Esto ayudo a evitar paros no programados y no deseados.
- Sistema de gestión de la calidad: Nos dio paso a la prevención de defectos y a la mejora continua.

Referencias

- Álvarez Bermúdez, L. (2009). *Metodología para el diseño de troqueles de corte de chapa metálica*. (trabajo de grado - pregrado). Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10614/1313>.
- Emilio, G. B. (2012). *Diseño y cálculo de un troquel para la estampación en frío del soporte metálico de una pastilla de freno*. <https://academica-e.unavarra.es/entities/publication/62e50c0a-9b8e-49dd-bbea-cf9806dffe34>
- Villarón Osorno, I., et al. (2019). *Técnica de fabricación aditiva aplicada a la recuperación de troqueles*. Revista Interempresas. <https://www.interempresas.net/Moldes/Articulos/243605-Tecnologia-aditiva-troqueles-siguiente-generacion-reparaciones-alto-valor-anadido.html>
- Nowak, W. J., Serafin, D., & Wierzba, B. (2019). Effect of surface mechanical treatment on the oxidation behavior of FeAl-model alloy. *Journal of Materials Science*, 54(12), 9185–9196. <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03509-5>
- Rodríguez Llanes, R. (2021). *Diseño de troquel de estampación de latas de aluminio*. <http://hdl.handle.net/10902/22056>
- Mora, W. E. H. (2007). *Simulación del proceso de estampado en chapas metálicas y su recuperación elástica a través del software por elementos finitos stampack*. https://www.academia.edu/102138109/Simulaci%C3%B3n_del_proceso_de_estampado_en_chapas_met%C3%A1licas_y_su_recuperaci%C3%B3n_el%C3%A1stica_a_trav%C3%A9s_del_software_por_elementos_finitos_stampack
- O, Y. R., & Carrasquero, E. (2017). *EFEECTO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE RECUBRIMIENTOS GALVANIZADOS POR*

<https://www.redalyc.org/journal/5055/505554802004/html/>

Cala, Y. C., Breffe, O. L., & Fernández, M. V. R. (2020). *METODOLOGÍA DE CONFORMACIÓN DE PIEZAS POR DOBLADO y TROQUELADO EN CHAPAS METÁLICAS*. *Holos*, 8, 1–15.
<https://doi.org/10.15628/holos.2020.10283>

Martin, J. (2022). *Monitorización y control de procesos para la industria de la estampación y de la deformación en frío*. <https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/383451-La-industria-de-la-estampacion-y-de-la-deformacion-en-frio.html>

Yona, D. M., Santhosh, A. J., Lemma, E. A., & Murugan, P. (2022). Experimental investigation and process parameter optimization of sheet metal bending by line heating method. *Materials Today Proceedings*, 56, 2398–2409. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.451>

Tabla o cuadro de calibres, medidas y espesores de metales | Metafibra. (n.d.). Metafibra.
<https://metafibra.com/calibres-medidas/>

Schlick, J. (2024, February 5). *What is Sheet Metal Cutting: Definition, Types, Equipment & Applications*. TechniWaterjet. <https://www.techniwaterjet.com/sheet-metal-cutting/>

Aranda Tooling (2025, February 17). *Sheet metal stamping process explained - Aranda Tooling, LLC*. Aranda Tooling, LLC. https://www-arandatooling-com.translate.goog/blog/sheet-metal-stamping-process/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Zintilon. (2024, March 26). *Doblado de chapa metálica: una guía completa*. Zintilon.
<https://www.zintilon.com/es/blog/sheet-metal-bending/>

Antala. (2023, September 19). *¿Qué es el desgaste de maquinaria y cómo prevenirlo?* Antala Industria. <https://www.antala.es/que-es-desgaste-maquinaria/>

Fractal. (2025). *¿Qué es el mantenimiento preventivo?* <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-preventivo#:~:text=El%20equipo%20bien%20mantenido%20funciona%20de%20manera,y%20una%20mejora%20general%20de%20la%20eficiencia>

SADEPSA. (2023, January 25). *3 Tipos de Inspección de Calidad y Cómo Utilizarlas.* Quality Control Sadepsa. <https://qualitycontrolsadepsa.com/tipos-de-inspeccion-de-calidad-y-como-utilizarlas/>

Helen. (2024, December 12). *Selección de Herramientas para Prensas Plegadoras: Una guía completa - ADH Machine Tool.* Máquina Herramienta ADH. <https://www.adhmt.com/es/select-toolings-for-press-brake/>