



Mejora de la disponibilidad de un troquel de la empresa Prodevases S.A.S.

Andrés Montoya Álvarez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutores.

Silvio Andrés Salazar Martínez, MSc, Ingeniero mecánico

Juan Esteban García Montoya, Ingeniero mecánico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Montoya Álvarez, 2021)
Referencia	Montoya Álvarez, A. (2021). <i>repositorio de la Universidad de Antioquia: Mejora de la disponibilidad de un troquel de la empresa Prodevases S.A.S., 2021</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Ingeniería mecánica, semestre de industria.

Departamento de ingeniería mecánica.

Facultad de ingeniería.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Contenido

Lista de ilustraciones.....	4
Lista de tablas.....	4
Lista de fórmulas.....	4
1. Resumen	5
2. Introducción.....	6
3. Objetivos.....	8
3.1. Objetivo general.....	8
3.2. Objetivos específicos	8
4. Marco teórico.....	9
4.1. El método Kaizen.....	9
4.2. Envases metálicos	9
4.3. Prensa para troquelado	10
4.4. Troquel.....	11
5. Metodología.....	15
5.1. Rediseño del troquel	15
5.2. Plan de mantenimiento del troquel	17
5.3. Análisis económico.....	18
6. Resultados.....	20
6.1. Rediseño del troquel de anillo.....	20
6.2. Plan de mantenimiento del troquel	22
6.3. Análisis económico.....	23
7. Conclusiones.....	24
8. Referencias	26
9. Anexos	28

Lista de ilustraciones.

Ilustración 1. Partes de un envase metálico (Rodríguez, 2013).....	10
Ilustración 2. prensa de balancín (Herramientas, 2021)	11
Ilustración 3. parte superior de un troquel (Deducetu, 2014).....	12
Ilustración 4. parte inferior de un troquel (Deducetu, 2014)	12
Ilustración 5. Troquel con pisolatas resortado (Osorio, 2020).....	13
Ilustración 6. Troquel con pisolatas con cámara de aire. (Prodenvases, 2021)	13
Ilustración 7. Troquel de anillo de galón Prodenvases (Prodenvases, 2021).	15
Ilustración 8. Troquel de anillo de galón actual (Prodenvases, 2021).....	16
Ilustración 9. Modificación de troquel con pisolatas (Prodenvases, 2021)	21

Lista de tablas

Tabla 1. Tiempo en paro del troquel de anillo de galón. (García, 2021).....	18
Tabla 2. valor de los anillos de galón. (Osorio, 2020).....	19
Tabla 3. Relevancia de los motivos de paro	20
Tabla 4. Plan de mantenimiento del troquel de anillo de galón.....	22
Tabla 5. Pérdidas asociadas al tiempo en paro.	23

Lista de fórmulas.

Ecuación 1. Vida útil de los cortantes	17
Ecuación 2. Vida útil de los cortantes en unidades	17
Ecuación 3. Anillos no producidos	18
Ecuación 4. Pérdidas por anillos no producidos	19
Ecuación 5. Rentabilidad de la inversión.	19

1. Resumen

Los problemas de disponibilidad en la industria hacen referencia al tiempo que una máquina usada para determinado proceso se encuentra detenida o en paro y por ende no disponible para realizar una acción o para cumplir con los objetivos de producción.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de una máquina o elemento de un proceso productivo afectan directamente la producción de una compañía es importante para la misma buscar alternativas que logren aumentar esta disponibilidad o, en consecuencia, disminuir el tiempo de paros de dicho elemento.

Reducir el tiempo en paro de un elemento del proceso productivo no solo trae beneficios económicos debido a que se logran alcanzar los objetivos de producción trasados por la empresa, sino que maximiza la eficiencia del proceso.

Es este trabajo entonces una muestra de un diseño que maximizará la eficiencia de una prensa que fabrica anillos de un galón de la empresa Prodenvases S.A.S. con la implementación de un piscalatas. Esta implementación se realiza a través de un rediseño del troquel para la adaptación de dos piezas nuevas.

También en este trabajo se muestra un plan de mantenimiento sencillo del troquel indicando la frecuencia de afilado del mismo y cada cuanto cambiar las piezas de corte, debido a que estas son las que más se desgastan por la constante fricción contra la lámina metálica.

Este trabajo muestra como la falta de un piscalatas en el troquel que fabrica anillos para envases de un galón afecta la disponibilidad y por ende la eficiencia global de la producción de los mismos, consumiendo recursos humanos y económicos que podrían ser mejor aprovechados por la empresa.

También se realiza un análisis económico permitiendo visualizar el impacto que tendrá la implementación del piscalatas. En este se detallan aspectos como tasa de rentabilidad y retorno de efectivo en función de la inversión requerida para la implementación del piscalatas.

2. Introducción

EL grupo Comeca es una multinacional de origen costarricense, dedicada a la producción de envases metálicos y plásticos, tiene filiales en Costa Rica, el Salvador, Perú y su filial en Colombia es Prodevases SAS con la capacidad de trabajar la embutición de aluminio y trabajo de hojalata en prensas de máximo 100 toneladas.

En la empresa se ha venido implementando metodologías de mejoramiento continuo, por ende, se ha optado por la metodología de Kaizen para motivar e incentivar el mejoramiento del desempeño de los procesos que se realizan en la empresa.

Cómo parte del mejoramiento continuo de la empresa se está desarrollando un proyecto para mejorar la productividad y la eficiencia de un troquel de respaldo usado para fabricar anillos de 1 galón, un accesorio fundamental en para la producción de envases de tipo industrial, los cuales representan el mayor porcentaje de ingresos de la compañía.

Basados en un análisis de disponibilidad del troquel de anillo de galón se toman los motivos principales por los cuales el troquel entra en paro para realizar acciones correctivas de las mismas y se mejore la producción del accesorio y se reduzca el tiempo en paro, entre estos está el atraque de retal lo que representa aproximadamente el 11.64% del tiempo en paro total, siendo una de las causas de mayor relevancia. (García, 2021)

Un piscalatas es una herramienta que ayuda a posicionar el retal de hojalata para evitar que este se atasque en el troquel (en el cortante superior), por lo que este es una herramienta necesaria para las herramientas que trabajan en ciclos continuos, sin intervención de un operario.

También es importante para el troquel tener un buen cronograma de mantenimiento, debido a la fricción sus piezas se desgastan y es importante tanto rectificar como pulir las piezas que sean necesarias para garantizar la calidad del producto. Por esto se realiza un cronograma de cómo debería ser el mantenimiento del troquel en función de las unidades producidas por el mismo.

Hay que tener en cuenta que para la implementación del piscalatas es importante definir la viabilidad económica del proyecto, Por ende, es necesario realizar un análisis financiero del retorno económico que devuelve la inversión. Esto se realiza con herramientas

de matemática financiera que permitan evaluar la relación costo-beneficio y permitan definir la viabilidad de la implementación de este pialatas.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Aumentar la disponibilidad del troquel de anillo de galón implementando las acciones definidas en el análisis causal, con el fin de disminuir los paros no programados y aumentar la productividad del mismo.

3.2. Objetivos específicos

- Verificar el estado del troquel, midiendo las piezas físicas, asegurando que las acciones correctivas sean viables.

- Diseñar pisalatas para un troquel de anillo de galón por medio de herramientas CAD para que se disminuya el tiempo de paro durante la producción.

- Asegurar que rediseño posea piezas funcionales en el troquel de respaldo y el troquel principal, por medio de la definición de las restricciones necesarias, con el fin de que se simplifiquen los mantenimientos de ambos troqueles.

- Realizar un plan de mantenimiento del troquel, por medio del análisis de información aportada por el área de mantenimiento de los cambios de herramienta, con el fin de que se optimice su disponibilidad.

- Reportar el beneficio económico de la implementación del proyecto, teniendo en cuenta la información aportada por la empresa, asegurando la factibilidad de esta implementación.

4. Marco teórico

4.1. El método Kaizen

El crecimiento de las empresas genera irregularidades en el proceso productivo, por eso es importante que una compañía aprenda a controlar la mayor cantidad de variables posibles de un proceso para incrementar su eficiencia. La metodología Kaizen es un sistema de mejora continuo mediante el cual una fábrica trata de eliminar todos los factores que no agregan valor al proceso productivo, volviéndolo ineficiente y costoso. Esta metodología es de origen japonés y se acoge bien en muchas compañías debido a que reta el crecimiento constante de la empresa y genera proyectos de mejora continua que optimizan el proceso productivo. (Lean, 2013)

Generar metodologías de mejora continua es importante para todas las industrias en crecimiento, pero para esto es importante entender el proceso. Para la industria de envases metálicos o de hojalata es importante identificar en cada parte del proceso los elementos que intervienen en el producto con el fin de reducir estropeos o que las máquinas sean más eficientes.

4.2. Envases metálicos

Los envases metálicos de tres partes son generalmente usados en la industria para almacenar bienes, son generalmente hechos en chapa metálica y se caracterizan por su hermeticidad y estabilidad química. (Wikipedia, 2021)

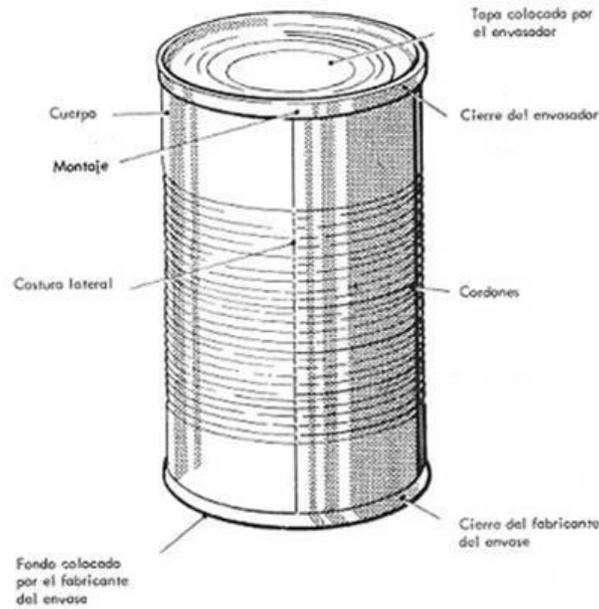


Ilustración 1. Partes de un envase metálico (Rodríguez, 2013)

Los envases normalmente están compuestos por 3 partes, cuerpo que es el cilindro del envase, el fondo que es la parte inferior y la tapa que es por donde normalmente se retira el producto del envase. En algunos envases grandes de productos no perecederos la tapa se divide en dos partes que son el anillo y la tapa. La tapa se aloja en el anillo con el fin de que el envase se puede abrir y cerrar varias veces, característica que no poseen los envases de 3 cuerpos normales.

Para hacer los accesorios de los envases es necesario usar algún proceso de formado que se encarga de convertir trozos de metal en piezas útiles para alguna aplicación de la sociedad. El objetivo del el formado es obtener piezas con la forma y las propiedades mecánicas adecuadas para un uso determinado. (Británica, 2021).

4.3. Prensa para troquelado

Una de las materias primas usadas comúnmente es la chapa metálica la cual es usada para realizar envases metálicos y sus accesorios. La chapa metálica u hojalata, para ser procesada necesita ser cortada y formada y para esto se usan herramientas que para el caso de los accesorios se montan en prensas.

Las prensas pueden ser de varios tipos según su clasificación, normalmente están alimentadas hidráulica o mecánicamente. Dentro de las prensas mecánicas se encuentran las prensas de volante excéntrica. Esta prensa se caracteriza por estar alimentada por un motor

eléctrico que mueve una volante con un acople excéntrico con el cual se logra darle el recorrido lineal a la mesa de la prensa donde se monta el troquel. (AIDA, 2021)

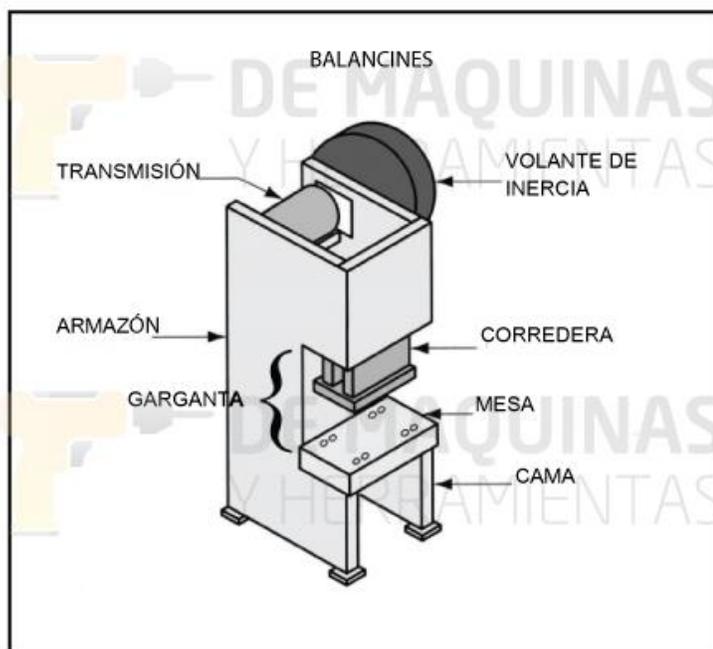


Ilustración 2. prensa de balancín (Herramientas, 2021)

Para troquelar se necesita de una prensa excéntrica, la cual es la encargada de abrir y cerrar el troquel para dar forma al accesorio. Esta prensa es comúnmente usada en trabajos con chapa metálica y es ideal para trabajos de troquelado continuo. (Herramientas, 2021).

4.4. Troquel.

Un troquel es una herramienta de formado de chapa metálica por medio de la cual se puede cortar, embutir, estampar, doblar, rebordear y perforar. Este tipo de herramientas es muy útil en la industria moderna, ya que son muy versátiles a la hora de manufacturar la chapa metálica. Existen troqueles simple efecto, los cuales solo realizan operaciones de formado en la carrera de bajada del troquel hasta el punto muerto inferior (BDC) y libera la pieza en la carrera de subida hasta el punto muerto superior (TDC). Los troqueles doble efecto son diseñados para realizar una operación fundamental de formado en la materia prima en la carrera de subida al TDC por lo que este troquel forma la pieza en ambas carreras del troquel. (Wikipedia, 2021)

Un troquel esta conformado por componetes dicretos cada uno con una función específica. Las partes mas comunes son los cortantes (macho y matriz de corte), las piezas formadoras (macho y matriz de embutición), la base donde están montas estas piezas y los postes o columnas guias que facilitan el centrado de la herramienta. Normalmente se tiene una parte movil (superior) y una parte fija (inferior). (Deducetu, 2014)

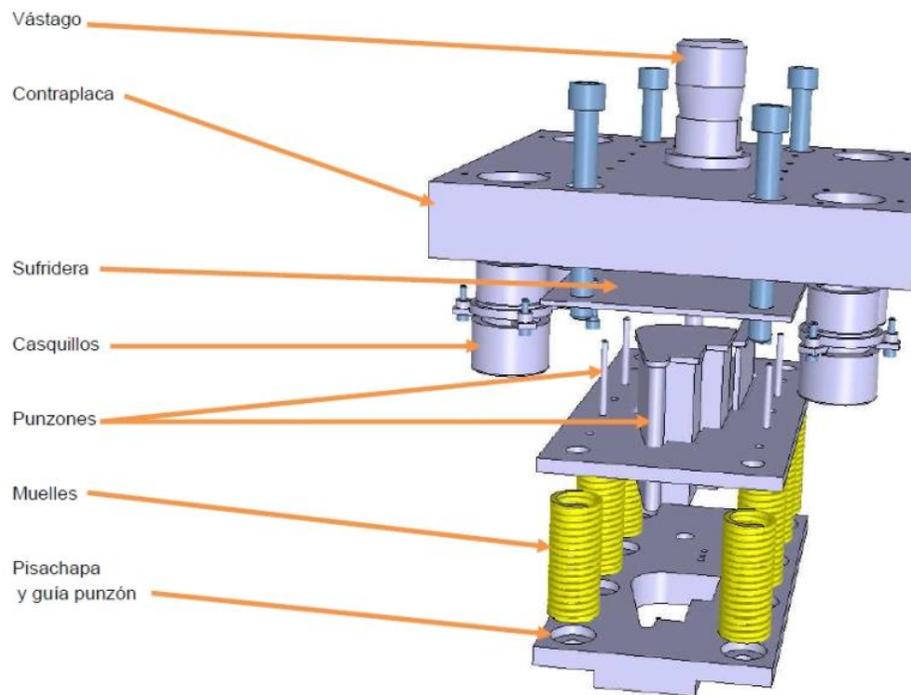
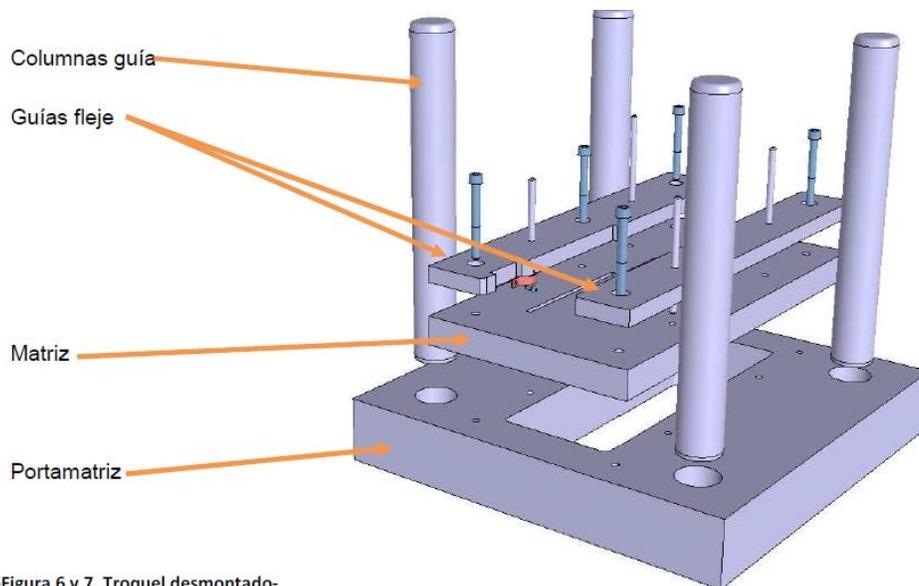


Ilustración 3. parte superior de un troquel (Deducetu, 2014)



-Figura 6 y 7. Troquel desmontado-

Ilustración 4. parte inferior de un troquel (Deducetu, 2014)

En el caso de la ilustración 2 se tiene un pisa latas de tipo fijo, con este se cuenta con el espacio suficiente para que la matriz entre en el macho de corte y el retal de hojalata no suba con la matriz. El pisa latas también puede ser flotante el cual obtiene una fuerza de pisado con resortes o con un colchón de aire.

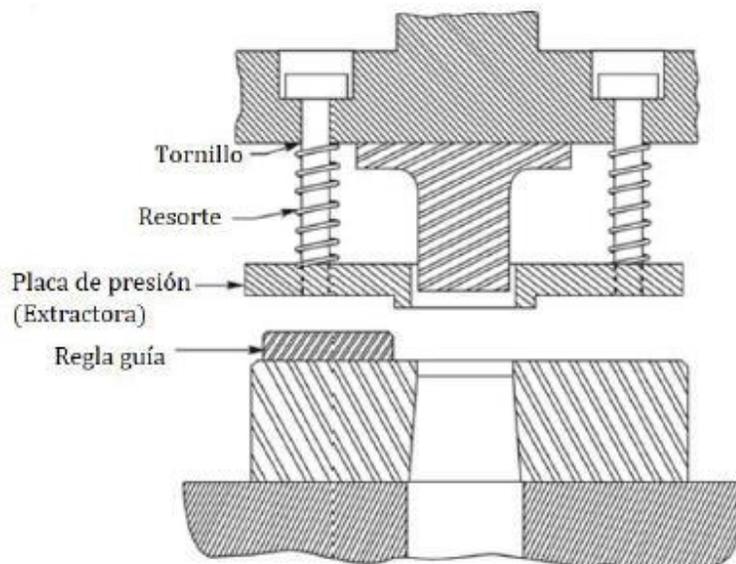


Ilustración 5. Troquel con pisa latas resortado (Osorio, 2020)

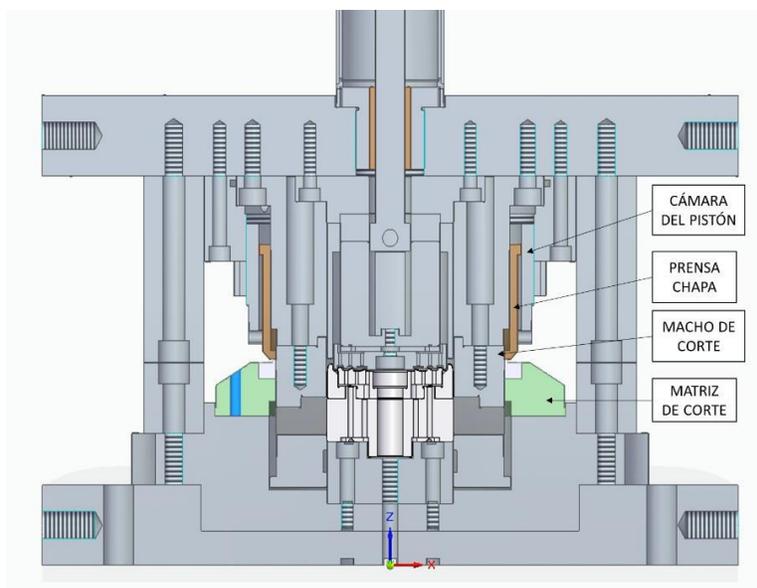


Ilustración 6. Troquel con pisa latas con cámara de aire. (Prodevases, 2021)

Es importante resaltar que la precisión de las herramientas involucradas en el proceso de formado de accesorios para envases metálicos puede alcanzar 0.01 mm, esto se debe a que el trabajo con chapa metálica con espesores de entre 0.18 y 0.21 mm exige dicha precisión.

Esta precisión puede ser alcanzada fácilmente por tecnologías CNC debido a que estas disminuyen los errores de posicionamiento y localización de la pieza. (Uday, 2013)

El troquel debe montarse en una prensa para que funcione, esta transforma un movimiento rotacional de un motor el eléctrico en un movimiento lineal, o está acoplada a un pistón hidráulico que la desplaza.

Uno de los mayores problemas que se puede presentar en el troquelado de chapa metálica es los atascos por el retal sobrante en la operación reduciendo considerablemente la disponibilidad de un troquel y poniendo en riesgo la vida útil de la herrameinta. (García, 2021)

Para garantizar la calidad del producto tambien es necesario tener un buen cronograma de mantenimiento, esto para garantizar que el estado de las piezas sea el adecuado para evitar defectos en el producto (Latas, 2021)

5. Metodología

5.1. Rediseño del troquel

En el caso del anillo de galón que se fabrica en Prodevases S.A.S. se tiene una prensa excéntrica de 40 toneladas con un recorrido total de 76.2 mm, esta máquina permite tener ciclos de trabajo altos llegando a 60 a 80 golpes por minuto del troquel. La prensa trabaja en 3 turnos diarios de 8 horas los cuales se interrumpen para acciones de mantenimiento correctivo o preventivo.

Prodevases S.A.S. se tiene un troquel de simple efecto con las operaciones de corte interior, embutido del perfil del anillo de galón y corte exterior. El troquel tiene unas dimensiones totales de 190.5 mm 355.7 mm 355.4 mm y el accesorio que se fabrica en este tiene un diámetro nominal de 145 mm y una altura total de 15mm. El troquel se divide en la parte superior e inferior. En la parte superior se amarran los machos de corte, de embutición y el botador que es el encargado de empujar la pieza formada fuera del troquel. En la parte inferior están las matrices de corte, de embutición y un pisador. El troquel trabaja en una prensa excéntrica a un régimen nominal de entre 65 y 75 golpes por minuto. Normalmente la vida útil de las piezas del troquel está determinada por la cantidad de golpes, o la cantidad de accesorios formados. (Osorio, 2020)

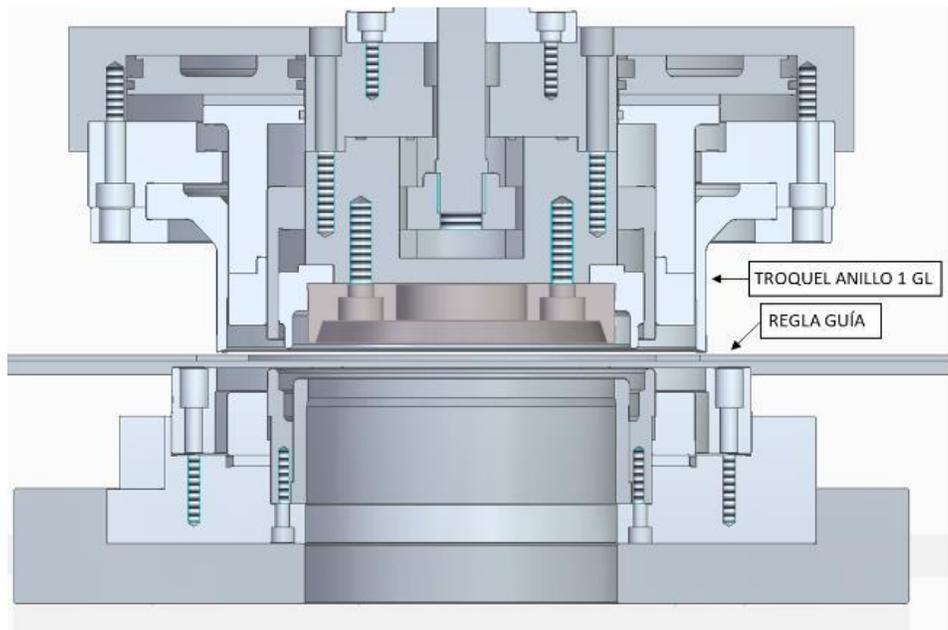


Ilustración 7. Troquel de anillo de galón Prodevases (Prodevases, 2021).

Se midieron todas las piezas que conforman el troquel con el fin de compararlas con los planos que posee la empresa. Esta medición se realizó con instrumentos que brindan una precisión de una centésima de milímetro (0.01 mm) lo cual es suficiente para definir si las piezas son funcionales o no para el accesorio a formar. Los instrumentos de medición usados fueron micrómetro análogo, pie de rey digital, altímetro digital, profundímetro digital.

Se realiza un CAD con el estado del troquel y se parte de este para realizar el diseño teniendo en cuenta las condiciones de espacio del mismo. En la imagen 6 se muestra el troquel de anillo de galón antes de ser modificado.

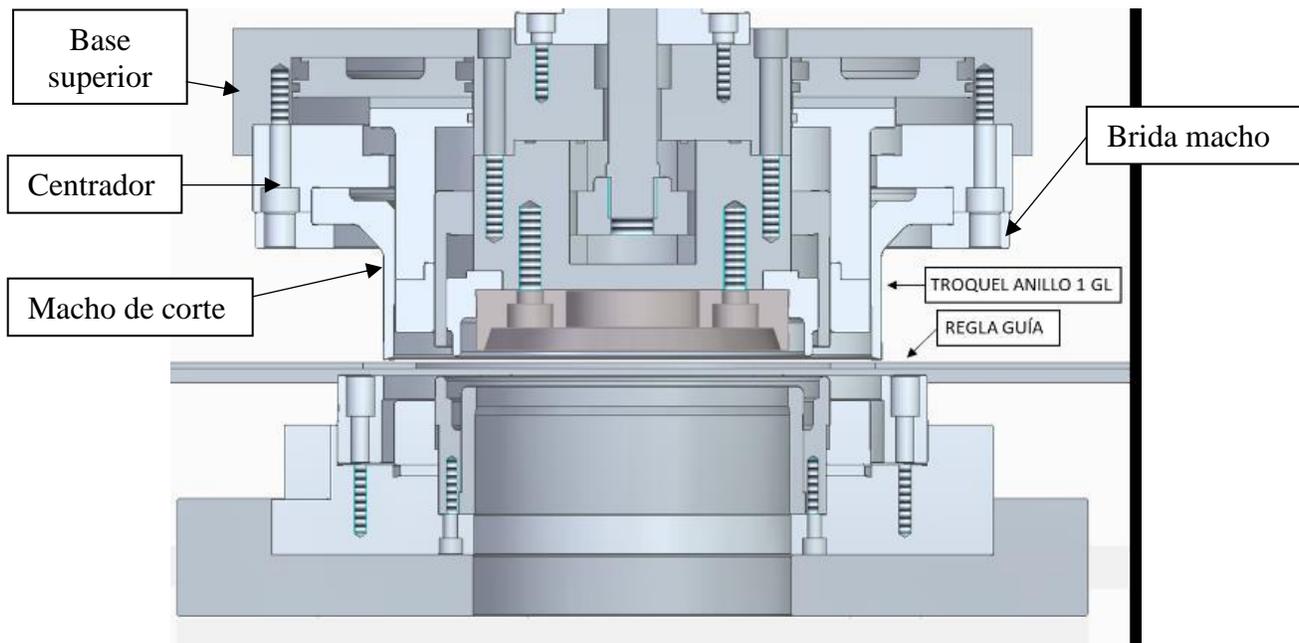


Ilustración 8. Troquel de anillo de galón actual (Prodenvases, 2021)

Como se observa en la figura 6 el macho es sujetado por una brida al centrador, el cual se encuentra sujetado por tornillos a la base superior del troquel.

La prensa del troquel de anillo de galón opera bajo condiciones ambientales y con lubricación baja o sin ella debido a que es troquel de una sola operación y las dimensiones de la embutición no requieren lubricación sino en determinados casos en que la hojalata tenga un recubrimiento que lo requiera para evitar dañar sus propiedades. Teniendo en cuenta que el macho de corte es una pieza que está en contacto directo con el producto y está templada a 58-60 HRC se define que el centrador del mismo debe tener una dureza menor para no dañarlo.

Se realizó una propuesta modificando la forma de sujetar el macho de corte del troquel con el fin de usar el espacio que ocupa la brida que sirve de amarre. Solo se presentó una propuesta de modificación del troquel debido a las condiciones restrictivas del diseño.

Se presentó el diseño al ingeniero de procesos y los mecánicos de troquelado con más experiencia de la empresa con el fin de revisar y hacer ajustes finales al diseño para que sea totalmente funcional. Estos aprobaron el diseño para su implementación en el troquel.

Se cotizaron las partes con el taller industrial JIOTO con el cual se definió el monto de la inversión requerido para este proyecto.

5.2. Plan de mantenimiento del troquel

Se define la vida útil de las herramientas de corte como 5mm de rectificado total en altura, se definen además la vida útil de las piezas de formado tomando en cuenta la especificación del producto. La vida útil del piscalatas dependerá de la hermeticidad de la cámara de aire diseñada. El filo debe ser rectificado al menos cada 500.000 accesorios producidos.

Se realiza un cronograma de mantenimiento teniendo en cuenta que la vida útil de las piezas de corte es de 5mm, adicionalmente la cantidad de material que se arranca en cada afilada es de entre 0.2 mm y 0.3 mm. Por ende, la vida útil de los cortantes estará dada en función de las veces que se rectifica de la siguiente manera

$$.Vu = \frac{LMR}{LA}$$

Ecuación 1. Vida útil de los cortantes

Donde LMR será la longitud de máximo rectificado y LA es la longitud de afilado, esto nos dará el valor de cuantas veces pueden ser rectificado los cortantes en condiciones normales.

También podemos ver su vida útil en función de las unidades producidas, o cuantas unidades puede producir el troquel antes de cambiar los cortantes de la siguiente manera:

$$UND = Vu * 500.000$$

Ecuación 2. Vida útil de los cortantes en unidades

Donde 500.000 es el número de unidades producidas antes de afilar los cortantes bajo condiciones normales.

Los cortantes pueden presentar desgaste excesivo o necesidad de afilado antes de las 500.000 en función de los recubrimientos que se le apliquen a la lámina de hojalata.

Los elementos no cortantes deben ser pulidos para mantener el acabado superficial, estos se cambian cada que no puedan mantener la especificación del accesorio.

5.3. Análisis económico.

Se realiza un análisis económico mediante el cual se estima la cantidad de dinero que debe aportar la implementación de pialatas en la producción de anillos de un galón. Esta se realiza estimando la cantidad de accesorios que se dejan de producir en el tiempo de paro por atranques de retal de la siguiente manera:

$$ANP = GPM * MP$$

Ecuación 3. Anillos no producidos

Donde GPM son los golpes por minuto que puede dar la prensa cuyo valor nominal son 70 golpes por minuto y MP son los minutos en paro debido a los atranques de retal.

La tabla 1 muestra el reporte de producción de los tiempos en paro para la prensa de anillo de galón en 2020. Como se puede ver en la tabla 1, el atranque de retal es uno de los motivos de paro de mayor relevancia en la fabricación del accesorio.

Tabla 1. Tiempo en paro del troquel de anillo de galón. (García, 2021)

Paros que afectan la disponibilidad fallas y ajustes	
Falla o ajuste	Tiempo en paro asociado (min)
Ajuste atranques engomadora	6540
Ajustes atranques magazine	3023
Ajustes atranques de retal	2183
Falla eléctrica	2112
Falla aplicador de compuesto	1748
Falla mecánica	1294
Ajuste rebordeadora	1039
Atranque transporte	260
Ajuste prensa primera operación	210
Falla rebordeadora	183
Ajuste atranques transporte	72
Falta de mecánico	54
Ajuste prensa de segunda operación	30

La tabla 2 nos muestra los precios de los anillos de galón con recubrimiento y sin recubrimiento para el año 2020, además de esto se muestra la proporción en la cual se fabrican ambos tipos de anillos. Estos valores son reportados por el área de ventas y producción.

Tabla 2. valor de los anillos de galón. (Osorio, 2020)

Precios de los anillos producidos en Prodenvas S.A.S.	
Ítem	Valor
Anillo con recubrimiento	289.40 COP
Anillo sin recubrimiento	262.81 COP
Porcentaje de anillos producidos con recubrimiento	28%
Porcentaje de anillos producidos sin recubrimiento	72%

De esta manera podremos estimar la cantidad de dinero que deja de producir la prensa de anillo de galón por cualquier ítem de la tabla 1 de la siguiente manera:

$$PER = ANP * (AB * FB + AR * FR)$$

Ecuación 4. Pérdidas por anillos no producidos

Donde AB es el valor de los anillos sin recubrimiento, FB es la fracción de anillos sin recubrimiento, AR es el valor de los anillos con recubrimiento y FR es la fracción de anillos con recubrimiento.

Como el costo asociado a la implementación del pisalatas es de aproximadamente 15.200.000 COP. Y que los valores reportados son anuales podemos calcular la rentabilidad de la inversión como:

$$R = 1 + \frac{\text{Utilidad generada}}{\text{Valor invertido}}$$

Ecuación 5. Rentabilidad de la inversión.

6. Resultados

Como se puede ver en la tabla 3, el atranque de retal es uno de los 3 motivos de paro de mayor relevancia que acumulan el 62.65% del tiempo en paro total del 2020. en la prensa de anillo de galón. Esto acumula un 11.64% del tiempo en paro de la prensa, siendo un objetivo clave de la metodología Kaizen para ser mejorado en el proceso de fabricación de anillo de galón.

Tabla 3. Relevancia de los motivos de paro

Motivo de paro	Tiempo en paro	Porcentaje	Acumulado
Ajuste atranques engomadora	6540	34,8 8%	34,8 8%
Ajustes atranques magazine	3023	16,1 2%	51,0 1%
Ajustes atranques de retal	2183	11,6 4%	62,6 5%
Falla eléctrica	2112	11,2 7%	73,9 2%
Falla aplicador de compuesto	1748	9,32 %	83,2 4%
Falla mecánica	1294	6,90 %	90,1 4%
Ajuste rebordeadora	1039	5,54 %	95,6 8%
Atranque transporte	260	1,39 %	97,0 7%
Ajuste prensa primera operación	210	1,12 %	98,1 9%
Falla rebordeadora	183	0,98 %	99,1 7%
Ajuste atranques transporte	72	0,38 %	99,5 5%
Falta de mecánico	54	0,29 %	99,8 4%
Ajuste prensa de segunda operación	30	0,16 %	100, 00%

6.1. Rediseño del troquel de anillo

En el rediseño del troquel de anillo de galón se construyó un modelo CAD que cumpliera las condiciones necesarias requeridas por la empresa. No es necesario realizar cálculos o simulaciones de esfuerzos debido a que el piscalatas parte de un diseño existente.

En el proceso de medición se obtuvo que las piezas eran correspondientes al CAD del troquel. Existían diferencias de altura debido al desgaste en las piezas de corte. Se compararon los planos del troquel con el accesorio a fabricar y se encontró una correcta correspondencia con las especificaciones del producto.

Debido al espacio disponible no es posible realizar un diseño con resortes o de tipo fijo, por lo que se decide realizar un diseño con colchón de aire. Debido a esto se decide que el piscalatas será de bronce, de esta manera las camisas de la cámara de aire tendrán más durabilidad. Se diseña el centrador del macho como camisa interior y se diseña la camisa exterior con el espacio disponible en la base superior del troquel, la altura de esta pieza está definida por el requerimiento de altura relativa del piscalatas respecto al macho de corte definido en la puesta a punto del troquel (el piscalatas debe sobresalir 1mm sobre el macho de corte). Debido a la poca disponibilidad de espacio en la base del troquel y en la prensa, y a la necesidad de diseñar un piscalatas intercambiable entre el troquel principal y el troquel de respaldo el diseño se define como restrictivo y se presenta solo una opción para la implementación del piscalatas como se muestra en la imagen 7

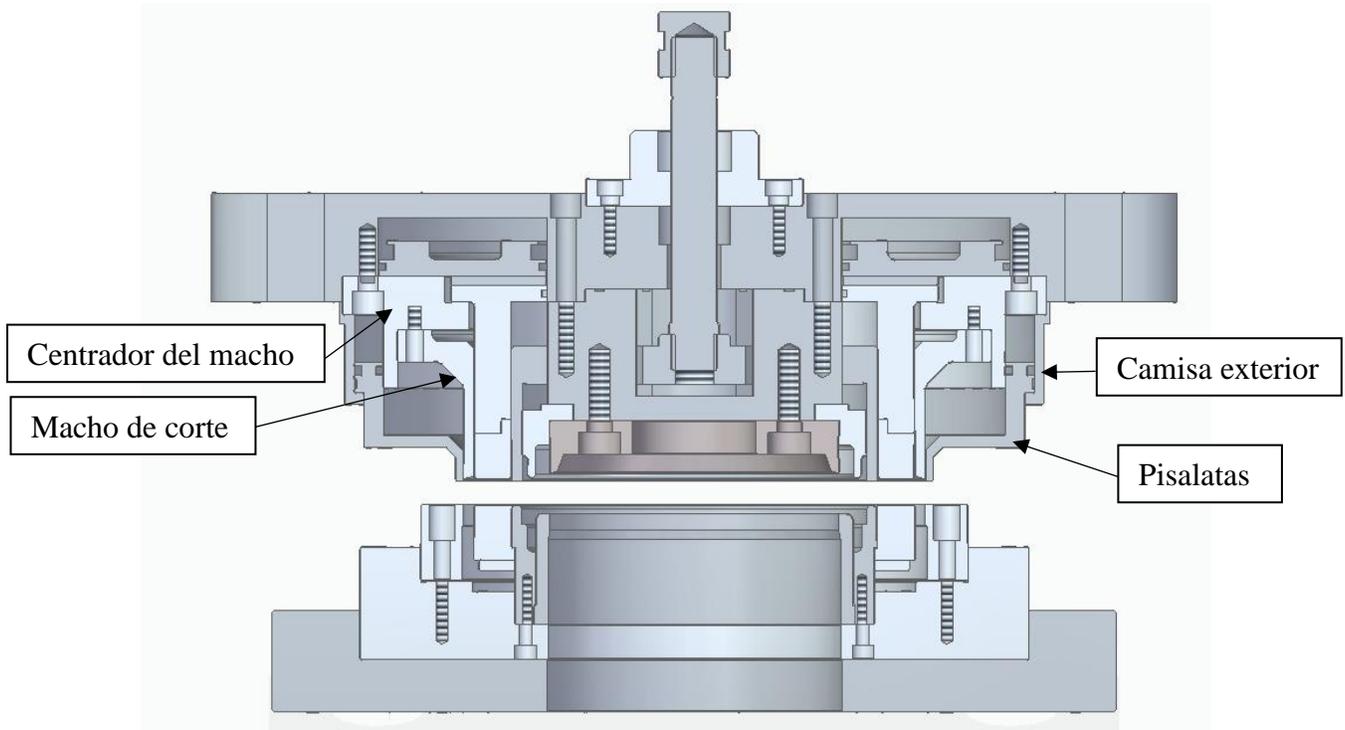


Ilustración 9. Modificación de troquel con piscalatas (Prodevases, 2021)

Como se ve en la imagen 7. Se modificó el macho de corte para ser sujetado con tornillos al centrador, el piscalatas sobresale exactamente un milímetro del macho de corte, el centrador del macho sirve de camisa interna al colchón de aire del piscalatas y se fabrica otra pieza adicional que sirva de camisa externa al piscalatas.

6.2. Plan de mantenimiento del troquel

El mantenimiento del troquel debe hacerse en función del desgaste que posean las piezas. Se calcula la vida útil de los cortantes con la fórmula 1. De esta manera podemos ver que las veces que se puede rectificar los cortantes del troquel son 16.6 veces antes de cambiar los cortantes, por esto se define la cantidad máxima de rectificadas en 16 veces. De esta manera usando la formula 2, podemos ver que los cortantes pueden fabricar mínimo 8.5 millones de unidades antes de ser cambiados.

Para las piezas formadoras es importante realizar un lapeado cada 1 millón de unidades para conservar el acabado superficial. Se deben cambiar cada que el producto esté fuera de especificación por condiciones geométricas de la pieza o se dañen por algún motivo extraordinario.

Esta forma de realizar el mantenimiento es recopilada en la tabla 4, mediante la cual se plantea un cronograma de mantenimiento en función de las unidades producidas.

Tabla 4. Plan de mantenimiento del troquel de anillo de galón.

Producción	Millones de unidades producidas																		
Actividad	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	
Afilado de cortantes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lapeado de formadores	■			■			■			■			■			■			■
Rectificado de pisadores	■			■			■			■			■			■			■
Cambio por cortantes nuevos																		■	
Cambio de formadores	Cada que la especificación de producto lo requiera																		

6.3. Análisis económico

También se reportaron los resultados del análisis económico. En este se detalla el valor en pesos que representa el fallo por atranque de retal en el troquel. Este es el valor que añadiría el piscalatas a la producción de anillos de galón. Usando la formula 3 y 4 podemos obtener los resultados de la tabla 5.

Tabla 5. Perdidas asociadas al tiempo en paro.

Análisis económico troquel de anillo		
ítem	tiempo en paro asociado (min)	Pérdidas (COP)
Atranque de retal	2183	\$ 44.247.532,62
Tiempo en paro total	18748	\$ 380.005.836,72

También podemos ver que la rentabilidad de la implementación del piscalatas es de aproximadamente 191.1% debido a que los ingresos por su implementación son muy altos. Asumiendo un índice de precios al consumidor (IPC) de 4.5% podemos reportar un VPN de 28.423.041 COP, que es aproximadamente 1.87 veces el valor de la inversión del piscalatas.

Teniendo el presupuesto de 15.200.000 COP podemos despejar la ecuación 4, de esta manera vemos que este dinero representa 37.819 anillos no producidos, lo cual representa 570 minutos de paro.

7. Conclusiones.

El estado del troquel es el adecuado para realizar un rediseño debido a que la desviación de las piezas encontradas solo es en alturas de rectificado. Esto permitió trabajar sobre el modelo CAD del estado actual del troquel para realizar el rediseño de mismo.

La propuesta presentada reúne todas las condiciones de diseño requeridas, tanto en limitaciones geométricas como mecánicas, por lo que es una propuesta viable y confiable, adicionalmente el piscalatas se diseñó como una pieza funcional tanto para el troquel de respaldo como el principal, estandarizando piezas de proceso.

Teniendo en cuenta que los cortantes se deben de cambiar cada 8.5 millones de accesorios y que su vida útil se ve reducida por imprevistos con atranque de retal generando despieces o fracturas en las piezas, la implementación del piscalatas eliminaría la posibilidad de atranques en el troquel por retal aumentando la vida útil de los cortantes y piezas formadoras, garantizando que cumplan el ciclo de 8.5 millones de accesorios producidos. Esto hace que el plan de mantenimiento presentado sea adecuado para el nuevo diseño.

La implementación del piscalatas representa un beneficio económico importante para la empresa, debido a que la oportunidad de inversión les muestra una rentabilidad aproximada de 191.1%, si se compara con la tasa de retorno de una inversión convencional del 30% aproximadamente se tiene una diferencia de 161.1% mostrando que es viable y rentable el proyecto.

Teniendo en cuenta que el piscalatas pretende evitar 2.183 minutos de paro de la prensa de anillo de galón, no solo generará 44.247.532 COP adicionales, sino que eliminará los cotos del personal encargado de solucionar el atranque de retal, esto maximiza el beneficio de la inversión.

Tener una tasa de rentabilidad por encima del 100% muestra que el beneficio generado por la implementación del piscalatas es mucho mayor que el valor de la inversión, siendo el valor generado en bruto 2.91 veces el costo de la implementación.

La implementación del piscalatas es una buena opción desde el punto de vista financiero por las razones ya analizadas en esta sección del trabajo debido a que podemos ver en el VPN un retorno en el efectivo de 1.87 veces el valor de la inversión. Adicionalmente

se tiene la reducción del tiempo en paro aumentado la disponibilidad de la línea de anillo de galón y por ende la eficiencia global en la producción de este accesorio.

La implementación del pisalatas reducirá un 11.6% del tiempo en paro de la prensa de anillo de galón, este es el equivalente a 2183 minutos, 36.38 horas de trabajo continuo o 4.55 Turnos de trabajo, aumentando considerablemente la disponibilidad de la prensa de anillo de galón cumpliendo con el objetivo establecido, permitiendo que la prensa este 11.6% mas disponible para la producción de accesorios.

8. Referencias

- AIDA. (06 de 07 de 2021). *Aida-global*. Obtenido de <https://www.aida-global.com/spanish/metal-stamping-presses/straightside-press-2mr.cfm>
- Británica, E. (20 de 07 de 2021). *Britannica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/technology/steel/Forming-of-steel>
- Deducetu. (2014). *Conformado de productos sin arranque de viruta*. Obtenido de <http://deduce-tu.blogspot.com/p/4corte-y-punzonado.html>
- García, J. E. (2021). *Kaizen anillo de 1 galón*. Medellín: Prodevases.
- Herramientas, D. m. (16 de 06 de 2021). *De máquinas y Herramientas*. Obtenido de ¿Que es un balancín o prensa excéntrica?: <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/balancin>
- Latas, M. (24 de 09 de 2021). *Mundo Latas*. Obtenido de <https://mundolatas.com/mantenimiento-preventivo-de-un-troquel-de-tapas/>
- Lean, P. (05 de 11 de 2013). *Progesa Lean*. Obtenido de Kaizen, la mejora continua: <https://www.progressalean.com/kaizen-la-mejora-continua/>
- Montaño, F. (2004). *Formado de metales y trabajo con lámina metálica*. Obtenido de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/>
- Osorio, E. M. (2020). *Prefactibilidad del diseño y la implementación de un prensa chapa para troquel de anillo de 1 galón*. Medellín: Universidad de Antioquia .
- Prodevases. (2021). Troquelel de Prodevases. Medellín, Antioquia.
- Rodriguez, O. (08 de 01 de 2013). *Características del envase de hojalata*. Obtenido de <https://rodriguezomar.wordpress.com/2013/01/08/caracteristicas-del-envase-de-hojalata/>
- Uday, D. (2013). *Metal Forming: Technology and process modelling*. Mc Graw Hill.
- Wikipedia. (20 de 07 de 2021). Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Steel_and_tin_cans

Wikipedia. (16 de 06 de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de Troquel :
[https://es.wikipedia.org/wiki/Troquel_\(cortante\)>](https://es.wikipedia.org/wiki/Troquel_(cortante)>)

9. Anexos

1. Plano centrador del macho de corte
2. Plano del pisa latas o prensa chapa
3. Plano camisa exterior pisa latas.
4. Cotización taller industrial JIOTO