

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE EMBUTICIÓN PROGRESIVA EN LA MANUFACTURA DE PORTA CUCHILLA DE LICUADORA DOMESTICA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL.

Autor:

Cleto Marcelino Paucar Noguera

Asesor:

Mg. Jimy Frank Oblitas Cruz

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo al Señor de lo Alto, a mi familia, que me apoyo en todo momento, a mis docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, por darme fuerza moral y salud para cumplir mis proyectos y darme perseverancia para lograr objetivos propuestos. Sin su ayuda y protección no lograría nada

A mi padre Antonio Paucar Salas y a mi madre Francisca Noguera Ylla, por su ejemplo y dedicación en la vida, porque de ellos he aprendido, a mi esposa Alicia Quispe Mora, a mis hijos Regina y Antonio por su apoyo incondicional y la confianza que siempre depositaron en mí.

A mis profesores de la Universidad que han compartido sus conocimientos y sus experiencias, acrecentando mi caudal de conocimientos, a mis colegas de mi centro de trabajo que me apoyaron en temas que tenía dificultad de entender.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
INDICE DE ANEXOS.	10
RESUMEN EJECUTIVO	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Empresa.	13
1.2. Realidad problemática.	¡Error!
Marcador no definido.	
1.3. Formulación del Problema.	15
1.3.1. <i>Problema General</i>	15
1.3.2. <i>Problema Especifico</i>	15
1.3.2.1. <i>Problema especifico 01.</i>	15
1.3.2.2. <i>Problema especifico 02</i>	15
1.3.2.3. <i>Problema especifico 03.</i>	15
1.3.2.4. <i>Problema especifico 04.</i>	15
1.4. Justificación	
1.4.1. <i>Justificación teórica.</i>	16
1.4.2. <i>Justificación práctico.</i>	16
1.4.3. <i>Justificación cuantitativo.</i>	16
1.4.4. <i>Justificación normativa.</i>	16
1.5. Objetivo del trabajo.....	17
1.5.1. <i>Objetivo general.</i>	17
1.5.2. <i>Objetivo específico.</i>	17
1.5.2.1. <i>Objetivo</i>	<i>especifico</i>
01.....	¡Error!
Marcador no definido.	

1.5.2.2. *Objetivo* *especifico*

02.....¡Error!

Marcador no definido.

1.5.2.3. *Objetivo* *especifico*

03.....¡Error!

Marcador no definido.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO18

2.1. Diagnostico de causa raiz de inconformidad.	18
2.1.1. Diagrama de Ishikawa.	18
2.1.2. Diagrama de pareto.	20
2.2. Proyecto de fabricacion de matriz progresiva.	23
2.2.1. Planeamiento de fabricacion de matriz progresiva.	23
2.2.2. Test de Erichsen.	24
2.3 Embutido.	25
2.31. Embuticion de laminas de metal.	25
2.3.2. Calculo de las dimensiones de las matrices de embutido.	28
2.3.2.1. Desarrollo del cospel.	28
2.3.2.2. Reducción de diametros.	29
2.3.2.3. Altura de embutidos.	31
2.3.2.4. Juego de embutido.	31
2.3.2.5. Dimensiones de la matriz de embutido.	32
2.3.2.6. Dimensiones del punzon de embutido.	33
2.3.2.7. Radios de embutido de la matriz y el punzon.	33
2.3.2.8. Velocidad de embuticion.	34
2.3.3. Fuerzas que intervienen en la matriz progresiva de corte y embutido.	35
2.3.3.1. Fuerza de corte, fuerza de extraccion, fuerza de expulsion.	35
2.3.3.2. Fuerza de embutido, fuerza de extraccion, fuerza del prensachapa.	37
2.3.3.3. Fuerza total para embutir un componente en matriz progresiva.	39
2.3.3.4. Seleccione de prensa adecuada.	39
2.4. Matrices para el trabajo de la chapa.	40
2.5. Laminas de metal para embutido.	41
2.5.1. Acero inoxidable.	41
2.5.1.1. Acero inoxidable martensitico.	42
2.5.1.2. Acero inoxidable ferritico.	42
2.5.1.3. Acero inoxidable austenitico.	43
2.5.1.4. Acero inoxidable duplex.	44

2.5.1.5. Usos de los aceros inoxidables.	46
2.6. Fabricacion de matrices para el trabajo de la chapa.	47
2.6.1. Maquinas herramientas convencionales.	49
2.6.2. Maquinas herramientas no convencionales.	54
2.7. Materiales de las matrices de embuticion.	56
2.7.1. Materiales del cuerpo de la matriz.	56
2.7.2. Materiales de los punzones y placas matrices de embuticion.	57
2.7.2.1. Aceros para trabajo en frio.	58
2.7.2.2. Aceros para trabajo en caliente.	58
2.7.2.3. Aceros aleados para herramientas.	58
2.8. Prensas para embuticion.	59
2.8.1. Prensas mecánicas de simple efecto.	60
2.8.1.1. Dispositivos para control de flujo del metal.	66
2.8.1.1. Cojin neumatico.	66
2.8.2. Factores a considerarse para seleccionar la prensa adecuada.	68
2.9. Lubricacion en el embutido.	68
2.9.1. Lubricantes usados para embutir diferentes materiales.	69
CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA	73
3.1. Identificación de la causa raíz del problema.	73
3.1.1. Resultados encontrados al aplicar Ishikawa y Pareto.	74
3.2. Actividades realizadas.	75
3.2.1. Planeamiento de fabricación de matriz progresiva.	75
3.2.2. Funciones que ejerció el autor en el proyecto.	75
3.2.3. Diseño de la matriz progresiva y combinada.	76
3.2.3.1. Hallazgos encontrados.	77
3.2.3.2. Limitaciones encontradas.	77
3.2.4. Calculo del cospel.	77
3.2.5. Calculo de la reducción de diámetros.	79
3.2.6. Calculo del juego de embutido.	79
3.2.7. Determinacion de las dimensiones de la matriz y punzones.	80
3.2.8. Determinación de los radios de embutido de la matriz y el punzón.	80
3.2.9. Fuerzas que intervienen en la producción del componente embutido.	81
3.2.9.1. Fuerzas de corte.	81
3.2.9.2. Fuerzas de embutido.	81
3.2.9.3. Fuerza necesaria para producir un componente.	82
3.2.10. Determinación del punto de equilibrio de los esfuerzos de corte.	82

3.2.11. Velocidad de embutición para producir la porta cuchilla.	83
3.2.12. Lubricante para producir la porta cuchilla.	83
3.2.13. materiales y maquinas usadas en la fabricación progresiva.	83

CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	84
4.1. Diagrama de operación del proceso antes y después de la mejora.	84
4.2. Diagrama de análisis del proceso antes y después de la mejora.	86
4.3. Análisis comparativo del proceso de producción de la porta cuchilla.	88
4.3.1. Numero de matrices antes y después de la mejora.	88
4.3.2. Ahorro de material (AISI 304) antes y después de la mejora.	89
4.3.3. Tiempo empleado en la producción.	89
4.3.4. Costo de la matriz.	91
4.3.5. Costo del producto.	92
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1. Conclusiones.	93
5.2. Recomendaciones.	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

1. Formulas básicas para obtener el diámetro del cospel.	29
2. Coeficiente de embutición.	30
3. Velocidad de embutición recomendada.	34
4. Resistencia a la traccion de materiales de embuticion.	37
5. Valor α adicional para fuerza de embutido.	37
6. Presion especifica prensachapa.	38
7. Composición química de los aceros inoxidables.	44
8. Clasificación de los aceros inoxidables.	45
9. Rango de precisión en mecanizado.	49
10. Términos relativos a operación de la prensa I.	61
11. Términos relativos a operación de la prensa II.	63
12. Términos relativos a operación de la prensa III.	65
13. Lubricantes para embutición.	70
14. Resultado de aplicación de diagrama de Pareto.	75
15. Dimensiones de anillos de embutición.	78
16. Medidas de los anillos, punzones y radios de embutición.	79
17. Fuerzas de corte en la producción de la porta cuchilla.	80
18. Fuerzas de embutición en la producción de la porta cuchilla.	80
19. Ubicación del esparrago.	81
20. Numero de matrices antes de la mejora.	87
21. Numero de matrices después de la mejora.	87
22. Porcentaje de ahorro de material antes y después de la mejora.	88
23. Tiempo empleado en la producción antes y después de la mejora.	89
24. Costo de matriz.	90
25. Costo del producto.	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Organigrama general de OVNI.	14
2. Diagrama Ishikawa	18
3. Diagrama Pareto	22
4. Flujograma de fabricacion de matriz progresiva	23
5. Ensayo Erichsen	25
6. Operación de embutido	26
7. Deformaciones producidas en la embutición	27
8. Cospel y componente embutido.	28
9. Juego de embutido.	32
10. Radio de las matrices y punzones.	33
11. Corte de láminas por matrices.	35
12. Embutido con prensachapa y eyector.	38
13. Flujograma para fabricación de matrices.	48
14. Torno paralelo mecánico.	50
15. Operaciones en el torno.	51
16. Fresadora universal.	52
17. Operaciones en la fresadora.	53
18. Esquema de funcionamiento de Maquina CNC.	54
19. Principales movimientos de fresadora CNC.	55
20. Flujograma de operación de maquina CNC.	56
21. Importancia del acero para matrices.	59
22. Esquema de prensa mecánica de simple efecto.	61
23. Partes principales de prensa mecánica.	62
24. Prensa con eje excéntrico adelante y volante posterior.	64
25. Disposición típica de la prensa.	65
26. Colchón neumático de prensa.	66
27. Control de alturas de candelas.	67
28. flujograma del proceso de manufactura de matriz.	73
29. Diagnóstico de inconformidad en producción de porta cuchilla.	74
30. Diagrama causa –efecto producción de porta cuchilla.	75
31. Plano de la porta cuchilla de licuadora doméstica.	77
32. Diagrama de operaciones del proceso método anterior.	83
33. Diagrama de operaciones del proceso método actual.	84
34. Diagrama de análisis del método anterior.	85
35. Diagrama de análisis del método actual.	86

ÍNDICE DE ECUACIONES

1. Índice Erichsen.	24
2. Igualación de áreas.	28
3. Diámetro del cospel de cilindro.	28
4. Diámetro de las pasadas de embutición.	30
5. Altura de embutido.	31
6. Juego de embutido para acero.	31
7. Juego de embutido para aluminio.	31
8. Juego de embutido para otros materiales.	31
9. Diámetro de la primera pasada.	32
10. Diámetro de las demás pasadas.	32
11. Dimensiones del punzón de embutido.	33
12. Radio de embutición primera pasada para acero.	33
13. Radio de embutición primera pasada para aluminio y cobre.	33
14. Radio de embutición para las siguientes pasadas.	33
15. Radios del punzón.	33
16. Velocidad de embutición.	34
17. Fuerza de corte.	35
18. Fuerza de extracción.	36
19. Fuerza de expulsión.	36
20. Fuerza de corte total.	36
21. Fuerza de embutido.	37
22. Fuerza del pisador para embuticiones cilíndricas.	39
23. Fuerza del pisador para embuticiones rectangulares.	39
24. Fuerza de expulsión en embutido.	39
25. Fuerza total para embutir en matriz progresiva.	39
26. Fuerza necesaria para embutir en matriz progresiva.	39
27. Dificultad de la embutición.	69

INDICE DE ANEXOS

1. Matriz de Coherencia.	97
2. Plano del plato porta cuchillas.	98
3. Plano de las cuchillas.	99
4. Plano del vástago.	100
5. Foto del portacuchilla con bocinas de bronce montada.	101
6. Foto del portacuchilla en montaje.	101
7. Vista en perspectiva de la matriz progresiva, abierta sin la parte superior.	102
8. Vista frontal en corte de la matriz progresiva, con la parte superior e inferior.	103
9. Lista de materiales para fabricación de matriz progresiva.	104
10. Factura de compra de aceros para trabajo en frio I.	106
11. Factura de compra de aceros para trabajo en frio II.	107
12. Factura de compra de aceros para trabajo en frio III.	108
13. Factura de compra de aceros para trabajo en frio IV.	109
14. Características del acero K100 utilizado en la fabricación de la matriz.	110
15. Características de los pernos de resistencia garantizada usados en la matriz.	111
16. Características de la prensa mecánica utilizada con la matriz progresiva.	112
17. Desarrollo del portacuchilla producida por matriz de recorte anterior.	113
18. Primer embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	114
19. Segundo embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	115
20. Tercer embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	116
21. Cuarto embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	117
22. Quinto embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	118
23. Sexto embutido del portacuchilla producida por matriz anterior.	119
24. Grabado de especificación de posición reten.	120
25. Recorte final del diámetro del plato portacuchilla.	121
26. Matriz combinada, Vista frontal.	122
27. Matriz combinada, Vista lateral derecha.	123
28. Matriz progresiva, vista de planta.	124
29. Matriz progresiva, vista superior en corte.	125

RESUMEN EJECUTIVO

El proceso de embutición por matrices progresivas y combinadas permite emplear menos tiempo y mejorar la calidad de productos de láminas de metal, componentes que eran fabricados en varias matrices, con las matrices progresivas se pueden disminuir hasta en una sola matriz; además el riesgo de accidentes del operario disminuye notoriamente, es el caso de la porta cuchillas de licuadora doméstica, que fue el cuello de botella en la fabricación del portacuchilla de la licuadora doméstica.

En la empresa OVNI, anteriormente el portacuchilla de licuadora doméstica se fabricaba por medio de nueve matrices en total, el tiempo de fabricación del componente de acero inoxidable, generaba incremento de los costos de producción haciendo que los márgenes de ganancia resulten bajos. Con la aplicación de embutición por medio de matrices combinadas de corte y embutido, los tiempos de fabricación disminuyeron notoriamente en una proporción de 53%, además los riesgos de accidentes del operario de la prensa bajaron drásticamente.

El proceso de fabricación de las matrices de embutición progresiva y matriz combinada considero los lineamientos de la Sociedad de ingenieros de manufactura SME y el rango de calidad está acorde a la norma ISO 2768-m.

Como consecuencia de la implementación del plan diseñado se obtuvieron grandes mejoras en cuanto a la calidad del producto, el número de piezas producidas en un determinado tiempo, el riesgo de accidente del operario disminuidos, el tiempo de vida de las maquinas se amplió, además la tecnología de la empresa se actualizo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el proceso de fabricación de cuchillas para licuadora doméstica se presentaba un problema de producción, uno de los seis elementos, el portacuchilla se fabricaba por medio de seis matrices de embutido, dos de corte y una matriz de grabado con el logo y la información de cómo colocar el retén de jebe antes de colocar el vaso de la licuadora (que hacían nueve matrices en total), por este proceso el tiempo de fabricación del componente de acero inoxidable austenítico, se incrementaba los costos de producción haciendo que los márgenes de ganancia resulten bajos.

Para solucionar esta inconformidad se estudió del proceso de fabricación anterior, análisis y cálculo de la parte técnica y económica, se decidió aplicar el método de embutición progresiva, por el cual se produciría el portacuchilla por dos matrices, una matriz progresiva de corte y embutido de seis pasos y otra matriz combinada coaxial de embutido (calibrado) y recorte.

Aplicando la embutición por medio de matrices progresivas y/o combinadas de corte y embutido, los tiempos de fabricación disminuyeron en un 46.5 %, además los riesgos de accidentes del operario de la prensa se hicieron prácticamente nulos, generando una amplia mejora en la producción de cuchillas para licuadora doméstica.

Esta innovación tecnológica se implementó en la empresa OVNI que abastece al mercado local y nacional, que tiene un segmento del mercado en 13%, el resto es de procedencia foránea,

Se aplicó el método de la embutición por medio de matrices progresivas de corte y conformado ampliamente usados en los países de industria avanzada, disminuyendo la brecha tecnológica, con miras a seguir aumentando la producción a menor costo e incrementando la calidad que cada vez es más rigurosa.

1.1. INDUSTRIAS OVNI SRL

En el año 1969, dos ciudadanos peruanos deciden formar en su país, una fábrica de calentadores eléctricos iniciándose en el centro de Lima en un pequeño local con 5 trabajadores, y con todo el entusiasmo de emprender y desarrollar un modelo de utilidad para los calentadores eléctricos, allí en el corazón de Lima nace la primera ducha eléctrica OVNI Modelo A de platillo, en forma de un (objeto volador no identificado) OVNI.

Años después lograron alquilar un local de mayores dimensiones en el mercado de Lima, con 15 operarios y ampliando el mercado para sus productos. En la actualidad sus instalaciones estan ubicadas en el Jiron Ricardo Alvarado 1369, Chacra Rios Sur. Lima - Perú, en el que funcionan la administracion, fabricacion, asi como las ventas a sus proveedores.

1,1,1. Misión.

Proveer productos domésticos al alcance económico del poblador del Perú, de acuerdo a las normas nacionales, internacionales en cuanto a calidad, cumpliendo rigurosamente las normas de seguridad y salud en el trabajo del país y exterior, cuidando el medio ambiente con responsabilidad social.

1.1.2. Visión.

Ser líderes en fabricación y provisión de productos domésticos para limpieza corporal humana para el mercado nacional y latinoamericano, mejorando continuamente la calidad de sus productos acorde con las normas internacionales.

1.1.3. Valores.

- **Compromiso.** Responsabilidad para cumplir eficazmente los procesos de la empresa para alcanzar resultados eficientes y de calidad.
- **Servicio.** Actitud de colaboración permanente con los clientes internos y externos, teniendo siempre presente la responsabilidad social de la institución.
- **Innovación y Creatividad.** Actitud proactiva al cambio y capacidad de generar nuevas ideas o conceptos, orientados a soluciones que agreguen valor.

1.1.4. Productos

Producimos lo siguiente: Duchas eléctricas, Cuchillas para licuadora doméstica, Rociadores para caño, Platos de melamine, en la actualidad estamos desarrollando una ducha eléctrica mejorada en cuanto a servicio y consumo eléctrico.

Organigrama General de la empresa OVNI

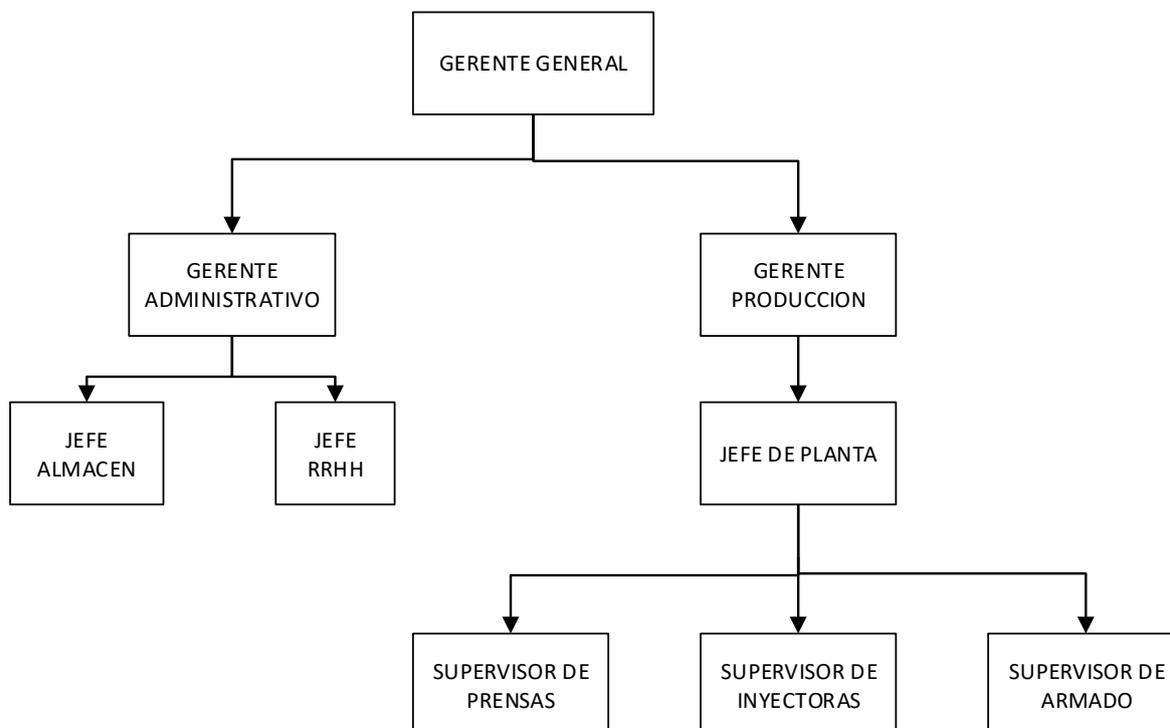


Ilustración 1 Organigrama general de OVNI

Fuente: OVNI S.R.L.

1.2. Realidad Problemática.

La problemática respecto al incremento de la productividad en la fabricación de sus productos de la empresa OVNI, ubicada en Lima Metropolitana, es también una necesidad para satisfacer a sus usuarios y también para poder ampliar su mercado nacional e internacional, se ha visto que se aplica 9 operaciones para fabricar un solo componente, por ello se pretende optimizar la producción de este componente que ocasiona un cuello de botella en su manufactura. La realidad problemática fue mencionada por Paucar. C. (2017) en el curso de Tesis llevado en la UPN.

1.2.1. Delimitación del trabajo.

El trabajo desarrollado sobre la base del análisis de mejorar la producción de porta cuchillas para licuadora domestica por medio de matrices progresivas y combinadas de embutición para aceros inoxidables específicamente del tipo AISI 304.

La empresa donde se aplico es OVNI SRL ubicada en Chacra Ríos, pequeña empresa dedicado a la producción de duchas eléctricas y repuestos para electrodomésticos. Dedicado a este rubro por más de 20 años.

El mayor problema que tiene la empresa es el cuello de botella en la producción de la porta cuchillas de la licuadora doméstica, que era producido por 9 matrices, generándole un alto costo de producción y disminuyendo la productividad en este proceso, y la rentabilidad es bajísima.

Como se observa en el diagrama de Ishikawa, el mayor impacto de 1 a 10 está en el diseño obsoleto de las matrices de corte y embutición cuya tecnología data de hace 45 años, que afecta a la rentabilidad en a la fabricación de platos porta cuchillas para licuadora doméstica, y se pretende optimizar para obtener una mayor rentabilidad en este proceso. El objetivo es disminuir al menos en 30% del tiempo de fabricación del plato porta cuchillas para obtener una productividad rentable.

1.3. Formulación del Problema.

¿Es efectivo el proceso de embutición por medio de matrices progresivas y combinadas, en la empresa OVNI SRL, en la ciudad de Lima, en el periodo comprendido entre julio a diciembre del 2018?

1.3.1. Problema General.

Evaluar la efectividad del proceso de embutición por medio de matrices progresivas y combinadas en la producción de cuchillas para licuadora doméstica, específicamente en el plato porta cuchillas de acero inoxidable AISI 304, que en la actualidad requiere de 7 matrices individuales de embutición y 2 de corte, que afecta a la disminución de la productividad en este proceso.

1.3.2. Problemas Específicos.

1.3.2.1. Problema Específico 01

Identificar el proceso adecuado para producir el plato porta cuchillas de licuadora doméstica.

1.3.2.2. Problema Específico 02

Medir el incremento de la productividad con la aplicación del proceso de embutición por medio de matrices progresivas y matrices combinadas, en piezas por minuto.

1.3.2.3. Problema Específico 03

Verificar el incremento de la productividad, calidad con la aplicación del proceso de embutición por medio de matrices progresivas y matrices combinadas, de conformidad al plano alineado a las normas nacionales e internacionales ISO7268-m y FDA.

1.3.2.4. Problema Específico 04

Medir el incremento de la productividad, horas/hombre, con la aplicación del proceso de embutición por medio de matrices progresivas y matrices combinadas

1.4. Justificación.

La fabricación de cuchillas de licuadora doméstica, es de alta recurrencia, en la cocina de casa, restaurantes, comedores y demás establecimientos de alimentación colectiva. Es considerado como artículo de necesidad en la preparación de alimentos. En este caso se propone abaratar los costos de venta al usuario.

Los componentes que estén en contacto con alimentos, en este caso la porta cuchilla por recomendación de la Administración de Alimentos y Medicinas de EEUU, se fabrican de Acero Inoxidable del Tipo AISI 304, según recomendación de la FDA.

La empresa OVNI SRL ha autorizado la realización del estudio, la facilidad de revisar las actuales 10 matrices que producen el plato porta cuchillas, así como el producto de cada matriz; adquirir materiales, se asignó también los medios económicos y logísticos para lograr el cometido de incrementar la productividad en la fabricación del plato porta cuchillas de licuadora doméstica.

1.4.1. Justificación Teórica.

La implementación del proceso de embutición por medio de matrices de embutición progresiva y matrices combinadas es de importancia dado que su efectividad en cuanto tiempo de producción y calidad está comprobada, sus procedimientos están alineados con la teoría de la mejora continua (Ciclo de Deming), con la teoría de embutición de Kasmareck y con las demás investigaciones actuales que se dan en los países industrializados sobre todo en Europa.

Además, en estos últimos tiempos que la industria nacional está en preparación para ingresar a la cuarta revolución industrial sistema industria 4.0, que de alguna manera obliga a aplicar procedimientos de fabricación más eficientes, que permitan abaratar los productos y que estén al alcance de todas las personas como señala el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS.Nº8 de la Agenda 2030.

1.4.2. Justificación Práctica

La implementación del proceso de embutición por medio de matrices de embutición progresiva y matrices combinadas, permitirá mejorar cuantitativa y cualitativamente la producción de platos de porta cuchilla para licuadora doméstica, por ello la productividad se verá incrementada notoriamente. Optimizando las utilidades de la empresa.

1.4.3. Justificación Cuantitativa

Con la implementación del proceso de embutición por medio de matrices de embutición progresiva y matrices combinadas, el número de piezas producidas aumenta en 46.5%, aumenta el número de piezas producidas/minuto, disminuyendo el desgaste de la máquina, evitando el cansancio del trabajador, así como disminuirá proporcionalmente las

horas/ hombre utilizadas en la producción, además la prensa mecánica, estará disponible para otros propósitos.

1.4.4. Justificación Normativa.

El componente fabricado por el proceso de embutición por medio de matriz de embutición progresiva y matriz combinada permitirá obtener componentes alineados con las normas FDA (agencia para alimentos y medicinas de EEUU) en cuanto al material, y en lo referente a las dimensiones alineado a la norma internacional ISO 2768-m, ISO 286-1. Que facilitara el control de medidas y el montaje de los componentes de las cuchillas de licuadora domestica que se dispone en el mercado local.

1.5. OBJETIVO DEL TRABAJO.

1.5.1. Objetivo General

El fin de la mejora es implementar un nuevo sistema de producción por medio de matrices de tecnología actualizada, con el fin de optimizar la producción del plato porta cuchillas que es el cuello de botella en la producción de cuchillas para licuadora doméstica, y que genera un alto costo de producción.

1.5.2. Objetivo Específico

1.5.2.1. Objetivo específico 1

Diseñar una matriz de embutición progresiva y otra matriz combinada, con el propósito de optimizar cualitativa y cuantitativamente la producción de porta cuchillas de licuadora doméstica.

1.5.2.2. Objetivo específico 2

Construir la matriz de embutición progresiva y otra matriz combinada, diseñada con el fin de incrementar la productividad en la producción del plato porta cuchillas.

1.5.2.3. Objetivo específico 3

Cuantificar el costo beneficio de la implementación del nuevo sistema de producción de porta cuchillas de licuadora doméstica, por medio de matrices progresivas de corte y embutición y matriz combinada.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Diagnostico de causa raiz de inconformidad.

Con el objeto de identificar las causas raices de problemas en el sistema productivo de la empresa se utilizaron dos herramientas de diagnostico con ese proposito, los resultados obtenidos sirvieron para establecer la estrategia que solucionaria los problemas identificados, sabiendo que solucionado las causas raices que originan el problema se acabara el problema, la inconformidad.

2.1.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio.

También es conocido como Diagrama Ishikawa, Diagrama Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado o diagrama de las 6Ms. Es una herramienta efectiva que ayuda a identificar las causas raíces de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

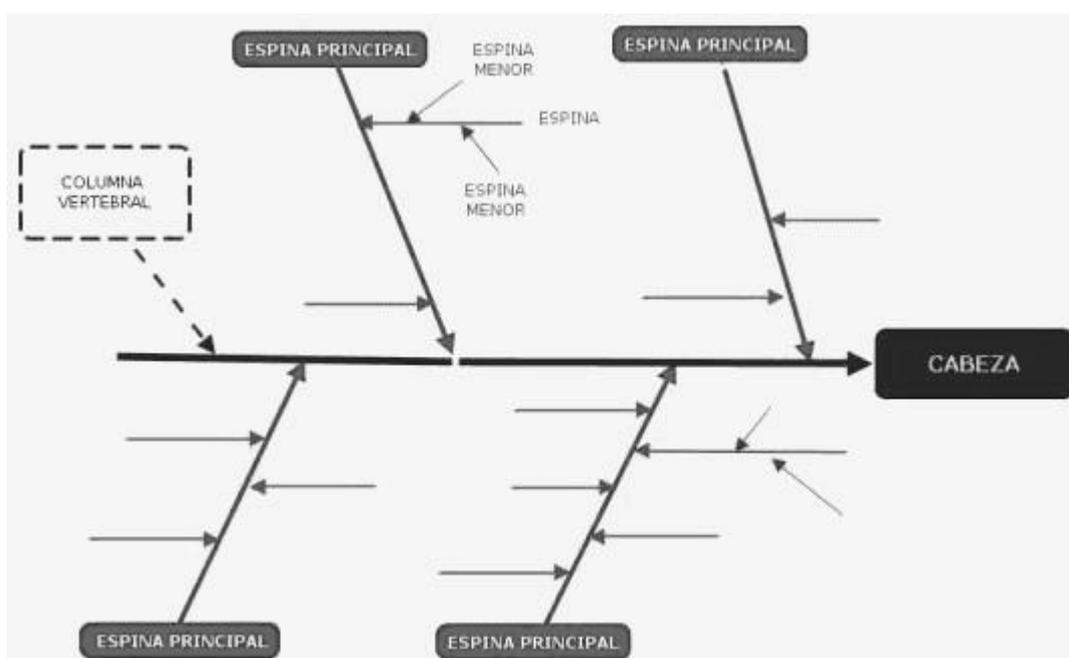


Ilustración 2. Diagrama Ishikawa

Fuente: Modelo de Ishikawa. Escobar. F

El diagrama parte de la premisa de que cada problema tiene una causa raíz específica. Así, eliminar la causa raíz significa corregir el propio problema. Por eso, el método se esfuerza en probar y analizar cada sugerencia de causa indicado por el equipo de trabajadores.

El Diagrama de Causa y Efecto se utilizará cuando exista una situación no deseada en la empresa, su principal utilización es la identificación de causas de **dispersiones e inconformidades**. Además de esa aplicación, el Diagrama de Ishikawa también es utilizado para:

- Ver una situación de modo más comprensivo y sistémico;
- Visualizar no solo la causa principal, también las secundarias de un problema;
- Encontrar soluciones para los inconvenientes a partir de los recursos que la empresa posee;
- Generar mejoras continuas en los procesos.

Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema. Estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al expresar la causa principal. El uso de un Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

· El desarrollo y uso de Diagramas de Causa y Efecto son más efectivos después de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido. Para ese momento, los miembros del equipo tendrán una idea acertada de qué factores se deben incluir en el Diagrama.

· Los Diagramas de Causa y Efecto también pueden ser utilizados para otros propósitos diferentes al análisis de la causa principal. El formato de la herramienta se presta para la planeación. Por ejemplo, un grupo podría realizar una lluvia de ideas de las “causas” de un evento exitoso, tal como un seminario, una conferencia o una boda. Como resultado, producirían una lista detallada agrupada en una categoría principal de cosas para hacer y para incluir para un evento exitoso.

Aplicación del Diagrama Causa y efecto.

Conocido sus beneficios y aplicaciones del Diagrama de Ishikawa, se podrá aplicar de la siguiente manera:

1. Definir el problema. El primer paso es definir el problema (efecto) que será analizado. En ese momento, es importante ser específico, identificando el obstáculo de manera objetiva. También es fundamental que esta cuestión pueda ser medible, si no, será complicado determinar si la causa fue eliminada.

2. Crear la espina de pescado. Al lado derecho de ese guion, se incluye un rectángulo y registra el efecto (problema) dentro de él. Seguidamente guiones perpendiculares a esta línea horizontal. Cada uno de los guiones perpendiculares será una categoría de causas. La versión original del Diagrama de Ishikawa cuenta con 6 tipos de causas, los llamados 6 Ms:

- **método:** secuencia de acciones en forma de patrones, que son utilizadas para ejecutar el proceso;

- **máquina o equipamiento:** diversos problemas son derivados de errores o fallas en máquinas. Dentro de esa categoría, las causas pueden ir desde falta de manutención hasta la utilización inadecuada;
 - **mano de obra o personas:** la falta de calificación, la desmotivación y la imprudencia de colaboradores o proveedores pueden ser la causa de muchos problemas. La influencia también puede venir de la familia, por ejemplo;
 - **materiales:** pueden ser la materia prima utilizada en el proceso o cualquier otro material fundamental;
 - **medida:** es la categoría de las decisiones y acciones tomadas anteriormente. Ellas pueden haber alterado el proceso y dar origen al problema;
 - **medio ambiente:** es el contexto que puede favorecer el surgimiento de problemas. Polución, calor y falta de espacio son algunos ejemplos.
- 3. Reunirse con el equipo y analizar las causas.** Es el momento de levantar todas las posibles causas para el surgimiento del problema, llevando en cuenta la estructura de los 6Ms. La sugerencia es hacer una lluvia de ideas con la participación de las personas involucradas con la cuestión, así como profesionales de otras áreas, con diferentes visiones y perspectivas. Investiga todos los puntos que surjan, incluyendo aquellos que parecen improbables. Una pregunta que suele ayudar es “¿por qué esto está pasando?”. Se registra cada una de las causas dentro de las 6 categorías.
- 4. Hacer subgrupos Analizar cada categoría de causas y crear subgrupos.** Por ejemplo, al investigar las faltas de un empleado, dentro de “máquina” o “equipos”, puede estar la subcategoría “coche”. Dentro de esa subcategoría pueden existir otras causas, como “motor”, “neumáticos”, etc.
- 5. Destacar la causa principal Después de concluir el diagrama,** destaca la causa principal que generó el problema. Dependiendo del caso, puede haber más de una.
- 6. Planificar acciones** Encontrado la raíz principal, será necesario pensar en posibilidades de solución que estén al alcance del equipo. Después de analizar diferentes alternativas, se podrá crear un plan de acción para solucionar la cuestión discutida. Será momento, para definir responsables y estipular plazos para cada actividad que será hecha.

Como se ha visto el Diagrama de Causa y Efecto puede ser utilizado en diversos contextos empresariales, independientemente del giro de la empresa, sea de producción o de servicios. Incluso para encontrar la causa raíz de problemas de las personas.

2.1.2. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto es un tipo de gráfica de barras donde los valores representados están organizados de mayor a menor. Se usa el diagrama de Pareto para identificar los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes de los defectos o las causas más frecuentes de quejas de los clientes.

Wilfredo Pareto, un sociólogo, economista, filósofo italiano y doctor en ingeniería hizo la famosa observación de lo que hoy conocemos como el **principio de Pareto**. El diagrama de Pareto ayuda en el análisis de problemas y priorizar las probables causas que generan un problema, a las que tenemos que enfocar primero.

El principio de Pareto conocido como el **principio 80-20** motivado por el resultado del análisis que Pareto hizo sobre la distribución de la riqueza en Italia. Noto que un grupo muy pequeño de personas poseía la mayor cantidad de la riqueza.

Pareto dio una proporción de 80-20: el 80% de la riqueza es poseída por el 20% de las personas poseen el 80 por ciento de la riqueza. Esto se puede generalizar, lo que implica que en un proceso o una situación el 20% de las causas nos generan el 80% de los resultados.

Aplicaciones del principio de Pareto en la empresa

Algunas aplicaciones del principio de Pareto son:

Producción: el 20% de los procesos generan el 80% de los productos, tanto en tiempo como en cantidades.

Ventas: el 20 % de los productos generan el 80% de las ventas

Gestión de almacenes: el 20% de los productos representan al 80% del coste del inventario. La mayor parte del inventario lo tenemos en una cantidad muy pequeña de productos

Control de calidad: el 20% de los defectos afectan al 80% de los procesos. Muy pocos defectos tienen su mayor impacto en todos los procesos de la empresa

Ingeniería de software: el 80% de esfuerzo en tiempo y dinero produce el 20% del código crítico.

El análisis de diversos expertos en diferentes áreas, concluye que el principio de Pareto se aplica básicamente en todas las áreas de manera muy similar.

Importancia del diagrama de Pareto

La importancia del Diagrama de Pareto, radica en que nos permite asignar un orden de prioridades importantes para poder ser más productivo y más eficaz, por lo que se debe asignar las prioridades de manera correcta.

Permite también mostrar la esencia del principio de Pareto. De una gran cantidad de actividades, recursos o resultados que tenemos pocos son los que realmente valen. Si enfocamos en los que son vitales, el resultado puede ser todavía mucho mejor. El diagrama de Pareto facilita el estudio de los errores en las empresas.

Las cifras del principio de Pareto, 80-20, son arbitrarias no son exactas y pueden variar. El principio da una idea, da una orientación, pero realmente el diagrama lo que nos ayuda es a ver exactamente dónde caen esas proporciones.

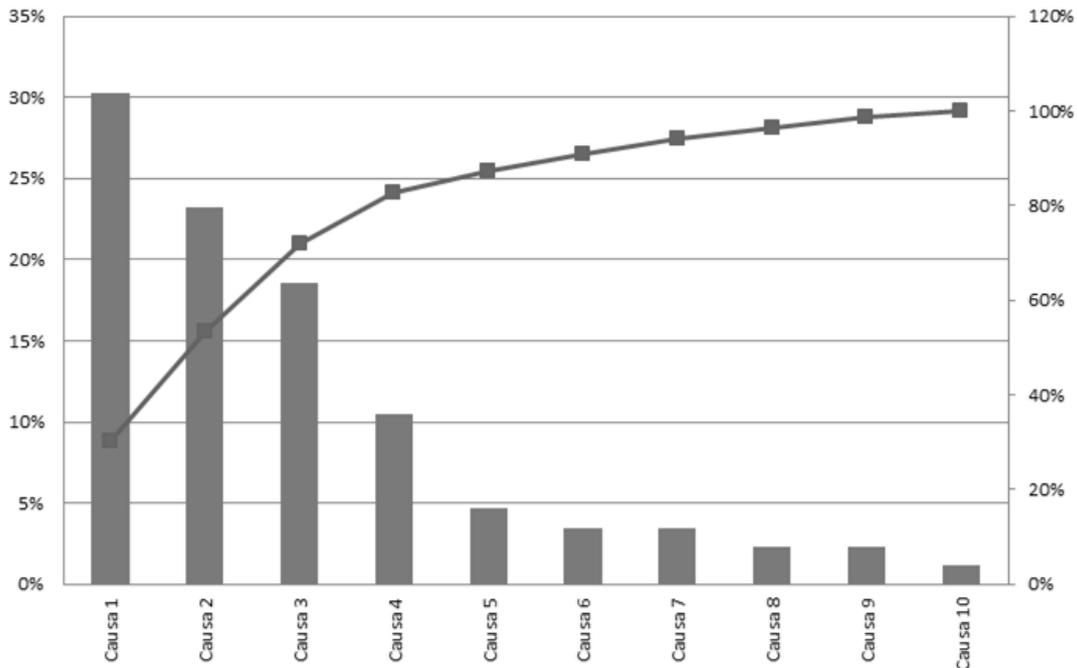


Ilustración 3. Diagrama Pareto

Fuente: Lean manufacturing, UDEMY

Análisis del diagrama de Pareto.

En el diagrama de Pareto se puede ver cuál es la **causa más importante**, si se tiene la información en la tabla, podría ser que la tabla este compuesta por varias filas y sea difícil identificarlo. En el diagrama de Pareto lo tenemos de una forma visual y rápida, al mismo tiempo que se puede ver cuáles son las que tienen peso similar.

En el análisis del diagrama de Pareto tenemos que ver dónde se concentra el 80% de las causas, que corresponde en nuestro caso con las 4 primeras causas (puedes observarlo en el diagrama anterior).

Esto quiere decir que el 80% de los problemas están generados por cuatro causas principales, por lo que hay que enfocar todos los esfuerzos de la empresa para solucionar esas causas, ya sea aplicando herramientas Lean Manufacturing o realizando otras acciones de mejora.

2.2. Proyecto de fabricacion de matriz progresiva.

Las matrices para el trabajo de las laminas de metal se clasifican en: a) matrices de corte cuyas operaciones principales son el recortado y el troquelado, b) matrices de conformado que tambien se subclasifican en doblado, cuyas operaciones son doblado en V y en U con sus variantes, y embutido que tienen operaciones de embutido simple, embutido compuesto, embutido de diferentes formas, c) matrices combinadas, que combinan procesos de corte y conformado, operaciones de corte/doblado ó corte/embutido, con fines de optimizar la produccion, puesto que las matrices progresivas ó combinadas hacen el trabajo que se efectuan en mas de una matriz.

2.2.1. Planeamiento de fabricacion de matriz progresiva.

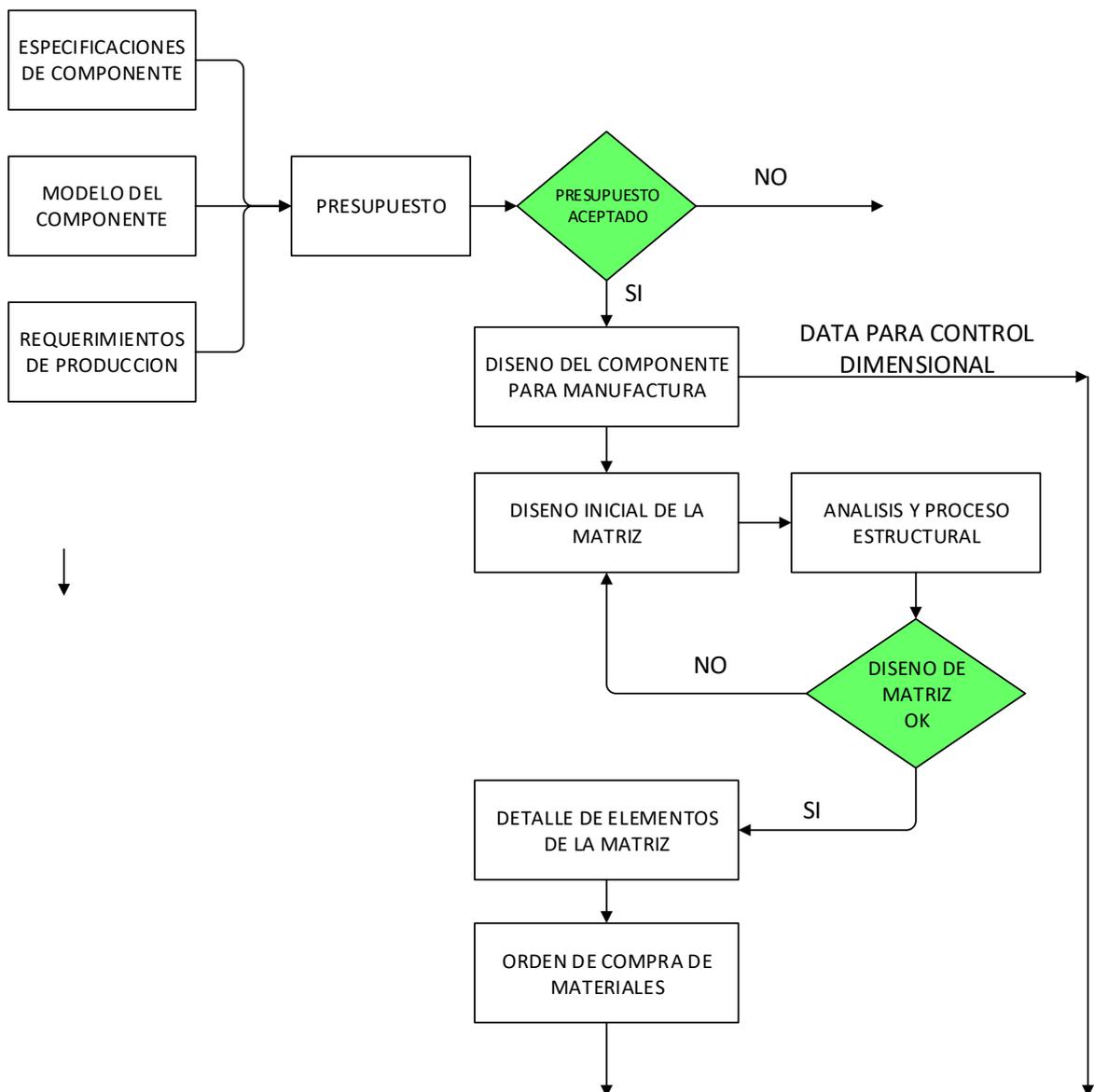


Ilustración 4. Flujograma de fabricacion de matriz progresiva.

Fuente: Autor.

Las matrices progresivas por el hecho de ejecutar mas de una operacion en una sola matriz que normalmente se hacian una operaci3n, una matriz, deberan ser calculadas y dise1adas por expertos en embuticion, ya que el costo de fabricacion de la matriz progresiva es alta; por la precision de sus elementos, por los materiales de sus elementos que son de alta calidad (Aceros de alta aleacion) y la destreza del personal especializado en mecanizado, tratamiento termico y montaje de las matrices..

Una vez aprobada la cotizaci3n para fabricar la matriz progresiva, se iniciara el dise1o de la matriz para despues efectuar la compra de los materiales y su posterior fabricacion, en el dise1o se define la forma, las dimensiones, la funcionalidad de la matriz y el tipo de material de los componentes de la matriz proyectada.

Para ello se determina primero la capacidad de embuticion del material a ser embutido, porque ello permitira definir el numero de pasadas de embuticion, que a su vez determinara las dimensiones de los elementos de la matriz. La capacidad de embuticion de los materiales ductilidad, se determina por varios ensayos, el mas usual es el Test Erichsen.

2.2.2. Test de Erichsen.

La prueba de ductilidad Erichsen es un m3todo de prueba mec3nico utilizado para evaluar la ductilidad y determinar las propiedades de estiramiento de las chapas met3licas, esta normado por ISO 20482. La prueba consiste en estirar la muestra, sujeta en sus bordes entre un soporte y un sujetador, en la cavidad de forma circular utilizando un punz3n semiesf3rico hasta que aparezca una grieta pasante, y medir la profundidad m3xima de la impresi3n en la fractura.

Este m3todo de prueba se usa normalmente para evaluar la capacidad de embutici3n de las l3minas de metal que tienen un espesor de 0.1 mm hasta 2 mm y un ancho de 90 mm o m3s en la formaci3n de estiramiento, Sin embargo, tambi3n se han desarrollado numerosos conjuntos de herramientas de prueba, para los casos en que los materiales de prueba son m3s gruesos y cuando solo est3n disponibles tiras m3s estrechas

El par3metro indicativo de formabilidad m3s com3n de las chapas met3licas en la conformaci3n por estiramiento mediante la prueba Erichsen incluye: el 3ndice Erichsen (IE); la relaci3n de embutido l3mite (LDR); y diagramas de l3mite de formaci3n (FLD).

N3mero de 3ndice de Erichsen.

El 3ndice de Erichsen (IE) es equivalente a la profundidad de la copa extra3da (profundidad de penetraci3n del punz3n, h), medida tras la finalizaci3n de la prueba:

$$IE = \text{Altura de penetraci3n del punz3n.}$$

Mayores valores de IE significan una mejor formabilidad.

El valor LDR mide la capacidad de dibujo de una chapa. Es la relaci3n del di3metro m3ximo de

la pieza en bruto (D_b) que se puede extraer sin rotura o falla con el diámetro más pequeño de la copa extraída de la pieza en bruto, representada por el diámetro del punzón (D_p):

$$LDR = \frac{D_b}{D_p} \quad (1)$$

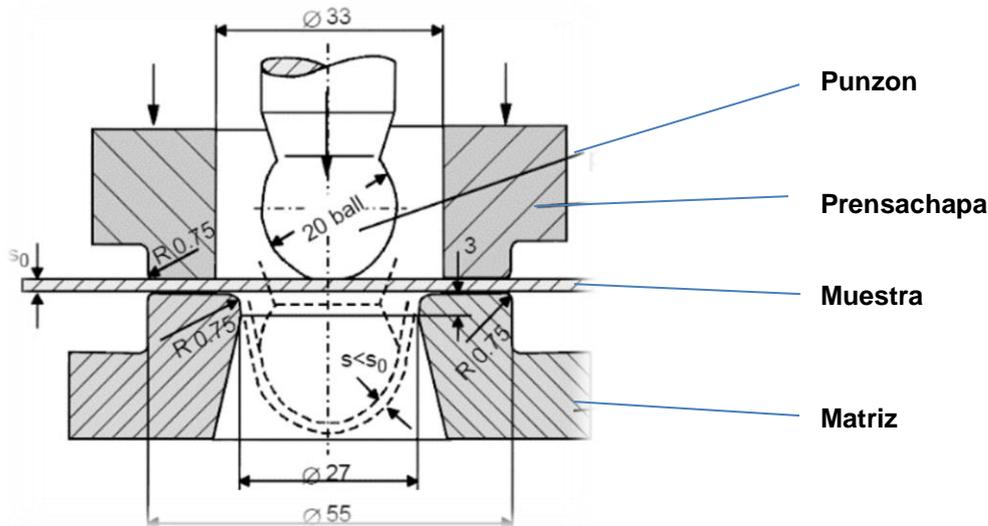


Ilustración 5. Ensayo Erichsen.

Fuente: Trabajo de los metales A. Quercy

Teóricamente, el valor máximo de LDR de una chapa en la operación de embutición profunda podría ser tan alto como 2.72. Sin embargo, en la práctica, debido a la fricción y los efectos de la flexión y la flexión, la LDR es significativamente menor que 2.72. Los valores típicos de fricción y geometría de herramientas LDR están en el rango de $1.9 \leq LDR \leq 2.2$. Cuanto mayor es el valor LDR, más extrema es la cantidad de embutición profunda. En operaciones de embutición mecánica profunda, un $LDR \geq 2$ significa mejor formabilidad].

Las deformaciones límite de formación se utilizan para determinar la ductilidad máxima multiaxial de las chapas. El cambio en los límites de formación se determina experimentalmente utilizando diferentes geometrías de muestras y deformaciones con trayectorias de deformación lineal. Las deformaciones (deformación mayor, ϵ_1 y deformación menor, ϵ_2) pueden evaluarse a partir de la deformación de las rejillas circulares, representadas en la superficie de la muestra de prueba al descargarlas, como se muestra en la ilustración 5.

2.3. Embutido

2.3.1 Embutición de láminas de metal

El embutido es un proceso en el cual una pieza de lámina de metal se transforma en un cuerpo hueco, en objeto tridimensional. Tal transformación puede ser producida en un solo paso, o en una secuencia de operaciones, cada uno de ellos cambiando la forma y dimensiones parcialmente.

Durante el proceso de embutición, el material se ve obligado a seguir el movimiento del punzón, que lo empuja a lo largo, en su camino a través de la matriz. Allí se forma la pieza e incluso a veces el espesor de la misma es alterado (adelgazamiento).

En esta etapa del proceso, la fricción y la compresión juegan un papel importante en el cospel. Para que el material se mueva hacia la abertura de la matriz, la fricción entre la chapa, la superficie del anillo de embutición y el punzón debe ser superado. Inicialmente, la fricción estática está involucrada hasta que el metal comienza a deslizarse; después que comienza el flujo de metal, la fricción dinámica gobierna el proceso. La magnitud de la fuerza de retención aplicada por el punzón, así como las condiciones de fricción.

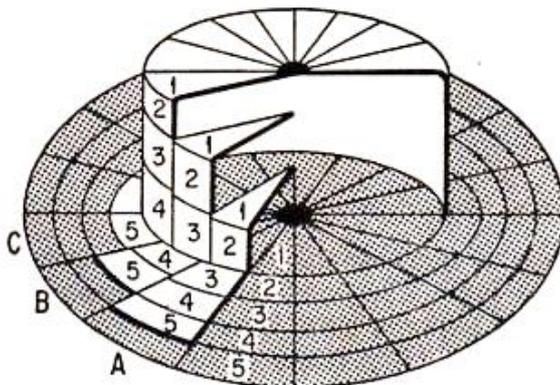


Ilustración 6. Operación de embutido

Fuente: Die Design Handbook. SME.

Los lubricantes son factores determinantes en el éxito de este aspecto de la operación de embutido, los lubricantes se usan generalmente para reducir las fuerzas de fricción. Además de la fricción y la compresión en el borde exterior de la pieza en bruto. Como el metal en esta parte del espacio en blanco se embute hacia el centro, el perímetro exterior se hace más pequeño. Debido a que el volumen de metal permanece constante, el metal se exprime y se vuelve más grueso a medida que se reduce el perímetro. Esto a menudo resulta en arrugas en las paredes restante de la pieza en bruto, especialmente cuando se estira chapa delgada, o cuando la fuerza del embutido es demasiado baja. Es una condición que no se puede corregir una vez que ocurrió. Los efectos de fricción y compresión se ilustran en la Figura 6.

La fuerza de retención aplicada por la prensa chapa en el desarrollo ahora se considera un factor crítico en embutidos profundos. Si es demasiado pequeño, se producen arrugas. Si es

demasiado grande, evita que el metal de fluir adecuadamente hacia la cavidad del troquel, lo que resulta en estiramiento y posible desgarro de La chapa. Determinar la fuerza de retención adecuada implica un delicado equilibrio entre estos factores opuestos.

El movimiento progresivo hacia abajo del punzón da como resultado una continuación del metal. Flujo causado por el embutido y la compresión. Además, un poco de adelgazamiento de la pared del cilindro ocurre, como en la figura 5. La fuerza aplicada por el punzón se opone al metal en forma de deformación y fricción en la operación. Una porción de la deformación implica estirar y adelgazar el metal cuando se tira sobre el borde de la abertura del dado. Hasta un 25% de adelgazamiento de la pared lateral puede ocurrir de manera exitosa operación de embutición principalmente cerca de

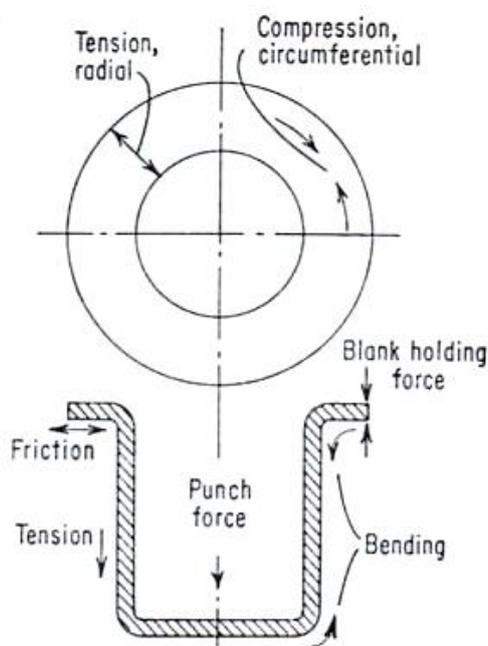


Ilustración 7. Deformaciones y esfuerzos producidos en la embutición. Fuente: Die Design Handbook- SME

El principal motivo de preocupación en la parte deformada está situado entre el talón de la pared vertical y la parte inferior de la carcasa, debido al cambio en la dirección del flujo, la tensión vertical actuando sobre el material se transforma en una triple tensión axial. En esta sección, el material se deforma, mientras se mueve alrededor del borde del punzón de embutido, sólo para ser enderezada justo después, de modo que otro segmento sucesivo puede ser enderezado. Aquí es donde el espesor de la pared a menudo puede ser disminuido a causa de la longitud del componente, que se incrementó en el proceso del embutido.

A causa de tales cambios drásticos en el material, el componente embutido podría presentar algunas grietas y roturas. En el embutido, el metal tomado desde la superficie plana del anillo de la matriz es utilizado para producir aumento de la altura de la pieza.

2.3.2. Calculo de las dimensiones de componentes de embutido.

2.3.2.1. Desarrollo del cospel.

El cospel o desarrollo del disco del que producirá el componente deseado puede obtenerse por varios métodos, en el caso los componentes de forma cilíndrica el diámetro del desarrollo del disco, se aplica lo siguiente:

- El más usual consiste en igualar las áreas, asumiendo que el área del componente es igual al área del desarrollo,
- El método grafico que utiliza el método cremona, el resultado es con una exactitud de más o menos de 0.3mm, que depende del afilado del lápiz.
- también se usan tablas donde en conociendo el diámetro y la altura del componente embutido.

En el caso de componentes no circulares los cálculos también se basan en la igualación de áreas, en todo caso los resultados definitivos y precisos son el resultado de la practica en el taller y en la producción.

El método de igualación de áreas, calcula el diámetro del desarrollo basado en la sumatoria de las áreas del que se compone el componente. En el caso de un componente cilíndrico de diámetro d y altura h el diámetro del desarrollo se determina como se describe a continuación:

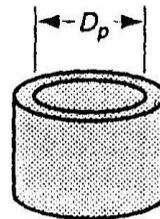
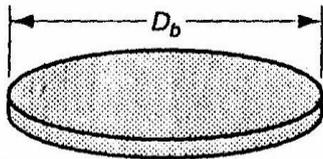


Ilustración 8. Cospel y componente embutido.

Fuente: Die Design Handbook- SME

Area del Cospel = area de la base + area lateral

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh \quad (2)$$

Donde:

Db: diámetro del cospel o desarrollo

dp: diámetro del componente

H: altura del componente.

Del que se obtiene:

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} \quad (3)$$

La siguiente tabla está basada en el método de igualación de áreas que permite obtener los diámetros del desarrollo de los principales componentes embutidos. Que permite obtener los valores del cospel con facilidad.

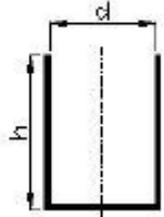
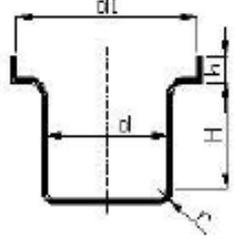
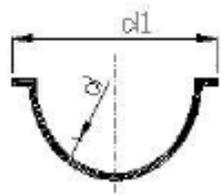
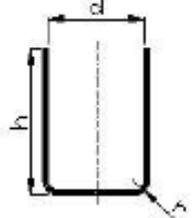
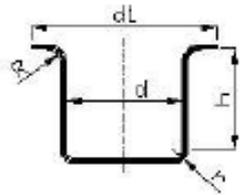
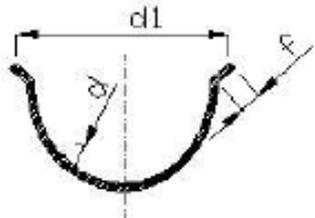
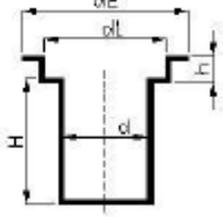
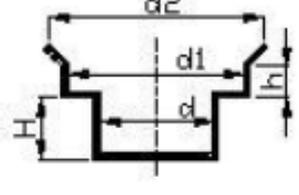
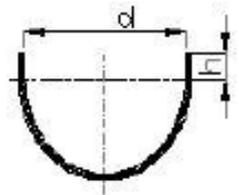
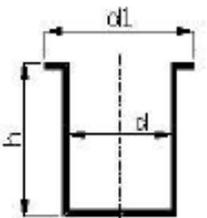
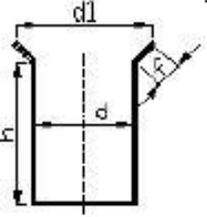
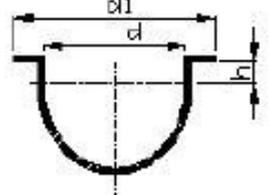
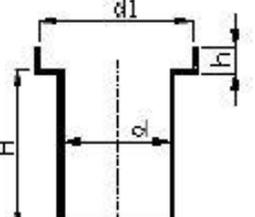
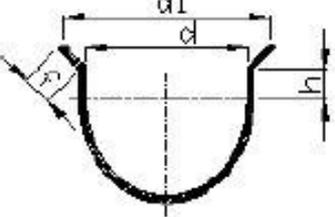
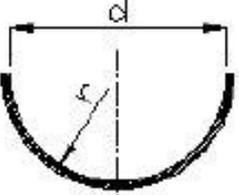
 $D = \sqrt{d^2 + 4dh}$	 $D = \sqrt{d_1^2 + 4d(H + 0,57r) + 4d_1h}$	 $D = \sqrt{d^2 + d_1^2}$
 $D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0,57r)}$	 $D = \sqrt{d_1^2 + 4d[h + 0,57(R + r)]}$	 $D = 1,414\sqrt{d^2 + f(d + d_1)}$
 $D = \sqrt{d_2^2 + 4(dH + d_1h)}$	 $D = \sqrt{d_1^2 + 4(dH + d_1h)2f(d_1 + d_2)}$	 $D = 1,414\sqrt{d^2 + 2dh}$
 $D = \sqrt{d_1^2 + 4dh}$	 $D = d^2 + 4dh + 2f(d + d_1)$	 $D = \sqrt{d^2 + d_1^2 + 4dh}$
 $D = \sqrt{d_1^2 + 4(dH + d_1h)}$	 $D = 1,414\sqrt{d^2 + 2dh + f(d + d_1)}$	 $D = \sqrt{8r^2} = 1,414d$

Tabla 1. Formulas básicas para obtener el diámetro del cospel. Fuente: Estampos III- Provenza

2.3.2.2. Reducción de diámetros.

Los diámetros que se podrán obtener en cada paso de los embutidos para producir un componente dependerá del coeficiente de embutición que corresponde a cada tipo de material a ser embutido, en este caso nuestro material es acero inoxidable austenítico del tipo AISI 304, cuyo coeficiente de embutición es: 0.55 para la primera pasada y 0.8 para las siguientes pasadas, como lo indica la tabla correspondiente, confeccionada en base a pruebas hechas en el laboratorio sobre todo aplicando el ensayo Erichsen.

La severidad de la operación de embutido se puede expresar por la relación del diámetro del producto al diámetro del cospel. Esta relación es llamada *coeficiente de embutición* permite evaluar la cantidad de pasadas de embutido necesarios para producir un componente en particular.

Es necesario calcular previamente las etapas necesarias para embutir un componente, para definir las dimensiones de las matrices de embutido o matriz progresiva de embutidos, según se haya decidido para fabricar la matriz. Se calcula por medio de la ecuación:

$$d1 = D * m \quad (4).$$

Material	Primera pasada		Sigüientes pasadas
	$m1 = \frac{d1}{D}$	$\frac{H}{d}$	
Chapa de acero para embutir	0.6 – 0.65	0.34 – 0.44	0.80
Chapa de acero para embutido profundo.	0.55 – 0.60	0.44 – 0.57	0.75 – 0.80
Chapa para carrocería.	0.52 – 0.58	0.49 – 0.67	0.75 – 0.80
Chapa de acero inoxidable.	0.50 – 0.55	0.57 – 0.75	0.80 – 0.85
Chapa de aluminio dulce.	0.53 – 0.60	0.44 – 0.65	0.80
Chapa de anticorrosional recocido.	0.60 – 0.70	0.25 – 0.44	0.90
Chapa de avional recocido	0.60 – 0.70	0.25 – 0.44	0.90
Chapa de cobre	0.55 – 0.60	0.44 – 0.57	0.85
Chapa de latón	0.57 – 0.55	0.57 – 0.75	0.80 – 0.85
Chapa de zinc	0.65 – 0.70	0.25 – 0.34	0.85 – 0.90

Tabla.2. Coeficiente de embutición.

Fuente: Estampado en frío de la chapa- M. Rossi.

Cuando se supera esta relación, puede haber perdido ductilidad el material en su lugar haber generado acritud. Significa que se puede producir un componente de diámetro y altura determinado durante una sola pasada de embutido. En cada etapa de embutido el material va

adquiriendo acritud por influencia de la deformación, el factor de deformación para cada operación sucesiva de embutido debe ser siempre más pequeño que la precedente. Por lo general, en el primer embutido la deformación es más amplia

El valor del factor de deformación se ve influenciada principalmente por la ductilidad y endurecimiento por deformación del material particular, normalmente a partir de la 4ta pasada pueden aparecer resquebrajamiento, en este caso el recocido del producto debe ser realizada. Estos factores pueden verse en las fórmulas anteriormente vistas, dependen de las proporciones del diámetro del cospel, del diámetro y la altura de la copa embutida. El grosor de metal y la fricción ocasionado por inadecuado juego de embutido.

Aproximadamente a partir de la quinta operación de embutido se puede presentar una acritud que inhabilitaría para otro embutido, en ese caso se deberá hacerse recocido de re cristalización a los componentes.

2.3.2.3. Altura de embutido.

La altura de los componentes embutados Cuando no se encuentra ningún adelgazamiento de las paredes, la parte inferior de la carcasa permanece inalterada, sin metal que se está eliminando o añadido allí.

Por consiguiente, la posible altura máxima de un tamaño en blanco dado se puede calcular. A los efectos de la simplicidad de esta evaluación es aproximada, donde los radios de las esquinas son descuidados y el grosor del componente se considera igual a la de la pieza en bruto en toda su sección transversal áreas. En tal caso, la altura h será:

Donde:

$$h = \frac{D^2 - d^2}{4d} \quad (5)$$

D = Diámetro del desarrollo

d = Diámetro del 1er embutido

h = Altura de 1er embutido.

2.3.2.4. Juego de embutido.

Para conseguir una superficie de embutido limpia sin arrugas ni adelgazamientos de las paredes el juego de embutido debe ser la adecuada, ello se determinará aplicando la siguiente formula:

$$W = e + 0.07\sqrt{10e} \quad \text{aplicable para láminas de aceros.} \quad (6)$$

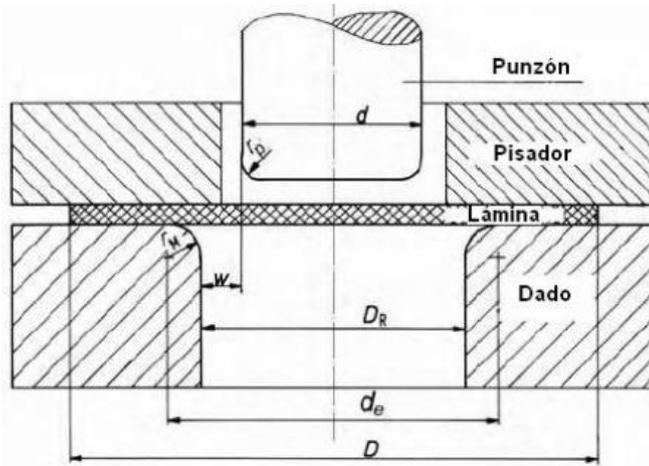
$$W = e + 0.02\sqrt{10e} \quad \text{aplicable para láminas de aluminio.} \quad (7)$$

$$W = e + 0.04\sqrt{10e} \quad \text{aplicable para láminas de otros materiales.} \quad (8)$$

Dónde:

W: Juego de embutido.

E: Espesor de la chapa.



D = diámetro del desarrollo (mm)
 D_e = diámetro efectivo del pisador (mm)
 d = diámetro del punzón (mm)
 w = Luz entre el dado y el punzón (mm)
 M =radio de curvatura de matriz (mm)
 r_p =radio de curvatura de matriz (mm)

Ilustración 9. Juego de embutido. Fuente: Trabajo de los metales por deformación en frío. Chauvelin

El valor obtenido por calculo tendrá que ser redondeado acorde al alcance de precisión de los instrumentos de medición, que normalmente es de 2 decimales de milímetro, el redondeo tendrá que ser hacia abajo para tener la posibilidad de seguir aumentando si es que hubiese necesidad.

Servirá también para definir las dimensiones de los punzones de embutido de las cinco pasadas de la matriz progresiva,

2.3.2.5. Dimensiones de la matriz de embutido.

Las medidas de la matriz de embutido (anillo) son las obtenidas al calcularse las dimensiones de cada pasada de embutido, es decir aplicando la siguiente relación:

Para la primera pasada.

$$d_1 = D * m_1 \quad (9)$$

Para las siguientes pasadas

$$d_n = d_1 = D * m_n \quad (10)$$

Dónde:

D : Diámetro del cospel.

d_1 : Diámetro de la primera pasada.

d_n : Diámetro de la siguiente pasada.

m_1 : Coeficiente de embutición para la primera pasada.

m_n : Coeficiente de embutición para la siguiente pasada.

A partir de la quinta pasada podría recocerse con el fin de eliminar las tensiones internas producidas por las deformaciones originadas por las anteriores pasadas de embutición, de lo contrario la aparición de grietas podría darse lugar.

2.3.2.6. Dimensiones del punzón de embutido.

Las dimensiones del punzón tendrán que considerar el espesor del material a embutirse, así como el juego de embutición para las características propias del material a embutirse.

$$dp = d1 - 2W \quad (11)$$

2.3.2.7. Radios de embutido de la matriz y el punzón.

a. Para que el embutido se ejecute sin contratiempos y el material fluya sin dar lugar a la formación de arrugas ni roturas, los radios de embutición se determinan por medio de las siguientes fórmulas: Radios de la matriz: Se determina de la siguiente manera:

Para la primera pasada $R1 = 0.8\sqrt{(D - d)e}$ Para acero (12)

$R1 = 0.9\sqrt{(D - d)e}$ Para aluminio y cobre. (13)

Para las siguientes pasadas $Rn = \frac{d1-d2}{2}$ (14)

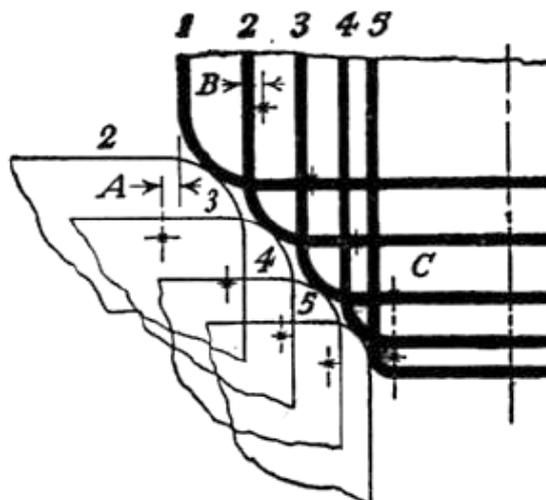


Ilustración 2: Radio de las matrices y punzones de embutición. Fuente: Die Design Handbook. SME

b. Radios del punzón

Para evitar el riesgo que el punzón perfora la chapa, en ningún caso el radio del punzón debe ser menor al radio de la matriz, debe tratarse que el radio sea de 3 a 5 espesores, si hubiera necesidad se determina de la siguiente manera:

$$r = \frac{d1-d2}{2} \quad (15)$$

2.3.2.8. Velocidad de embuticion.

Mientras que otros procesos de matrizado no son excesivamente afectadas por la velocidad real de la prensa, en la operación de embutido depende de la velocidad de embutición. Dicha velocidad es beneficioso para el embutido de acero inoxidable austenítico. Con el aluminio y materiales a base de cobre, mayores velocidades son posibles. Velocidades de embutido son usados mayormente para simple efecto y de doble acción están dentro de un rango de valores como se muestra en la Tabla de velocidad de embutición.

Exceder los límites de velocidad de embutido puede poner en peligro la calidad de las piezas producidas, por el inadecuado flujo de material. La velocidad de embutido puede ser determinado como sigue: deformación de calidad de los útiles, el acabado superficial. Además, hay otras variables en juego, tales como la recuperación elástica del material, tensiones residuales y resultante cambios estructurales, propiedades mecánicas del material, y otros. Todos ellos ejerciendo su parte de influencia en el embutido de una manera altamente impredecible.

$$Ve = 2LST \text{ (PS/min)} \quad (16)$$

Donde:

Ve: Velocidad de embutición.

LST: Longitud de Carrera de la prensa.

PS/min: El número de carreras por minuto.

La velocidad de embutición depende del tipo de material, del tipo de prensa (si es de acción mecánica o hidráulica) de simple efecto o de doble efecto.

Material	Efecto		Efecto	
	Simple Ve=pulg./seg.	Doble Ve=pulg./seg.	Simple Ve=m/seg.	Doble Ve=m/seg.
Acero	12	6 - 10	0.3	0.15 - 0.25
Acero inoxidable	8	4 - 6	0.2	0.1 - 0.15
Aleaciones de Aluminio	10	6 - 8	0.25	0.15 - 2
Cobre	30	17	0.75	0.45
Latón	35	20	0.9	0.50

Tabla 3. Velocidad de embutición recomendada.

Fuente: Die Design Handbook. SME

Se determina la velocidad de embutición con el fin de seleccionar la prensa adecuada en cuanto al número de carreras por minuto adecuado para conseguir una embutición óptima, puesto que altas velocidades de embutición podrían ocasionar desgarros o roturas del componente a ser embutido.

2.3.3. Fuerzas que intervienen en el embutido de láminas de metal.

El desarrollo del componente a embutir es lo primero que se producirá para iniciar los embutidos que originaran el componente final, esto es producido por corte, entonces la primera fuerza que interviene en la producción de los componentes embutidos es la fuerza de corte con sus fuerzas auxiliares, en razón que el corte del desarrollo o cospel es la primera operación que se presenta, sea en matrices de corte simple o en matrices combinadas de corte y embutición.

2.3.3.1. Fuerza de corte, fuerza de extracción, fuerza de expulsión.

La fuerza requerida para cortar un componente de lámina de metal por medio de matriz de corte, se calcula considerando la resistencia al corte del material que será cortado, el espesor del material en este caso. las fuerzas que intervienen en el corte por y la longitud del perímetro a cortar.

Donde:

F_c : Fuerza para corte [tf o kN]

P : Longitud de corte [mm]

e : Espesor de la lámina [mm]

R_c : Resistencia del corte [kgf/mm² o Mpa]

$$F_c = p * e * R_c \quad (17)$$

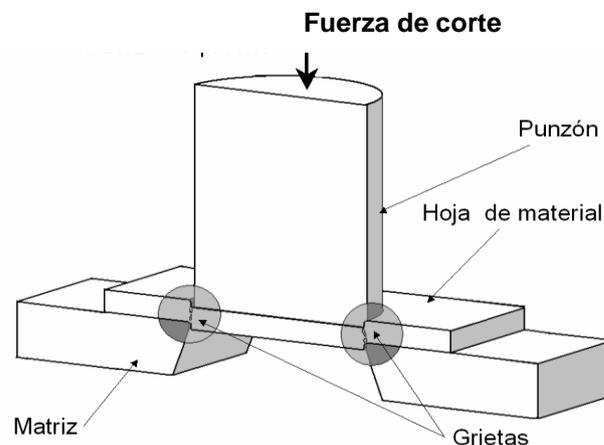


Ilustración 3. Corte de láminas por matrices.

Fuente: Tecnología de estampado y troquelado, JICA

Al cortar con una matriz cualquier componente metálico las fuerzas que intervienen son tres: la fuerza de corte propiamente dicho, que se presenta cuando se produce el corte de la lámina de metal, en el momento que el carro de la prensa sube interviene una fuerza más que es la fuerza de extracción de la tira que ha quedado adherido al punzón, cuando se sigue cortando los desechos o recortes quedan en la cavidad de la matriz, ellos están ejecutando presión contra las paredes de la cavidad de la matriz, a su vez los componentes

atrapados están comprimidos en el interior de la matriz, entonces para expulsar los desechos o recortes se requiere una fuerza auxiliar más para expulsarlos de la cavidad.

- a. **Fuerza de extracción.** Después de producido el corte la tira queda adherida al punzón la que necesita extraerse para continuar los siguientes cortes, de lo contrario sería obstáculo para la, en el momento de subir el carro se produce la extracción de la tira, por lo tanto, no se agrega a la fuerza de corte, la fuerza de extracción se determina por la siguiente relación:

$$Fr = Fc \times 0.3 \quad (18)$$

Donde:

Fr: fuerza de extracción [tf ó kN]

p: perímetro de corte [mm]

e: Espesor de la lámina [mm]

- b. **Fuerza de expulsión.** El retal también queda adherido en las paredes de la matriz que ejerce presión, después de haber cortado entre cuatro retales, será necesario expulsar por lo menos un componente para aligerar la presión que los retales ejercen a la superficie de la matriz y que podrían ocasionar rajadura o rotura de la matriz, la fuerza que permitirá expulsar el componente o desecho. Se calcula con la siguiente formula.

$$Fe = Fc \times 0.5 \quad (19)$$

Donde:

Fe = fuerza de expulsión [tf ó kN]

Fc = Fuerza de corte tf ó KN

- c. **Fuerza de corte total.** La fuerza necesaria para producir un componente por medio de matrices de corte se determinará de la siguiente manera:

$$Fct = FC + Fe \quad (Tf, KN) \quad (20)$$

Este valor será de útil para seleccionar la prensa adecuada para producir un componente de lámina de metal.

Este aspecto también fue mencionado por C. Paucar (2017) en el curso de Tesis llevado en la UPN.

2.3.3.2. Fuerza de embutido, fuerza del prensachapa, fuerza de expulsión.

Para embutir los componentes de laminas de metal, se requiere calcular la fuerza necesaria para efectuar la embuticion, se calcula aplicando la siguiente formula:

$$F_e = p * e * r_t * \alpha \quad (21)$$

Donde:
 p = Perimetro del componente (mm)
 e = Espesor del componente (mm)
 r_t = Resistencia a la traccion del material del componente (K / mm²)
 α = Valor adicional que depende de la relacion de diametros d / D (m)

MATERIAL	RESISTENCIA A LA TRACCION Kp/mm2	
	Recocido	Duro
Cobre	21 - 25	
Laton	32	45
Bronce	40 - 50	75 - 90
Aluminio	7 - 11	18 - 28
Duraluminio	22 - 27	
Chapa de embuticion.	22 - 31	31 - 35
Chapa de carroceria.	30 - 35	35 - 40
Acero inoxidable	60 - 70	
Zinc	16	22
Niquel	40 - 45	70 - 80
Plata	45	

Tabla 4. Resistencia a la traccion de materiales de embuticion. Fuente: Die design handbook SME

Relacion de diametros d/D	Valor adicional α
0.55	1.00
0.575	0.93
0.6	0.86
0.625	0.75
0.65	0.72
0.675	0.66
0.7	0.60
0.725	0.55
0.75	0,50
0.775	0.45
0.8	0.40

Tabla 5. Valor adicional α Fuente : Estampos III- F. Provenza

Fuerza del prensachapa (pisador) F_{ch}.

La fuerza del pisador es de importancia porque es el factor que va evitar la formación de pliegues y arrugas en el embutido, en la figura 9 se observa la fuerza del pisador llamado en nuestro medio como prensachapa y la presión de embutido, así mismo la eyección del componente del producto por medio del botador positivo, que es accionado por la barra de percusión.

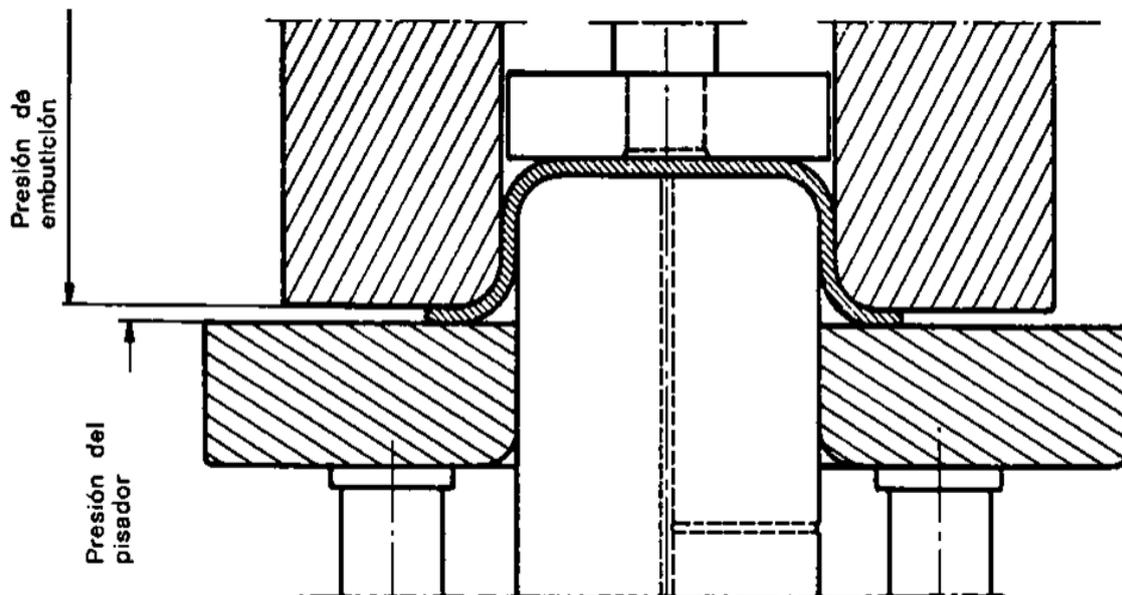


Ilustración 4. Embutido con prensachapa y eyector. Fuente: Trabajo de los metales por deformación en frío. Chauvelin.

MATERIAL	PRESION ESPECIFICA Kp/mm ²
Aluminio	0.12
Zinc	0.15
Duraluminio	0.16
Laton	0.20
Acero inoxidable	0.20
Acero	0.25
Acero estanado	0.30

Tabla 6. Presion especifica prensachapa

Fuente : Estampos III- F. Provenza

1). Para embuticiones cilindricas

Donde:

$$Fch = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)p \quad (22)$$

2). Para embuticiones rectangulares

$$Fch = 2(a + b)h + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)p \quad (23)$$

D= Diametro del disco.

d= Diametro de la matriz.

p= Presion especifica que depende del material. KP/ mm²

h= Altura del componente.

a,b= Distancia entre los centros de los radios del embutido.

Fuerza de expulsion. Fex

Cuando se ha terminado el embutido, el componente queda alojado entre las paredes la cavidad de la matriz, sera necesario entonces una fuerza auxiliar que le permita extraer el componente, esta fuerza es normalmente entre un tercio a un cuarto de la fuerza de embutido. en algunas matrices tiene incorporado un barra de percusion que facilita la extraccion, en otros casos tiene una almohada de jebe o de resortes que efectua la salida del componente de la cavidad de la matriz..

$$Fex = fe (0.3) \quad (24)$$

2.3.3.3. Fuerza total para embutir un componente en matriz progresiva.

De esta manera las fuerzas que se consideran para embutir un componente de laminas de metal son:

$$Fte = fe * Fch * Fex \quad (25)$$

2.3.3.4. Selección de la prensa adecuada

Para encontrar la fuerza necesaria para la matriz de embuticion progresiva sera necesario considerar las fuerza total de corte (punzon de paso, troquelado, incisiones) y la fuerza total de embutido (N de pasadas, prensachapa, extraccion, etc)

$$Ftmp = ftc + Fte \quad (26)$$

A la hora de seleccionar la prensa en el que se va a trabajar, se elegira usando solo los 2/3 de su capacidad nominal, a fin que no se presenten deformaciones por trabajar en su capacidad maxima y garantizar la vida util de la prensa mecanica.

2.4. Matrices para el trabajo de la chapa

El diseño y construcción de las matrices progresivas hacen posible que sean uno de los medios más rápidos y económicos para la producción de componentes matrizado en láminas de metal chapa. Las matrices progresivas son construidas básicamente para la producción de piezas de pequeño y mediano tamaño con la finalidad de que sean fabricadas a imagen y semejanza de cómo se harían en dos, tres o más herramientas, pero en este caso agrupadas en un solo bloque.

En el caso de fabricación mediante matriz progresiva, la pieza siempre deberá permanecer unida a la tira de chapa hasta que éste llegue a la última estación o paso donde necesariamente deberá quedar cortada. Trabajando de ésta forma, permite que cada vez que baje el carro de la prensa, la matriz realice una nueva deformación en la pieza y cada vez que sube, la tira avance un nuevo paso a la espera de la siguiente transformación.

Para la producción de grandes series de piezas, muchas veces es necesario construir matrices especiales capaces de realizar producciones de una forma rápida y económica, transformando la chapa de una forma progresiva y continuada hasta dejar la pieza totalmente terminada.

Un trabajo o transformación progresivo realizado con una matriz, comprende un mínimo de dos fases o pasos, en los cuales pueden hacerse todo tipo de deformaciones de la chapa como, por ejemplo: cortar, doblar, etc. con la única limitación real del espacio disponible que exista en la matriz de acuerdo sus medidas.

La capacidad productiva en éste tipo de matrices y en piezas de pequeño tamaño puede llegar a ser de hasta 250 golpes por minuto. Ello obliga a realizar un diseño muy esmerado y meticuloso además de una construcción precisa y de calidad garantizando un buen acabado de las piezas fabricadas y la durabilidad de las mismas.

La principal finalidad de las matrices progresivas es, la fabricación de grandes producciones de piezas de chapa, sustituyendo de forma eficaz y rápida la construcción de varias matrices manuales y abaratando de ésta forma el coste final de las piezas.

Considerando que, para fabricar una pieza de chapa de grande consumo, como por ejemplo un terminal eléctrico, son necesarias como mínimo de 6 a 10 transformaciones y un número similar de matrices de tipo manual o simple, es fácilmente comprensible el gran ahorro de tiempo y dinero que puede representar el fabricarlos con una matriz progresiva de 15 a 20 pasos, aunque la inversión a realizar sea ligeramente mayor.

El procedimiento de trabajo con matrices mixtas o progresivas puede parecer complicado si se lo compara con otros sistemas de producción menos automáticos, como por ejemplo las matrices manuales. Viene derivado de la complejidad que implica llevar a cabo la transformación de las piezas mientras que éstas permanecen unidas a la banda durante su camino por el interior de la matriz. Los costos de fabricación y los plazos de entrega pueden llegar a quedar reducidos hasta menos del 50% de los valores presupuestados, si las matrices han sido diseñadas y construidas adecuadamente.

Las características básicas, propias de las matrices progresivas, nos indican que se trata de matrices con un diseño muy elaborado además de una construcción muy precisa que deben permitir la transformación de las piezas de una forma rápida y fiable. La razón fundamental para construir una matriz progresiva es, fabricar piezas en grandes cantidades eliminando la construcción de matrices manuales y la consiguiente mano de obra que ello implica.

Las matrices mixtas o progresivas permiten fabricar piezas sin limitación de formas o perfiles estas operaciones puedan hacerse mediante punzones con movimientos verticales, horizontales o inclinados, que pueden hacer cortes, dobleces o embutidos.

La base fundamental de la transformación está en, mantener la chapa centrada y guiada a lo largo de toda la matriz al mismo tiempo que se recorta el perfil de la pieza y posteriormente se hacen los doblados, embutidos, hasta finalizar la pieza.

2.5. Láminas de metal para embutido.

Las láminas de metal más usadas para el proceso de embutición son variadas, desde los metales no ferrosos, como el aluminio y sus aleaciones, el cobre con sus aleaciones (latón), aceros de bajo contenido de carbono, y aceros especiales como los aceros inoxidables; en general las láminas de metal deben tener como característica principal la ductilidad que lo hace hábil para la embutición.

2.5.1. Acero inoxidable

El 13 de agosto de 1913 Harry Brearley (ingles) logra inventar el acero inoxidable agregando al acero una buena cantidad de **Cromo**, logro un tono estético brillante y una **excelente resistencia a la oxidación**, brindando mayor durabilidad a los objetos creados con este material.

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro y cromo con un mínimo de 11% de cromo, pertenecen al grupo de aceros especiales, sus elementos aleados son mayores al 5% que le dan la característica de ser resistente a la oxidación.

Según Higgins, R. A. (1978) en su libro *Materials for the Engineering Technician*, clasifica a los aceros inoxidables se clasifican según su estructura cristalina en:

- Aceros Inoxidables Martensítico.
- Aceros Inoxidables Ferrítico.
- Aceros Inoxidables Austenítico.
- Aceros Inoxidables Dúplex.

Concuerdan con esta clasificación de los aceros inoxidables la mayor parte de los entendidos, sobre todo la UNS, COSIMET en su obra "*Aceros y productos derivados*", como MIPSAs en su manual "*Clasificación de los aceros inoxidables*."

2.5.1.1. Aceros inoxidables Martensítico

En los aceros inoxidable Martensítico, el carbono está en una concentración tal, que permite la formación de austenita a altas temperaturas, que a su vez se transforma en martensita durante el enfriamiento. Son la primera rama de los aceros inoxidable contiene cromo. Representan una porción de la serie 400, sus características son:

- Moderada resistencia a la corrosión.
- Endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza
- Son magnéticos.
- Debido al alto contenido de carbono y a la naturaleza de su dureza, es de pobre soldabilidad

Los Martensíticos son esencialmente aleaciones de cromo y carbono. El contenido de cromo es generalmente de 10.5 a 18% y el de carbono es alto, alcanzando valores de hasta 1.2%.

Es importante observar que estos aceros son normalmente producidos por la industria siderúrgica en estado recocido, con ductilidad razonablemente buena. Solamente después de templados serán muy duros y poco dúctiles. Pero es precisamente en esta condición (templados), que serán resistentes a la corrosión.

2.5.1.2. Aceros inoxidable ferríticos

Estos aceros inoxidable de la serie 400 AISI (American Iron & Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión, sus características son:

- Resistentes a la corrosión de moderada a buena, mejora cuando se incrementa el contenido de cromo y algunas aleaciones de molibdeno.
- No adquieren dureza por tratamiento térmico, aunque aumentan su acritud por trabajo en frío.
- Son magnéticos.
- Su soldabilidad es limitada, por ello las uniones por soldadura de espesores delgados son preferidos.
- Para mejorar la suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión, generalmente se le somete al recocido de ablandamiento.
- En razón a su baja acritud, lo hace aparente a procesos de conformado en frío

Los Ferríticos son generalmente aleaciones con cromo de 10.5% a 30%, con bajo carbono 0.08%. Algunos grados pueden contener molibdeno, silicio, aluminio, titanio y niobio que promueven diferentes características.

El más utilizado de los aceros inoxidable ferríticos es el Tipo 430, que contiene 16% a 18% de cromo y un máximo de 0,12% de carbono. Entre sus aplicaciones, están los: cubiertos, vajillas, cocinas, piletas, monedas, revestimientos, mostradores frigoríficos.

2.5.1.3. Aceros inoxidable austeníticos

Los aceros inoxidable austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión. Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecibles por trabajo en frío y no por tratamiento térmico.
- Excelente soldabilidad eléctrica.
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- Anti magnéticos

Los Austeníticos se obtienen adicionando elementos formadores de austenita, tales como níquel, manganeso y nitrógeno. El contenido de cromo generalmente varía de 16% al 26% y su contenido de carbono es del rango de 0.03% al 0.08%. El cromo proporciona una resistencia a la oxidación en temperaturas aproximadas de 650°C en una variedad de ambientes. Esta familia se divide en dos categorías:

SERIE 300 AISI. - Aleaciones cromo-níquel

SERIE 200 AISI. - Aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno

SERIE 300 AISI: Es la más extensa, mantiene alto contenido de níquel y hasta 2% de manganeso. También puede contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son adicionados para conferir ciertas características. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados.

SERIE 200 AISI: Contiene menor cantidad de níquel. El contenido de manganeso es de 5% a 20%. La adición de nitrógeno incrementa la resistencia mecánica.

El inoxidable austenítico más popular es el Tipo 304, que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%. Tiene gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de alcohol, aeronáutica, naval, uso en arquitectura, alimenticia, y de transporte. Es también utilizado en cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos de ascensores y en un sin número de aplicaciones.

2.3.1.2. Aceros Inoxidables Dúplex.

Los dúplex tienen un contenido de cromo de entre 18 y 26% y de níquel de 4.5 a 6.5%. La adición de elementos de nitrógeno, molibdeno, cobre, silicio y tungsteno. sus características son las siguientes:

- Son magnéticos.
- Endurecibles por trabajo en frío y no por tratamiento térmico.
- Buena soldabilidad.
- La estructura dúplex mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro.

Sobre la base de un determinado grado: **AISI 420**, para los martensíticos; **AISI 430** para los ferríticos, **AISI 304** y **AISI 316** para los austeníticos y para los Dúplex: **AISI 201** y **AISI 202**; modificando uno o varios elementos de aleación obtenemos distintos grados dentro del mismo grupo aptos para mejorar algunas propiedades y/o usos

GRADO %	304	304L	316	316L	316 Ti	310	301	321	201	202	430	410
CARBONO (C) máx.	0.08	0.035*	0.08	0.035*	0.08	0.25	0.08	0.08	0.10	0.07	0.12	0.15
MANGANESO (Mn) máx.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	9.25	7.2	1.00	1.00
FOSFORO (P) máx.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.045	0.04	0.045	0.085	0.05	0.04	0.04
AZUFRE (S) máx.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.07	0.03	0.03
SILICIO (Si) máx.	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.50	0.75	1.00	0.38	0.35	1.00	1
CROMO (Cr) máx.	18.0 a 20.0	18.0 a 20.0	16.0 a 18.0	16.0 a 18.0	18.0 a 20.0	24 a 26	17.0 a 20.0	17.0 a 19.0	15 a 17	16 a 18	16 a 18	11.5 a 13,5
NIQUEL (Ni) máx.	8.0 a 11.0	8.0 a 13.0	10.0 a 14.0	10.0 a 15.0	11.0 a 14.0	19 a 22	9.0 a 13.0	9 a 12	1.0 a 1.50	4 a 6	----	----
MOLIBDENO (Mo) max.	----	----	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	----	----	----	----	----	----	----
OTROS ELEMENTOS	----	----	----	----	----	----	Ti=5 C min. y 0.70 máx.	Ti=5 x %C	Cu=1.7 N=0.13	Cu=1. N=0.08	----	----

Tabla 7. Composición química de los aceros inoxidables.

Fuente: Aceros y derivados - Cosimet

Se trata de los Aceros Inoxidables de la Serie 200, con unos contenidos de Níquel de entre el 1% y el 4% combinados en Aleaciones de Cromo al Manganeso.

Cuando es necesario mantener calidad y prestaciones, reduciendo los costos. Este es el planteamiento que se presenta con los aceros inoxidables de la **serie 200**.

Los de la **serie 200**, usados muy poco hasta ahora, mantienen las mismas propiedades que el **AISI 304** (o también conocido como 18/8):

- **Resistencia a la oxidación** en todos los ambientes excepto en zonas marítimas y zonas altamente contaminadas o en contacto con ácidos y similares.
- **Idéntica respuesta mecánica:** Soldadura, curvado, cizallado, corte láser, etc.
- **Idéntico acabado y estética.**
- **Gran durabilidad.**

La base técnica de estos nuevos Aceros Inoxidables son la combinación del **Níquel (Ni)** con el **Cromo (Cr)** y el **Manganeso (Mn)**. Además de estas aleaciones se corrigen con **cobre (Cu)** y **Nitrógeno (N)** para obtener unos materiales con las mejores propiedades. El resultado es un Acero Inoxidable más de un 30% por debajo de los costes actuales.

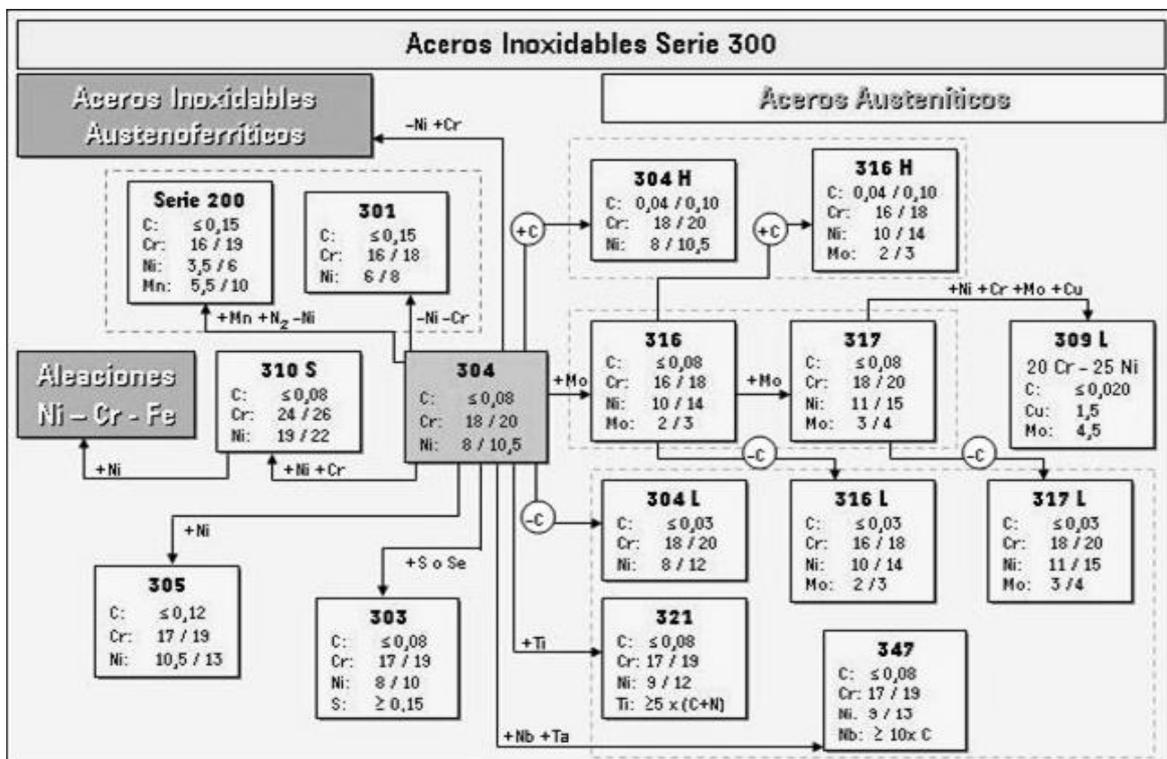


Tabla 8. Clasificación de los aceros inoxidables. Fuente: Clasificación de los aceros inoxidables según norma AISI

2.5.1.4. USOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES.

La clasificación de los aceros inoxidable s con el fin de usarlo en diferente s

Austeníticos serie 200:

AISI 201 /J4: Es conocido como sustituto del acero **304**, pero con niveles más bajos de níquel. Normalmente utilizado en los aparatos domésticos, ornamentales, escaleras, muebles, estructura automotriz, o en otras aplicaciones de uso estructural (por su dureza) con exposición limitada a la corrosión. El porcentaje de níquel es 1.00 – 4.00. Su bajo porcentaje de níquel esta compensado por la contribución mejorada de los 4 elementos que la compone: Carbono, Manganeso, Cobre y Nitrógeno.

AISI 202 /JSL AUS: También es conocido como sustituto del acero **304**, con un mayor porcentaje de níquel que el **201**. Utilizado en los aparatos domésticos, ornamentales, escaleras, ganchos, productos para embutidos extra profundos, o en otras aplicaciones con exposición limitada a la corrosión. El porcentaje de níquel es 4,00 - 6,00. Por su idéntica respuesta mecánica al clásico **AISI 304** es el mejor candidato para suplirlo en diversas aplicaciones.

Austeníticos serie 300:

AISI 301: Posee finalidad estructural; correas transportadoras; aparatos domésticos; herraje; diafragmas; ornamentos de automóviles, equipos de transporte, aeronaves; herrajes para postes; fijadores (horquillas, cierres, estuches); conjuntos estructurales de alta resistencia que se requiere en los aviones, automóviles, camiones y carrocerías, vagones de ferrocarril.

AISI 304: Electrodomésticos; finalidad estructural; equipos para la industria química y naval; industria farmacéutica, industria de tejidos y papel; refinería de petróleo; permutadores de calor; válvulas y piezas de tuberías; industria frigorífica; instalaciones criogénicas; tanques de almacenamiento de cerveza; equipos para lácteos y harina de maíz; tuberías de vapor; almacenes de gaseosas.

AISI 304L: Para cuando se necesita una menor proporción de carbono que el tipo **301** para restringir la precipitación de carburos que resultan de la soldadura, especialmente cuando las partes no pueden recibir tratamiento térmico después de soldar.

Se usa en el recubrimiento para tolvas de carbón; tanques de pulverización de fertilizantes, líquidos; tanques de almacenamiento de pasta de tomate y vagones de ferrocarril

AISI 310: Acero refractario para aplicaciones de alta temperatura, como los calentadores de aire, cajas de recocido, estufa de secamiento, escudos para caldera de vapor, hornos de fundición, soportes y compuertas para para hornos, intercambiadores de calor, componentes de turbinas y demás usos donde el material esté expuesto a temperaturas relativamente elevadas.

AISI 316: Piezas que demandan alta resistencia a la corrosión localizada como equipos de las industrias químicas, farmacéutica, textil, petrolera, papel, celulosa, caucho, nylon y tintas. También se usa en diversas piezas y componentes utilizados en construcción naval, equipos criogénicos, cubas de fermentación e instrumentos quirúrgicos.

AISI 316L: Piezas que demandan alta resistencia a la corrosión localizada y cuando se necesita una menor proporción de carbono que el tipo **304** para restringir la precipitación de carburos que resultan de la soldadura, especialmente cuando las partes no pueden recibir tratamiento térmico después de soldar.

AISI 316Ti: Mejor resistencia a la temperatura y mayor resistencia mecánica que el **316L**. Se usa en equipos para industrias químicas y petroquímicas.

Martensíticos serie 400:

AISI 410: Martensítico (hierro / cromo de alta resistencia). Resistente al desgaste, pero menos resistente a la corrosión.

AISI 420: Válvulas, bombas, tornillos y cerraduras, tuberías de calefacción, mesa de plancha, cubiertos (cuchillos, cortaplumas etc.), instrumentos de medición, tamices, máquinas de minería y herramientas manuales como llaves de tuerca. Conocido como Acero quirúrgico.

AISI 440: Un grado más alto de acero para cubiertos, con más carbono en él, lo que permite una mejor retención de los bordes cuando el acero se trata adecuadamente con calor. Se puede endurecer a la dureza Rockwell 58, lo que lo convierte en uno de los aceros inoxidables más duros. También conocido como "acero de hoja de afeitador". Disponible en tres grados 440A, 440B, 440C (más común) y 440F

FERRÍTICOS SERIE 400:

AISI 430: Utensilios domésticos, monedas, lavadoras, placas de identificación, calentadores, reflectores, pilas, cubiertos, adornos para automóviles y recubrimiento de la cámara de combustión de los motores diésel.

2.6. Fabricacion de matrices para el trabajo de la chapa.

Para la fabricacion de los componentes mecanicos de las matrices de deformacion en frio de las laminas de metal, se utilizan las maquinas herramienta, llamado asi porque para su trabajo la maquina necesariamente debera tener una o varias herramientas de corte, que usualmente es de acero rapido (acero de alta aleacion), tambien puede ser de carburos metalicos, de ceramica; para mecanizados de materiales duros se usan diamante industrial.

Las características de las herramientas de corte es que son altamente resistentes al desgaste, mantienen su filo hasta los 600~C, en el caso de los aceros rapidos HSS, los demas materiales de herramientas de corte trabajan a temperaturas superiores a 600~C, siendo el de mejor rendimiento el diamante, pero su costo de mecanizado es mas alto.

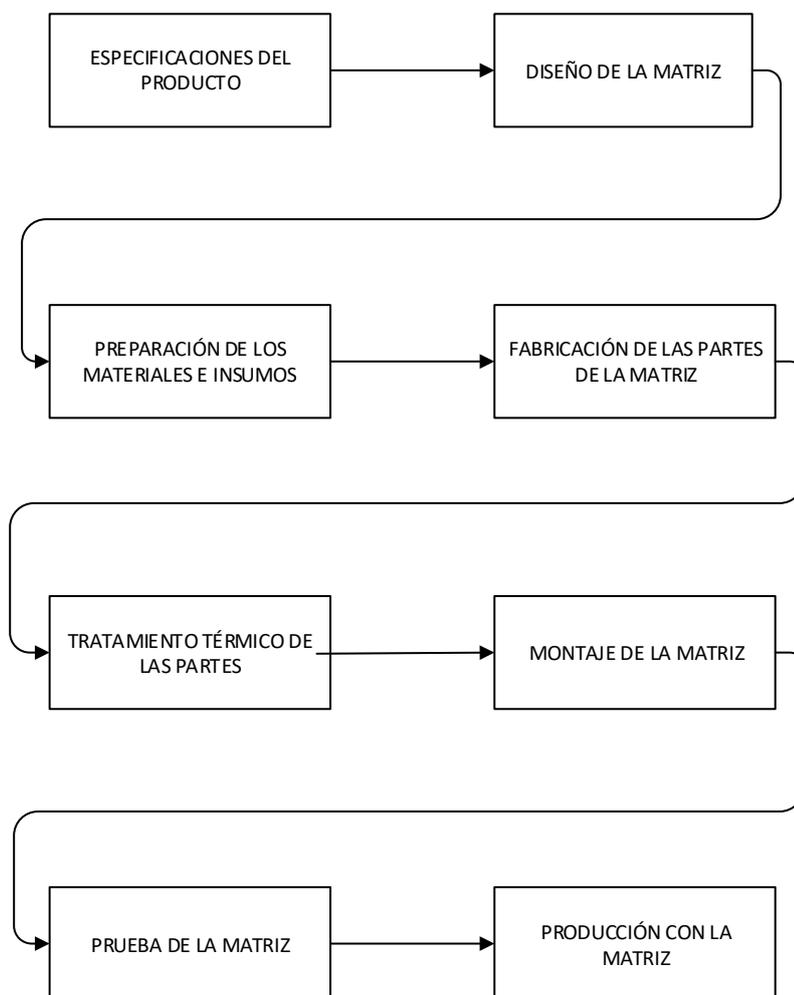


Ilustración 13. Flujograma de fabricación de matrices.

Fuente: Autor.

Las maquinas herramientas utilizadas en la fabricacion de partes de matrices se clasifican en:
a) Convencionales b) no convencionales en las que los mandos son por medio de la computadora.

2.6.1. Maquinas herramientas convencionales.

Las maquinas herramientas convencionales, en las cuales la calidad del trabajo (medidas, acabado) depende de la habilidad y destreza del operador de la maquina en razon que sus mandos son manuales, las mas usuales son: el torno paralelo, la fresadora universal, la mandrinadora, la rectificadora plana, la rectificadora universal.

Las maquinas herramientas estan constituidas basicamente de los siguientes elementos: La bancada o bastidor en el que se localiza las guias de la mesa de trabajo (carro principal en el caso del torno), que facilita los movimientos de corte y de avance, la precision de los trabajos depende del cuidado de mantenimiento de la bancada.

Estas maquinas estan compuestas del: a). Sistema de transmision, que le facilita el movimiento de corte, de los avances, para los trabajos de cilindrado y refrentado facilita tambien el funcionamiento del Mecanismo Norton para los fileteados de las roscas de diferente forma.

En estas maquinas el rango de precision a obtenerse es de la siguiente manera:

Alcance de precision en mecanizado por arranque de viruta	
Maquina herramienta	Precision a obtenerse
Cepilladora	0.100 mm
Fresadora	0.050 mm.
Torno paralelo	0.020 mm
Rectificadora plana	0.005 mm
Rectificadora universal	0.02

Tabla 9. Rango de precisión en mecanizado.

Fuente: Tool & Manufacturing Engineers F. Wilson.

Medidas mas precisas podran obtenerse con una labor mas cuidadosa y procedimientos mas rigurosos por personal competente en cuanto a destreza y habilidad. La ventaja es que sus costos son mas comodis, mientras que los tiempos de su fabricacion son mas largos, a diferencia que las maquinas herramientas no convencionales emplean menos tiempo en hacer el mismo trabajo, ademas que efectuan trabajos en material templado inclusive, pero sus costos son mas altos.

El torno paralelo. es la maquina herramienta mas usual en los talleres de fabricacion, por su versatilidad para mecanizar superficies cilindricas y planas, ademas de efectuar roscados, en la fabricacion de matrices se usan para producir columnas, bocinas, punzones cilindricos, matrices de seccion circular, etc. Su operación requiere de la destreza manual del tornero.

Estan constituidos de la bancada, que es la parte mas importante del torno sobre el que descansan el carro principal que lleva el carro transversal y el carro auxiliar, requiere un cuidado especial de parte del operador puesto en el radica la precision de los componentes a producir.

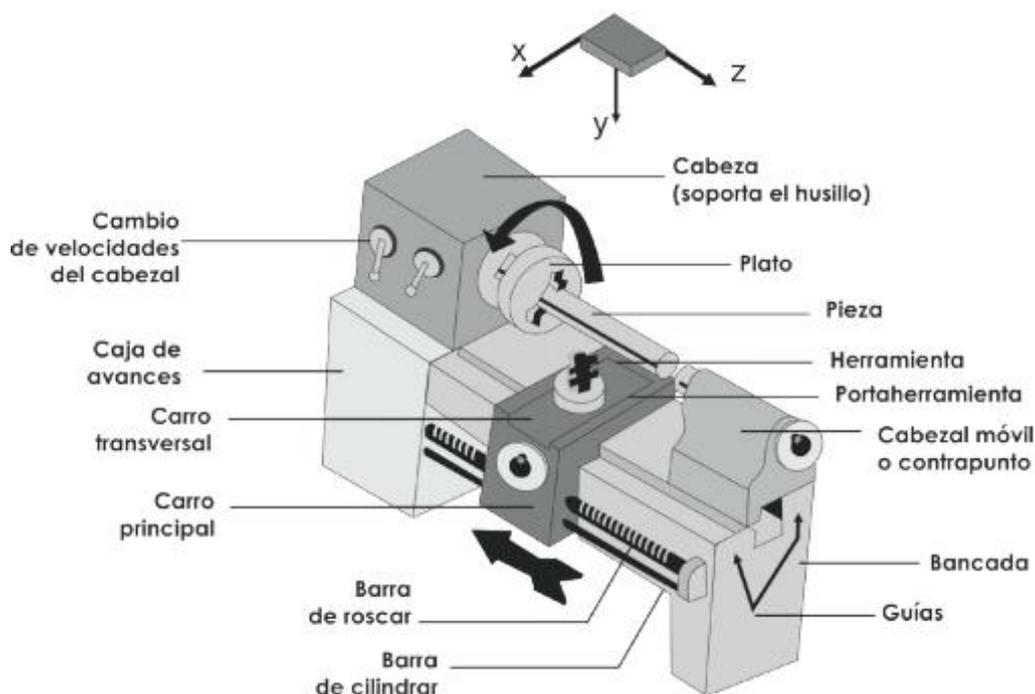


Ilustración 14. Torno paralelo mecánico.

Fuente: De máquinas y herramientas.

La caja de cambio de velocidades, que permite obtener variadas velocidades angulares en el husillo principal, la caja de avances que genera diferentes avances para el mecanizado basto o fino, la barra de roscar que permitira obtener el paso de avance para hacer roscas en combinacion con la caja de avances.

La contrapunta que permite mecanizar componentes de gran longitud y concéntricos, ademas de efectuar taladrados, escariados y roscados.

La consola es fabricado de fundicion gris que ha sido envejecido para hacerlo mas resistente al desgaste, estan endurecidos por temple por induccion. Algunas maquinas estan hechos de fundicion Meahanite que los hacen mas resistentes al desgaste y resistentes a mayores esfuerzos.

Las principales operaciones que se realizan en el torno paralelo que se muestran en el gráfico son: a) Refrentado, b) Conico, c) Torneado de forma, d) Perfilado, e) Biselado, f) Tronzado, g) Fileteado, h) Cilindrado Interno, i) Taladrado, escariado, j) Moleteado.

Se desarrollan alrededor de 41 operaciones primarias y un número no determinado de operaciones combinadas, dependiendo de la habilidad del operador Tornero ajustador.

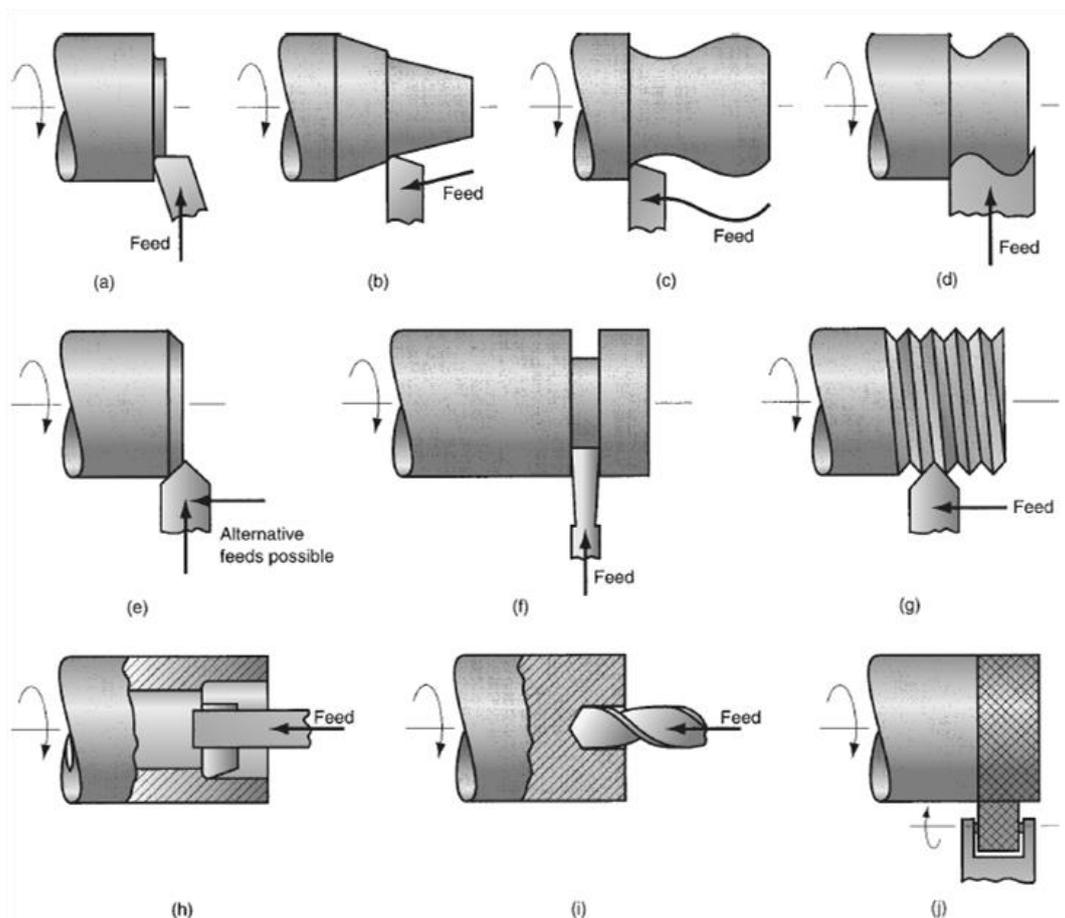


Ilustración 5. Operaciones en el torno.

Fuente: DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing.

La Fresadora universal. Es la máquina herramienta convencional de uso generalizado para producir superficies planas y también cilíndricas, en la fabricación de engranajes, cilíndricos de diente recto, helicoidal, hipoidal, cola de milano, en matrices se usa para fabricar punzones de diferente forma y matrices de corte y embutido. Esta constituido por la consola sobre el que descansan las demás partes, como el carro principal cuyo desplazamiento es vertical (eje Z) en el que están montados el carro longitudinal (eje X) y el movimiento transversal (Y) se da en la bancada.

Al igual que el torno sus partes de la fresadora estan fabricados de fundicion gris envejecidos para aumentar su resistencia la desgaste de la bancada, algunas maquinas fresadoras son hechas de Meehanite que los hacen mas resistentes para trabajos de alto esfuerzo.

Provisto con los accesorios como el cabezal divisor ejecutan componentes de seccion poligonal, superficies helicoidales en cilindros, para fabricar engranajes de diente helicoidal.



Ilustración 6. Fresadora universal.

Fuente: Unimachines.pe

Las fresadoras proporcionan un eje giratorio para el corte y una mesa para la fijación, posicionamiento y alimentación de la pieza de trabajo.

Las fresadoras por su posición del husillo principal se clasifican en: horizontales o verticales. Una la fresadora horizontal tiene un husillo horizontal, muy adecuado para realización de fresado periférico (p. ej., fresado plano, ranurado, fresado lateral y horizontal) en piezas de trabajo que tienen forma de cubo. La fresadora vertical tiene un husillo vertical, y esta orientación es apropiada para fresado frontal, fresado final, contorneado de superficies y dispensación en piezas de trabajo relativamente planas.

La fresadora de consola es la máquina herramienta básica para fresar. Eso deriva nombre del hecho de que sus dos componentes principales son una columna que admite el

husillo y una mesa (más o menos parecida a una rodilla humana) que sostiene la mesa de trabajo.

Puede ser horizontal o vertical, como se ilustra en la figura. En la versión horizontal, un eje generalmente aloja al husillo principal. El cabezal básicamente es un eje que sujeta la fresa y es accionado por el husillo. Se proporciona un antebrazo en máquinas horizontales para soportar el cabezal. En máquinas verticales de rodilla y columna, Las fresas de corte se pueden montar directamente en el husillo sin un eje.

la característica de la fresadora de consola que lo hace tan versátil es su capacidad para el movimiento de alimentación de la mesa de trabajo en cualquiera de los ejes $x - y - z$. la mesa de trabajo se puede mover en la dirección x , el transversal se puede mover en la dirección y , y la rodilla se puede mover verticalmente para lograr el movimiento z .

Deben identificarse dos máquinas especiales de consola. Una es la fresadora universal, que tiene una mesa que se puede girar en un plano horizontal (alrededor de un eje vertical) a cualquier ángulo especificado. Esto facilita el corte de formas angulares y hélices en piezas de trabajo.

El cabezal de herramienta también se puede girar para lograr una orientación angular de la fresa con respecto al trabajo. Estas características proporcionan considerable versatilidad en el mecanizado de una variedad de formas de trabajo. Las principales operaciones que se realizan son: a).Planeado, b) Rebaje, c) Ranurado, d) Lateral, e) Interno, f) de forma.

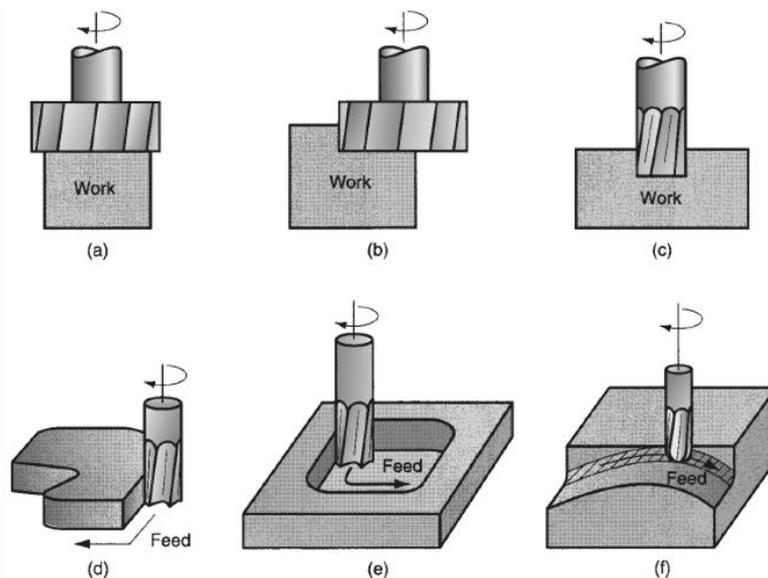


Ilustración 7. Operaciones en la fresadora. Fuente: DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing.

2.6.2. Maquinas herramientas no convencionales.

En las maquinas herramientas no convencionales los mandos se ordenan por medio de la computadora, en estas maquinas el mecanizado comienza con la programacion en la computadora de la maquina CNC con un lenguaje especifico (pueden ser Master Cam, Edge Cam, Smart Cam, etc) o la opcion de introducir el plano de fabricacion en la unidad de control de la computadora de la maquina CNC, el plano de fabricacion debera estar de acuerdo a normas ISO efectuados en programas de preferencia Solid Work, la computadora convierte las datos en ordenes de trabajo.

El operario se encarga de seleccionar el material, fijar el material en bruto en la mesa de la maquina, establece los puntos de inicio XYZ del material, identifica las herramientas de corte adecuadas y las fija en el cabezal porta herramienta de la maquina CNC, selecciona las velocidades de corte, los avances asi como las profundidades de corte para cada pasada, entendiendo que el mecanizado se hara en varias pasadas, que depende de la calidad del material de trabajo y de la herramienta de corte, que normalmente es de metal duro, o de ceramica.

Terminado el proceso de mecanizado el operario verifica las medidas y contrasta con las medidas indicadas en el plano, si hubiese una no conformidad rectifica para conseguir las medidas indicadas.

Cuando el mecanizado es conforme el operario retira el componente de la mesa de trabajo de la maquina CNC, quita las probables rebabas y ejercita la última verificación de medidas y acabado y hace entrega del componente a su jefe.

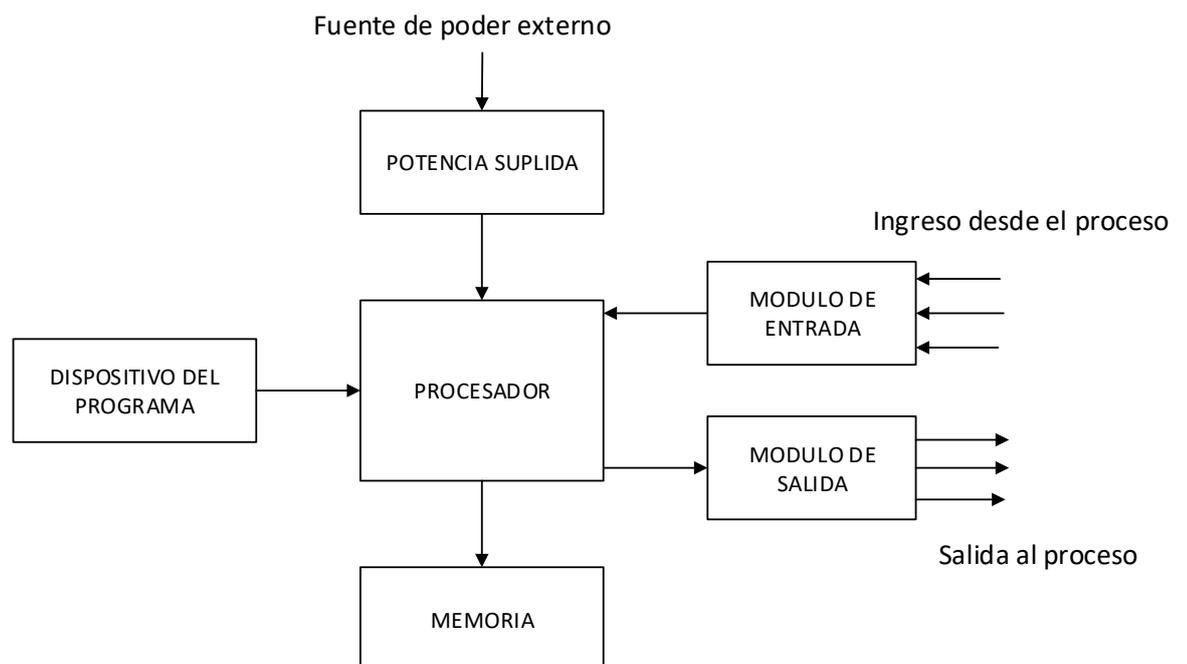


Ilustración 18. Esquema de funcionamiento de Maquina CNC. Fuente: Tool & manufacturing handbook. SME

El control numérico computarizado (CNC) es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas. Este sistema ha revolucionado la industria debido al abaratamiento de microprocesadores y a la simplificación de la programación de las máquinas de CN

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

En el caso de un torno CNC, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos longitudinales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre.

En el caso de las fresadoras se controlan también los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Y. Para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

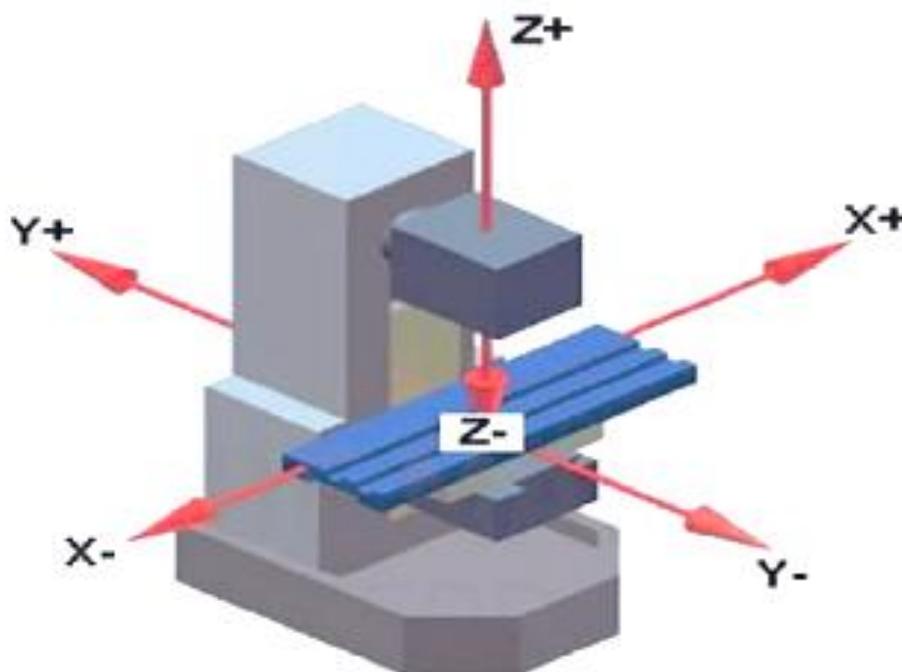


Ilustración 19. Principales movimientos de fresadora CNC

Fuente: Maquinas y herramientas.com

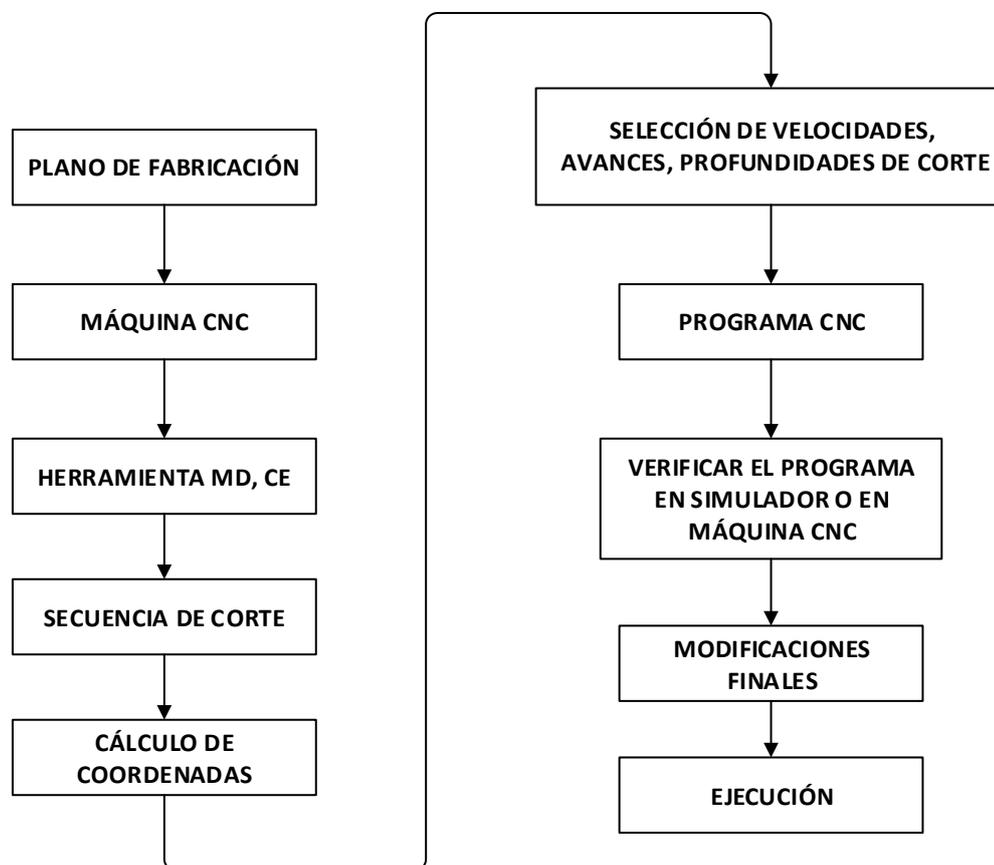


Ilustración 8. Flujoograma de operación de maquina CNC

Fuente: Autor.

2.7. Materiales de las matrices de embuticion.

2.7.1. Materiales del cuerpo de la matriz.

Los materiales de los elementos de la matriz que no están sometidos a altos esfuerzos, al desgaste, son mayormente fabricados de acero de construcción o de fundición gris cuando son de mayores dimensiones, de fundición maleable cuando son matrices de alto esfuerzo.

Los aceros de construcción son aceros con bajo contenido de carbono, que los hacen resistentes a la tracción, son fácilmente mecanizables, no admiten tratamiento térmico, pueden soldarse con electrodo y oxiacetileno, su costo es cómodo.

En la norma DIN se especifican como St 40, que significa que es acero de construcción con resistencia a la tracción de 40 kp/mm² (400N/mm², en las normas AISI se especifican como SAE 1045.

En el caso de fundición gris el más usado es el GG20 que significa fundición gris, cuya resistencia a la tracción es de 20 Kp/mm² (200 N/mm²) o en su defecto fundición maleable GTW 40 que sería fundición maleable de 40 Kp/mm² (400 N/mm²)

2.7.2. Materiales de los punzones y placas matrices de embuticion.

En el caso de las matrices y punzones que son las partes que son sometidos a esfuerzos, al desgaste, conservan su filo, e indeformables, deben ser tratados termicamente para mejorar sus propiedades.

Para fabricar las matrices para el trabajo de las laminas de metal y moldes se usan los aceros de herramientas, que son aleaciones ferrosas de alto carbono y alta resistencia que han sido modificadas por adiciones de aleación para proporcionar un equilibrio deseado de resistencia (resistencia a la deformación, tenacidad (capacidad de absorber golpes o impactos) y resistencia al desgaste (capacidad de resistir la erosión entre el acero de la herramienta y el material de contacto) cuando se trata con calor.

Varios existen varios criterios para clasificar a los aceros de herramientas, entre ellos: Por el uso al que están destinados, se clasifican en aceros para trabajo en frio y aceros para trabajo en caliente.

2.7.2.1. Aceros de herramientas para trabajo en frio.

Usados para trabajos a temperaturas menores a 600 C , como en los trabajo en frio de las laminas de metal, estos aceros tienen como características principales, lo siguiente;

- Alta resistencia al desgaste.en las operaciones de corte y embutido de gran tiraje.
- Mínima deformación de medidas. Con el temple o revenido no hay deformación visible.
- Tenacidad adecuada en estado de dureza.
- Templables al aceite y al aire, alcanzan durezas hasta de 60 HRC
- Fácilmente mecanizables, con herramientas de acero rápido, metal duro o cerámica.
- Excelente conservación de filo.

La característica más saltante de los aceros para trabajo en frio es la mínima deformación que sufren, la mínima variabilidad de medidas que se presenta después del tratamiento térmico, que hace posible utilizar los elementos (matrices, punzones) sin necesidad de rectificar por no haber variado sus dimensiones, así mismo en el trabajo en si, a pesar que la temperatura de trabajo se incrementa no hay variación de medidas significativa que hagan peligrar el funcionamiento de las matrices.

2.7.2.2. Aceros de herramientas para trabajo en caliente.

Aceros para Trabajo en caliente.

En los procesos de forjado en caliente, fundición a presión, que permiten elaborar (moldear) económicamente aleaciones de hierro y metales no ferrosos, en que la temperatura de trabajo es superior a los 500 C se hace necesario el uso de este tipo de aceros en la fabricación de matrices y herramientas para trabajo en caliente, dado que están sometidos a esfuerzos térmicos como a esfuerzos mecánicos.

El contacto de las herramientas con el material caliente es intermitente, que es renovado en intervalos determinados, El frecuente cambio de temperatura motiva un esfuerzo adicional que origina la formacion de fisuras por recalentamiento. las características principales de los aceros para trabajo en caliente, son las siguientes:

- Resistencia al revenido. No pierde dureza en el trabajo que seria un gran inconveniente.
- Resistencia en caliente al desgaste por fricción.
- Buena tenacidad.
- Suficiente conductibilidad calorífica.
- Gran resistencia al agrietamiento, las grietas que se producirían serían obstáculos para la eyección de los componentes producidos.

2.7.2.3. Aceros aleados para herramientas.

Los aceros según su composición química se subclasifican en

a. **Aceros de baja aleación** en el cual sus elementos aleantes son menores al 5%, como el Molibdeno, tungsteno, Cromo y Níquel, utilizado para trabajo en frío como matrices de corte y embutido de mediano rendimiento. Normalmente usados para trabajo en frío de laminas de metal de mediana producción. Son templables al aceite y al aire, adquieren durezas entre 60 HRC, son factible de recocer para ablandamiento, fácilmente mecanizables. una de sus mas importantes propiedades es que son aceros de minima variabilidad de medidas.

b. **Aceros de Alta aleación**, sus elementos aleados son mayores al 5%, predominando el cromo y Níquel usados para matrices de corte y embutido de alto rendimiento. y para matrices de estampado en caliente o de fundición a presión.

Estos aceros son usados para trabajo en frío de alta producción de laminas de metal, y para los procesos de trabajo en caliente (estampado en caliente y fundición a presión) el mas usual es el acero H13 según norma AISI (13% de Cr) usado para trabajo en caliente.

c. **Aceros rapidos**. En la cuspide estan los aceros de alta velocidad, o aceros rapidos HSS , usados en su mayoría para herramientas de corte de metales en maquinas herramientas convencionales, y también en matrices de corte y embutido de alta producción.

En nuestro medio tenemos 03 distribuidores de aceros especiales de fabricación extranjera Aceros del Peru que distribuye aceros Assab de origen sueco, Bohler del Peru que distribuye aceros de Origen austriaco y ACEPESAC aceros de alemania.

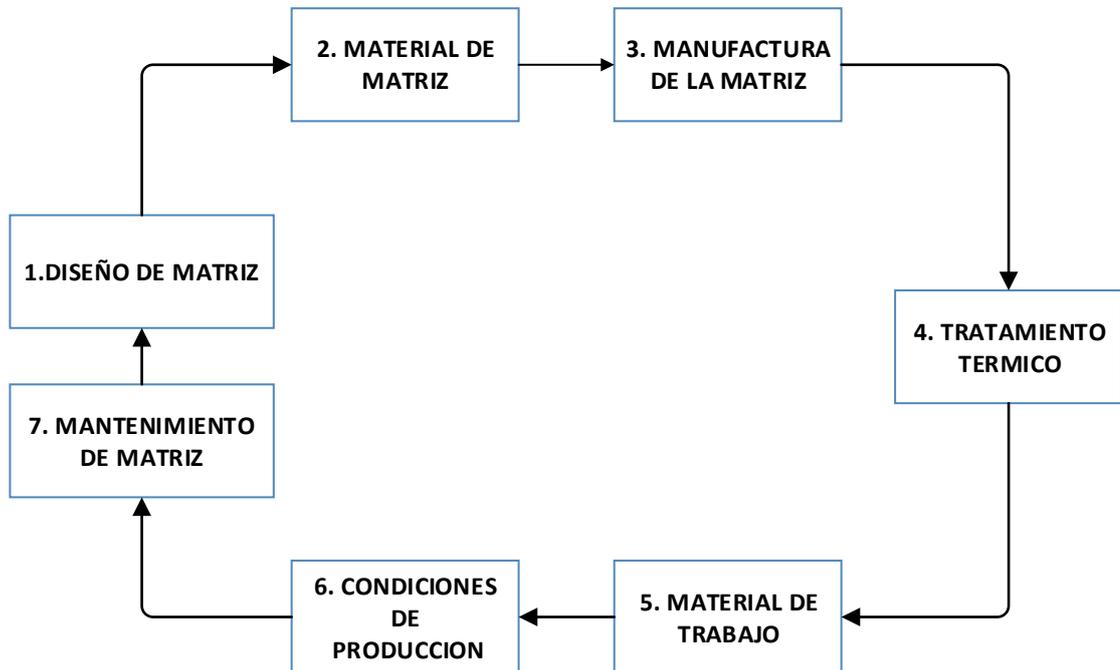


Ilustración 9 El acero en la producción por matrices

Fuente: ASSAB.

2.8. Prensas para embutición.

Prensas mecánicas, son máquinas herramientas cuya característica es la entrega de grandes cantidades de energía (Fuerza x recorrido) de forma controlada, es utilizada para la mayoría de las operaciones de trabajo en frío.

Consiste de un bastidor que sostiene una bancada y un carro, una fuente de potencia, y un mecanismo para mover el carro linealmente y en ángulos rectos con relación a la bancada. La prensa debe estar equipada con matrices y punzones diseñados para ciertas operaciones específicas.

La mayoría de operaciones de Formado, Doblado, Punzonado, Embutido y Cizallado, se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan matrices y punzones adecuados.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del carro, más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente, se pueden obtener bajos costos de producción.

Tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación en la manufactura de piezas para automóviles y aviones, artículos de ferretería, juguetes y utensilios de cocina. Las prensas mecánicas se clasifican en prensas de simple efecto, doble efecto y triple efecto

2.8.1. Prensas mecánicas de simple efecto.

Las prensas que tienen un solo carro, que efectúa la bajada del punzón en la matriz, para ejecutar la operación de corte o embutido reciben el nombre de prensas de simple efecto. Básicamente están constituidas por la consola de alta rigidez con nervios que le permitirán resistir las deflexiones que se podrían producir por sobrecargas en el trabajo, sobre el cual están montados el tornillo de regulación que tiene por objeto centrar la carrera de la bajada del carro en el extremo que está conectado con el carro tiene una esfera que le permite acomodarse cuando el carro recorre su ciclo de bajada y subida.

El embrague que permite efectuar el disparo solo cuando se acciona los mandos y el freno que le permite parar su recorrido en la posición requerida, se usa básicamente cuando se está poniendo a punto la matriz y se regula la profundidad de la bajada del punzón y la longitud de la carrera que es regulable por medio de la bocina excéntrica.

La volante que es la que acumula la energía y permite aportar fuerza al carro en su recorrido, está hecha de fundición gris, y es movido por el motor eléctrico a través de faja planas o trapezoidales.

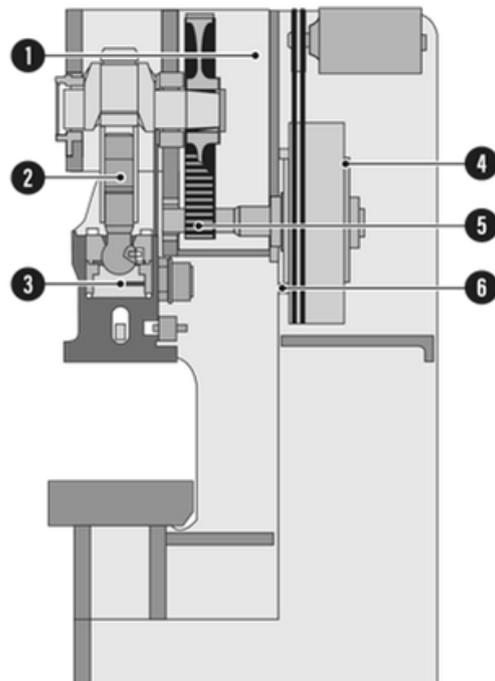
La mesa de trabajo sobre el cual se posiciona la matriz que es sujeta por medio de tornillos, bridas y con calzos de altura, cuando previamente la matriz ha sido centrada por el esparrago o centrador en el agujero porta esparrago del carro de la prensa.

Engranaje y piñón, que le permite reducir la velocidad de bajada del carro sobre todo en casos de embutido profundo que tiene riesgo de producir roturas y desgarros.

Los mandos que están ubicados frente al operador en parte inferior de la mesa, que son electromecánicos con protección a equivocaciones de parte del operador de la prensa.

Sistemas de protección contra accidentes tienen la mayor parte de las prensas, por cuanto las normas de seguridad en la actualidad son más exigentes, que ocasionaría sanción económica y penal a los responsables de seguridad y salud en el trabajo de la empresa donde sucediera accidentes de trabajo.

Accesorios como el colchón neumático para control del flujo del material y para eyección del producto también son incorporados a la prensa mecánica de simple efecto, y en algunos casos se incorporan el alimentador automático para que el material sea procesado por la matriz, en ellas la mano del operador solo se verifica cuando se instala el material y cuando hay fallas de funcionamiento, en este caso el material se provee en bobinas preparadas expresamente.



PARTES PRINCIPALES

1. Consola de alta rigidez para minimizar deflexión.
2. Tornillo y muñón conectados.
3. Sistema de protección hidráulico contra sobrecarga.
4. Embrague y freno.
5. Engranaje y piñón templados.
6. Volante

+
Ilustración 10. Esquema de prensa mecánica de simple efecto

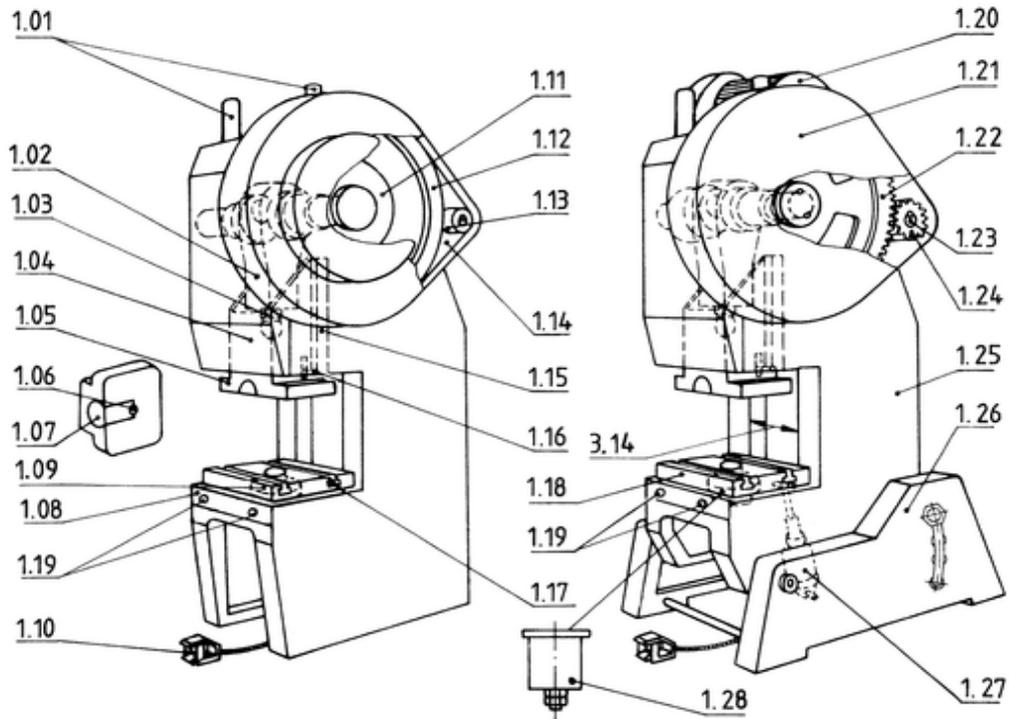
Fuente: BLISS.

2.2. Términos relativos a la operación de la máquina Ver tabla 11

Nro.	Español
2.01	Ajuste de la carrera: Mecanismo para variar la carrera de la corredera.
2.02	Pulgadas; correr: para mover el dispositivo en pasos pequeños (para fijar la matriz)
2.03	Solo golpe: La reciprocidad individual del carro desde reposo.
2.04	Movimiento continuo: La automática reciprocidad repetida del dispositivo.
2.05	Mando a dos manos: Control para iniciar una carrera, requiere ambas manos del operador.
2.06	Dispositivo de seguridad: Dispositivo de protección, para eliminar o reducir el peligro.
2.06.01	Sobrecarga de disparo: Medio de limitación de la fuerza ejercida en el tobogán.
2.06.02	Anti repetición de disparo: Medio para prevenir una repetición no deseada.
2.06.03	Guarda fotoeléctrico: Haz de luz dispuesta como cortina para detectar a través de la abertura entre el operador y las partes peligrosas de la maquina con un detector fotoeléctrico asociado.
2.07	Guarda: Barrera física para prevenir o reducir el acceso a un punto o zona de peligro.
2.07.01	Gacheta: Guarda con una parte móvil conectada a la maquina controla de modo que se evita el acceso a la zona de peligro durante la operación de la máquina.
2.08	Punto muerto superior: Límite superior de la corredera en su recorrido para un ajuste dado.
2.08	Punto muerto inferior: Límite inferior de la corredera en su recorrido para un ajuste dado.

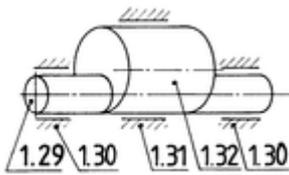
Tabla 10. Términos relativos a operación de la prensa I.

Fuente: ISO



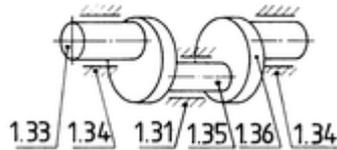
Flywheel press
Prensa de volante directa

Gear-driven press
Prensa de engranajes

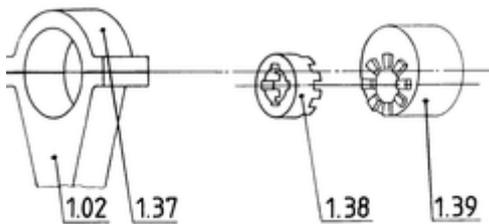
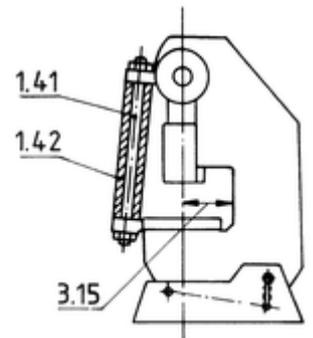


Fixed-stroke eccentric
Arbre à excentrique à course fixe

(For presses with the eccentric shaft mounted left-right, see figure 2)
(Pour les presses à arbre monté de gauche à droite, voir figure 2)

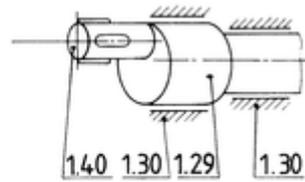


Fixed-stroke crank
Vilebrequin à course fixe



Eccentric for adjustable stroke

Bocina excéntrica para regular carrera.



Para las prensas con eje excéntrico adelante y volante posterior, ver figura 3

Ilustración 11. Partes principales de prensa mecánica

Fuente: ISO.

N°	DENOMINACION
1.01	Contrapeso carro.
1.02	Biela.
1.03	Tornillo de ajuste del carro.
1.04	Dispositiva.
1.05	Brida del carro.
1.06	Agujero del vástago.
1.07	Abrazadera del vástago.
1.08	Mesa.
1.09	Anillo postizo / bancada.
1.10	Pedal.
1.11	Embrague / freno.
1.12	Volante.
1.13	Polea del motor.
1.14	Correa/faja.
1.15	Guía del carro.
1.16	Barra de percusión positiva.
1.17	Ranura en T.
1.18	Bancada / reforzar.
1.19	Interruptores de control a dos manos.
1.20	El motor de accionamiento.
1.21	Guarda engranaje / guarda volante.
1.22	Engranaje principal.
1.23	El árbol de accionamiento.
1.24	Piñón.
1.25	Consola.
1.26	Soporte.
1.27	Mecanismo Inclinado.
1.28	Cojín neumático.
1.29	Eje excéntrico.
1.30	Cojinete principal eje excéntrico.
1.31	Cojinete de biela.
1.32	Excéntrico.
1.33	Cigüeñal.
1.34	Cojinete principal del cigüeñal.
1.35	Muñón.
1.36	Manivela de web.
1.37	Tapa de la biela.
1.38	El anillo de cierre.
1.39	Casquillo excéntrico.
1.40	Pin excéntrico.
1.41	Tirante.
1.42	Barra de acoplamiento espaciador.

Tabla 11. Términos relativos a operación de la prensa II.

Fuente: ISO.

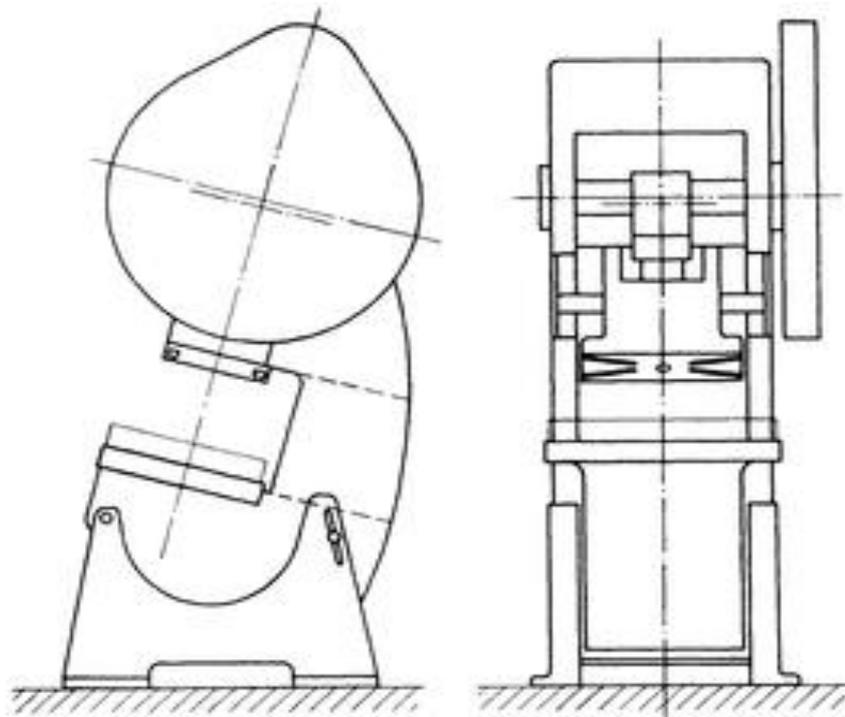
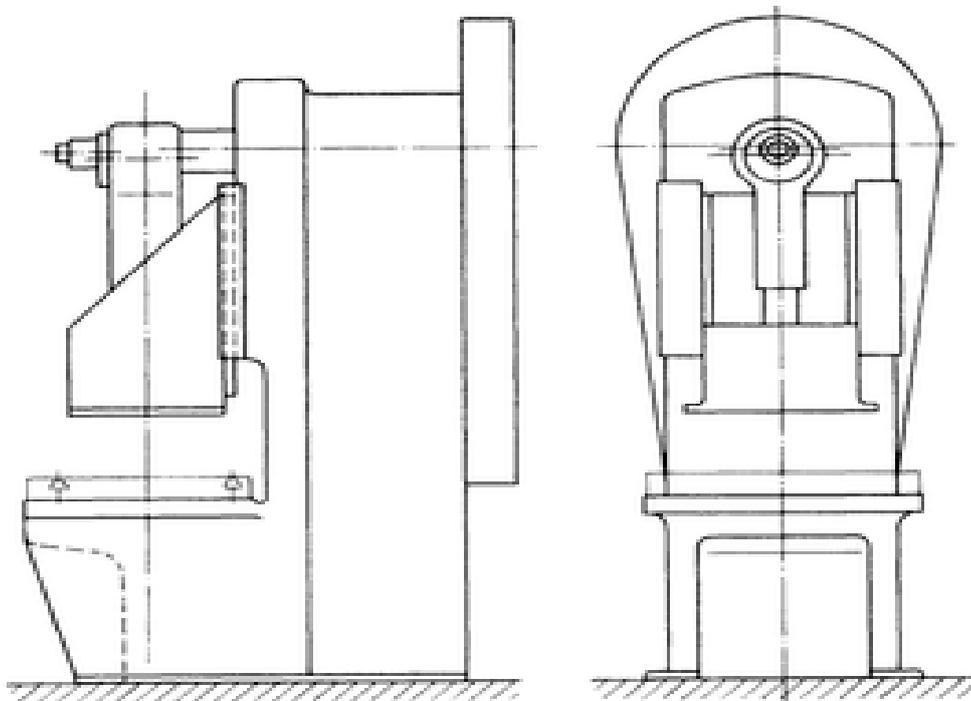


Ilustración 12 Prensa con eje excéntrico adelante y volante posterior

Fuente: ISO



Términos relativos a las especificaciones de la máquina Ver figura 25 y la tabla 13

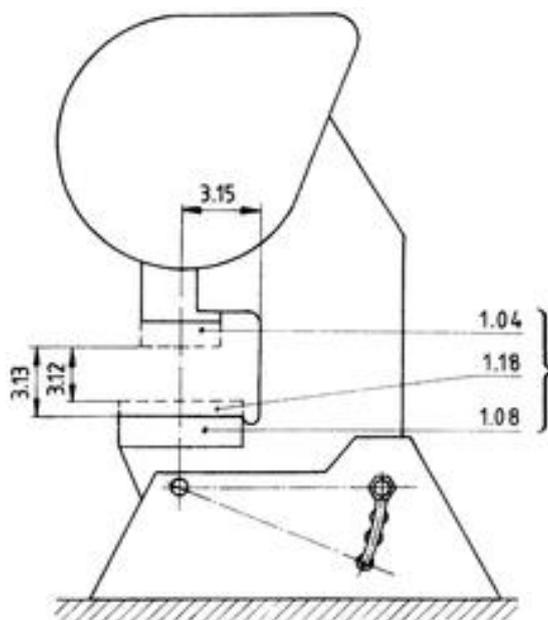


Ilustración 25. Disposición típica de la prensa.

Fuente: ISO.

Nro	Español.
3.01	Fuerza nominal F_n máxima fuerza de presión admisible en el límite inferior de la carrera, con la frecuencia requerida en una determinada distancia (fuerza nominal h_n , sin dañar la prensa.
3.02	Fuerza nominal de la carrera distancia máxima por encima de la parte inferior de la carrera del carro, desde cuyo punto la fuerza nominal F_n hacia abajo puede actuar con la frecuencia requerida sin dañar la prensa. La fuerza nominal F_n y la fuerza nominal h_n . Indica la calidad de la unidad.
3.03	Rango de velocidad variable. Los límites inferiores y superiores de carreras por minuto.
3.04	Carrera del carro. Distancia entre el límite superior e inferior de los puntos muertos.
3.05	Longitud de carrera. Valores de los límites superiores e inferiores de la carrera del carro.
3.06	Regulador de la posición de la carrera: Provisto para el montaje de la prensa. Sin afectar la carrera.
3.07	Área de la mesa, Provisto para el montaje de la matriz.
3.08	Abertura de la mesa. Agujero de la mesa, provisto para la descarga de los productos.
3.09	Mesa auxiliar. Previsto para el montaje del conjunto inferior de la matriz.
3.10	Desfogue de mesa auxiliar: provisto para descarga de productos o trabajo de las candelas del cojín.
3.11	Altura de cierre e_1 Distancia de la superficie de la placa base a la superficie de deslizamiento, medido con la carrera máxima variable, golpe bajo y ajuste deslizante hacia arriba.
3.12	NOTA 1. Altura de la matriz, es la distancia entre la placa base y placa deslizante.
3.13	Mesa para deslizar la distancia e_2 Distancia de la superficie de la placa base a la superficie de deslizamiento, medido con la carrera máxima variable, golpe bajo y ajuste deslizante hacia arriba.
3.14	Abertura de bastidor. Ancho del vano a través del bastidor, para la extracción de la pieza.
3.15	Cuello. Distancia de la línea de eje del porta esparrago al borde del cuello cercano a la zona de trabajo.

Tabla 12. Términos relativos a operación de la prensa III.

Fuente:ISO.

2.8.1.1. Dispositivos para control de flujo del metal.

Cuando se usa una prensa de simple efecto para las operaciones de embutido, es importante la aplicación de presión a la prensa chapa para controlar el flujo del metal. La aplicación de presión a la lámina de metal a ser embutido, es una de las características de la prensa de doble efecto. Las prensas de acción simple carecen de esta característica y, por lo tanto, requieren un equipo adicional de retención

Las matrices a veces se construyen con un soporte en blanco que utiliza resortes de compresión, cilindros de aire o cilindros de nitrógeno de alta presión para suministrar la presión de retención. Esto aumenta enormemente el costo del dado. Un cojín de prensa puede servir a cada dado con este requisito, reduciendo el costo de las herramientas.

2.8.1.2. Cojin neumatico.

Este tipo de cojín de matriz se suministra con aire comprimido. Un diseño de colchón neumático normalmente utiliza uno o dos pistones y cilindros. La capacidad recomendada de un colchón de troquel es aproximadamente del 15% al 20% del tonelaje de prensa nominal. El tamaño de la abertura de la cama de prensa limita el tamaño, el tipo y la capacidad del colchón.

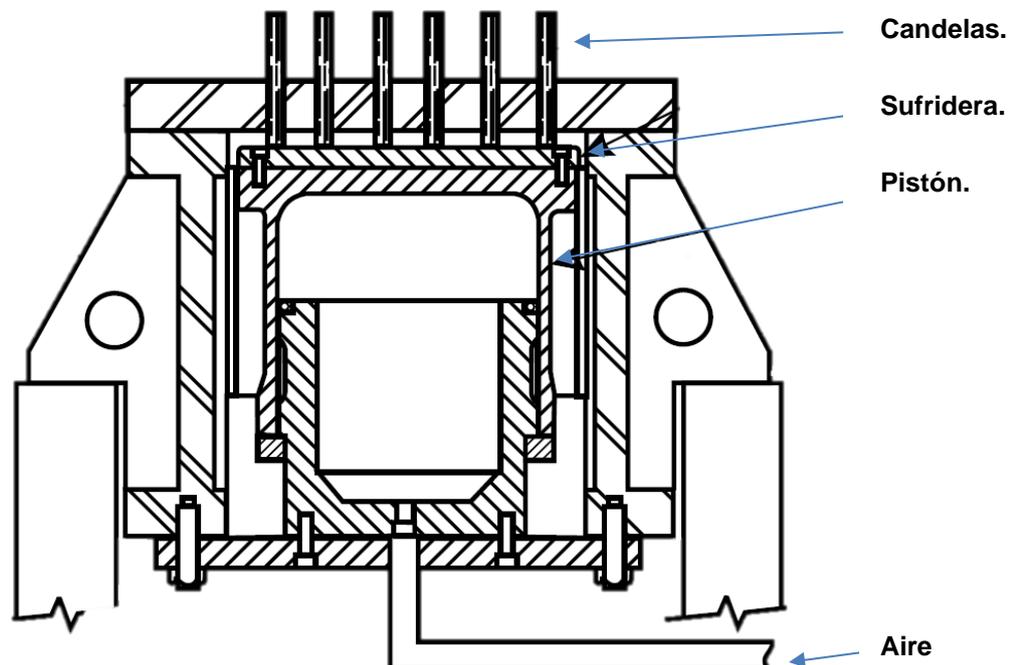


Ilustración 26. Colchón neumático de prensa

Fuente: *Fundamentals of tool design. Nee. G*

En la Figura 26 se muestra una disposición esquemática de un cojín neumático para prensa mecánica. Esta ilustración muestra un cojín de tipo invertido en el que el movimiento hacia abajo del soporte sólido, a través de pasadores de presión, fuerza el cilindro contra un cojín de aire dentro del cilindro, y mueve el devuelva el aire al tanque de compensación (no se muestra). Los componentes

externos, como el tanque de compensación, el regulador y el manómetro, son esencialmente idénticos en función a un sistema de contrapeso de prensa. En la carrera ascendente, el aire en el tanque de compensación regresa al cilindro. Otros diseños funcionan sin tanques de compensación.

Es muy importante cargar el cojín de manera uniforme para evitar el desgaste prematuro y la falla del cojín. El diseñador del troquel debe incorporar candelas de equalización en la zapata inferior si es necesario para lograr la equalización de carga. A menudo, los bloques del talón superior pueden accionarlos. En algunos casos, se pueden unir conductores especiales de pasadores hechos de tubos estructurales a la corredera para accionar pasadores de igualación. Se debe considerar la seguridad del operador al realizar esta operación porque se crean puntos de pellizco adicionales.

Para evitar problemas de prensa y troquel, es de suma importancia que se usen los pasadores de longitud correcta. En el dibujo y otras operaciones críticas, un pasador que es 0.060 pulgadas (1.5 mm) más largo que los demás puede causar fácilmente una parte arrugada o fracturada. Cuando se encuentran problemas, y el ajuste de presión se encuentra correcto, los pasadores deben medirse cuidadosamente con un micrómetro o un calibrador a vernier. Este paso determinará si son de la misma longitud. Si los pasadores tienen la misma longitud, se pueden volver a insertar en los orificios del pasador de refuerzo y verificar con un indicador de carátula como se muestra en la Figura 24.

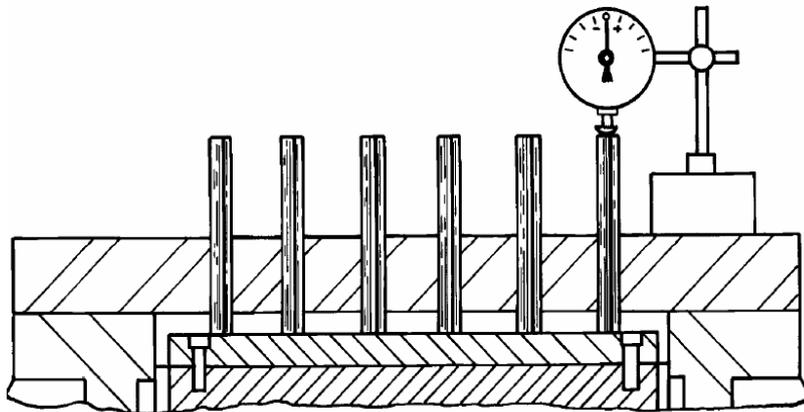


Ilustración 13. Control de alturas de candelas.

Fuente: Fundamentals of tool design. Nee. G

Si se encuentra una variación en la longitud, probablemente se deba a depresiones desgastadas de manera desigual en la parte superior de la placa de desgaste del pistón o el cojín está dañado. La rectificación puede reparar la placa de desgaste.

Los agujeros del pasador de refuerzo se harán más grandes con el uso. Si esto ocurre, se pueden fabricar bujes endurecidos y usarlos para reparar los agujeros desgastados. En general, esta es una solución permanente. El dado también puede ser una fuente de dificultad. Con un uso prolongado, los pasadores pueden usar depresiones desiguales en la parte inferior de los anillos de arrastre, almohadillas y subplacas.

2.8.2. Factores a considerarse para seleccionar la prensa adecuada.

Para seleccionar la prensa adecuada se debe considerarlo siguiente:

- a). El total de las fuerzas que concurren en el proceso de producción, ello nos permitirá identificar la capacidad de la prensa adecuada, pero a ello habría que agregar que solo los 2/3 de la capacidad de la prensa debe utilizarse para alargar la vida de prensa y mantener la perpendicularidad de la baja del carro y el paralelismo del pisón con respecto a la mesa de la prensa.
- b). La longitud de la carrera del carro, que debe ser mayor a la longitud de bajada del carro, que a su vez será lo necesario para producir el componente, en este caso la altura del componente es el referente.
- c). Las dimensiones de la mesa, que le permitirán sujetar la matriz con seguridad, así mismo le permitirá al operador la alimentación del material (banda) en la matriz.
- d). La velocidad de bajada del carro que tendrá que ser compatible con la velocidad de embutición del material a ser embutido. Altas velocidades podrían ocasionar roturas o desgarros en el componente embutido, bajas velocidades incrementaran el costo de producción del componente.

2.9. Lubricantes para embutición de láminas de metal.

Al embutir láminas de metal, se desarrollan esfuerzos que solicitan enérgicamente a las fibras del metal, presentándose durante el proceso, fuertes resistencias de fricción en la chapa que se está embutiendo, el punzón y la matriz. Por esto es necesario el lubricante que ayude a refrigerar y deslizar el metal en la matriz sin que se genere rayaduras y arrugas. La lubricación del cospel y componentes a ser embutidos tienen un doble propósito:

1. Proteger el componente contra rozamiento, que origina rayaduras y arrugas.
2. Proteger el útil del embutido para así aumentar su vida.

De este doble propósito se concluye que no siempre el lubricante más barato es la solución más económica si se perjudica la vida del útil. El lubricante, para ejercer su acción de tal, debe cumplir con la función de separar las superficies de la pieza y de la matriz. Según E. Arango de ASTIN. SENA. Esta función la cumple el lubricante de dos formas:

1. Por atracción física debido a las fuerzas de Van Der Waals (Adsorción).
2. Por ataque químico de las superficies. Como es lógico suponer, la segunda forma es más fuerte que la primera y es utilizada en extremas presiones.

2.9.1. Tipos de lubricantes para embutición.

Para elegir el producto adecuado, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

A. Tipo de material del componente a embutirse, depende del coeficiente de rozamiento entre pieza y matriz y el ataque o adsorción respectivos.

B. Dificultad de la embutición. La dificultad viene medida por la reducción total llevada a cabo, esto es la relación entre la medida inicial y salida final. Si denotamos "D" el diámetro del desarrollo y "d" el diámetro final de la pieza, la reducción total se define como:

$$R = \frac{D-d}{D} \quad (26)$$

Si $R < 0.40$ La embutición es ligera.

Si $0.60 > R > 0.40$ La embutición es media.

Si $R > 0.60$ La embutición es profunda.

Entre mayor sea la reducción, mayores son las presiones y esfuerzos y por supuesto, mayor la función de separación del lubricante.

C. Protección antioxidante. Si las piezas van a ser almacenadas largo tiempo o van a ser tratadas superficialmente, el lubricante debe poseer buena acción antioxidante.

D. Forma e intervalo de desengrase. Si la pieza es atacada químicamente por el lubricante, para poder cumplir su función, (como ocurre con los lubricantes sulfurados, clorados, grafitados, etc.), es importante prever la forma, el medio y el intervalo del desengrase para no encarecer el producto final, este factor es crítico en embuticiones profundas. Si existen recocidos intermedios, la capa es dañada y puede producirse corrosión.

La Tabla que se muestra a resume los lubricantes con buen resultado práctico de acuerdo a la clase de material y la medida del esfuerzo.

LUBRICANTES PARA EMBUTICION

MATERIAL	Acero de bajo carbono	Acero carbono Medio. Acero de baja aleación	Acero inoxidable, Aleaciones de níquel	Aleaciones de aluminio	Cobre, Aleaciones maleables de cobre
ESFUERZO					
Ligero	Aceite mineral Graso y clorado, Jabones	Aceites minerales viscosos, jabones de sebo.	Aceite graso, jabón, aceite de embutición cloro parafinado.	Aceite mineral graso, solución de jabón, grasas y aceites para la embutición	
Medio	hidrosoluble Emulsión	Jabones para embutición hidrosolubles, Emulsiones para el embutido.	Grasa para embutición y (aleadas de cloro)	Cloro parafinado aleados de Cloro y parafina Emulsiones	
Medio	Aceites para la embutición cloro parafinado, jabón pastas jabones y aceites para la embutición	Aceites minerales viscosos aceites supergrasos, jabones grafitados	Jabones para embutición de SS (aleados de cloro parafina) grafito o Mo 52 en aceite, hoja moldeada por extrusión	Aceite graso Aceite súper graso, jabón de parafina, laminas y aceite de polietileno	Jabón, grasa, sebo, Aceites grasos.

Tabla 13. Lubricantes para embutición

Fuente: ASTIN- SENA.

Métodos de aplicación. Los métodos usados para impregnar el lubricante son

- A. Aplicación con nieblas o base de pistola pulverizante.
- B. Aplicación por media de rodillos impregnantes.
- C. Aplicación por inmersión de los blancos.
- D. Aplicación con brochas o mechas.

Otros procedimientos inherentes a la lubricación para embutir láminas de metal son:

- A. Fosfatado.
- B. Decapado.
- C. Aplicación o use de películas plásticas.
- D. Tratamiento contra la soldadura en frio.

A. FOSFATADO. El fosfatado es un proceso químico en el cual se deposita una película de fosfatos sobre la superficie de la pieza. Se utiliza generalmente en embutidos difíciles y profundos para mejorar la adherencia del lubricante usado. (según tabla 13).

B. Decapado (Mordentado). Procedimiento de ataque química que consiste en eliminar la cascarilla original de los materiales laminados en caliente o que se ha forjado debido al recocido hecho a las piezas para eliminar la acritud de Las operaciones precedentes, esta cascarilla es muy dura y daña el útil rápidamente, además causa la formación de arrugas y grietas en las piezas. El proceso también elimina el óxido causado por almacenamiento prolongado en ambientes húmedos. Para el acero son comunes las soluciones diluidas de Ácido sulfúrico o Ácido clorhídrico.

C. Aplicación de películas plásticas. En ocasiones, por requerimiento del proceso, es conveniente evitar que la pieza sufra rayaduras que posteriormente se eliminaran con costosas operaciones de acabado. En estos casos el blanco puede recubrirse con un material plástico que lo protege durante la manipulación y el proceso.

Pueden usarse dos tipos de películas.

- a. Poli vinílicos
- b. Polietilénicos

Los primeros, al tener un límite de rotura superior parecen ser apropiados, si bien los polietilénicos son de más fácil aplicación por el usuario. Debe tenerse en cuenta que cuando se utiliza plástico en la embutición, esto solo sirve para una sola operación.

El proceso es muy útil en piezas que posteriormente serán tratadas superficialmente con procesos galvánicos, (niquelado, cromado, etc.)

d. Tratamientos contra la soldadura en frío. Por soldadura en frío se entiende la adherencia del material de la pieza en el útil de trabajo. Este depósito solo es posible eliminarlo por medios abrasivos y es causante de grietas en las piezas embutidas.

Para prevenir este tipo de incrustaciones, además de una adecuada lubricación, se utilizan las llamadas "Metalizaciones" de carburo de titanio sobre la superficie de la matriz, estos carburos son más duros y aumentan el número de piezas sin que se produzca la incrustación.

Se utilizan también resinas a base de carbono y flúor que evitan el contacto metal-metal. Estos recubrimientos deben reconstruirse con cierta frecuencia.

A menudo se utilizan técnicas de cromado duro, el tratamiento se lleva a cabo con un níquelado sin corriente o a base de cromo duro propiamente dicho, formando capas de 0.05 mm. de espesor y puliéndose a continuación.

Por último citaremos el resultado experimental del exceso de lubricante. Un exceso de lubricante ocasiona la formación de arrugas, debido a demasiado resbalamiento del material, (poco agarre entre blanco y prensa chapa

La experiencia demuestra que Para lograr la **máxima** embutibilidad se debe lubricar solo el lado del desarrollo en contacto con la matriz, (lado del punzón seco). En desarrollos grandes lubricar solo la parte correspondiente a la prensa chapa.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.

3.1. Identificación de la causa raíz del problema.

Aplicando el diagrama de Ishikawa se logró identificar las causas por el cual el alto costo de fabricación de la porta cuchilla de licuadoras domesticas se mantenía, el más alto puntaje fue que el diseño del plan de fabricación de la porta cuchilla era obsoleto, debiendo plantearse un proceso de embutición más eficiente en el diseño de las matrices para producir el plato porta cuchillas de licuadora doméstica.

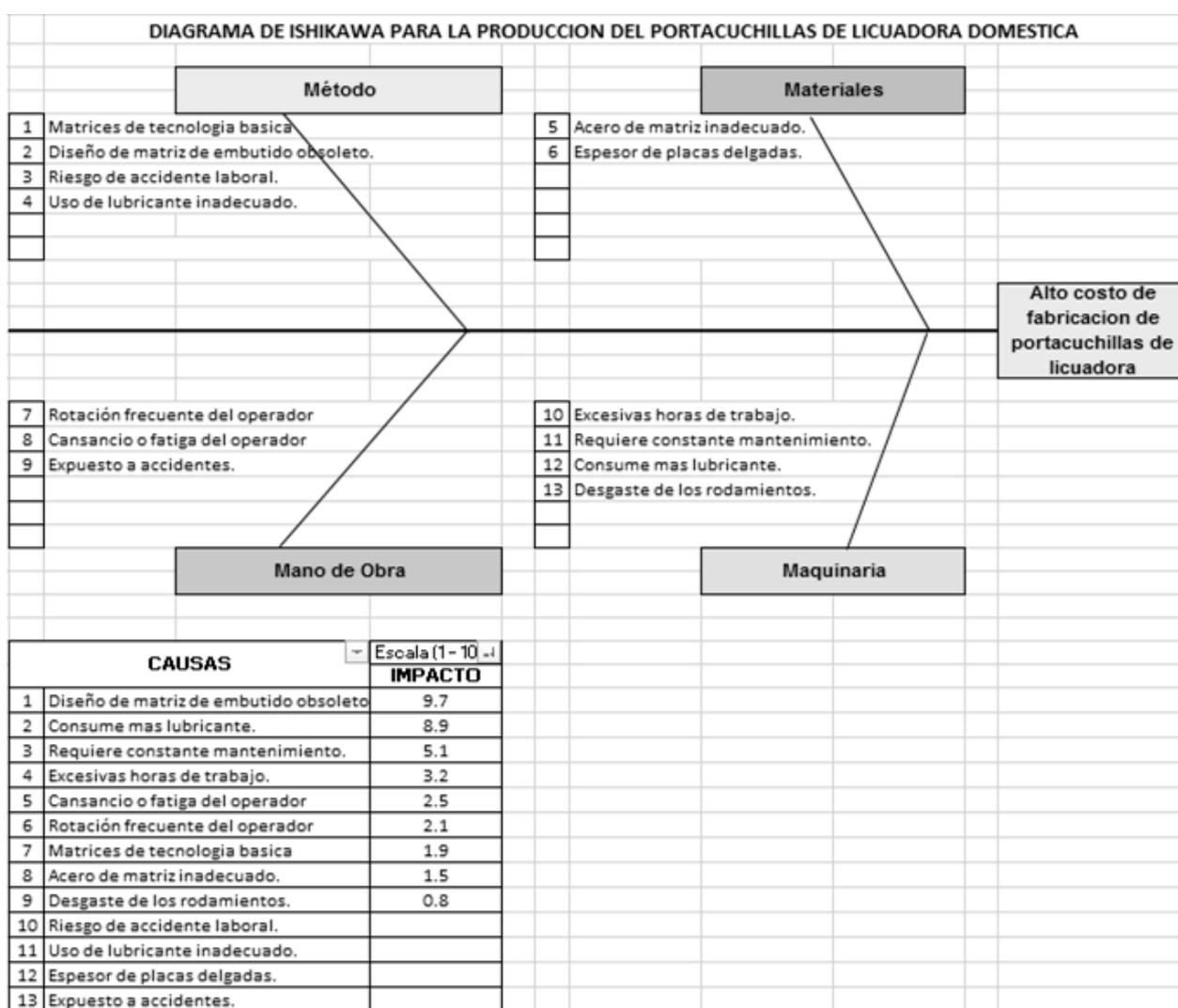


Ilustración 29. Diagnóstico de inconformidad en producción de porta cuchilla.

Fuente: Autor.

En el gráfico de barras mostrado en el Diagrama de Pareto, se mostró claramente que la causa principal de la inconformidad (alto costo de fabricacion del portacuchilla) es el inadecuado diseño

de las matrices que fabricaban el porta cuchilla de licuadora domestica, de la empresa INDUSTRIAS OVNI S.R.L. y que las demas no formidades eran a causa de la anterior matriceria, solucionando la primera causa se estarian eliminando los demas causas y el efecto podria solucionarse.

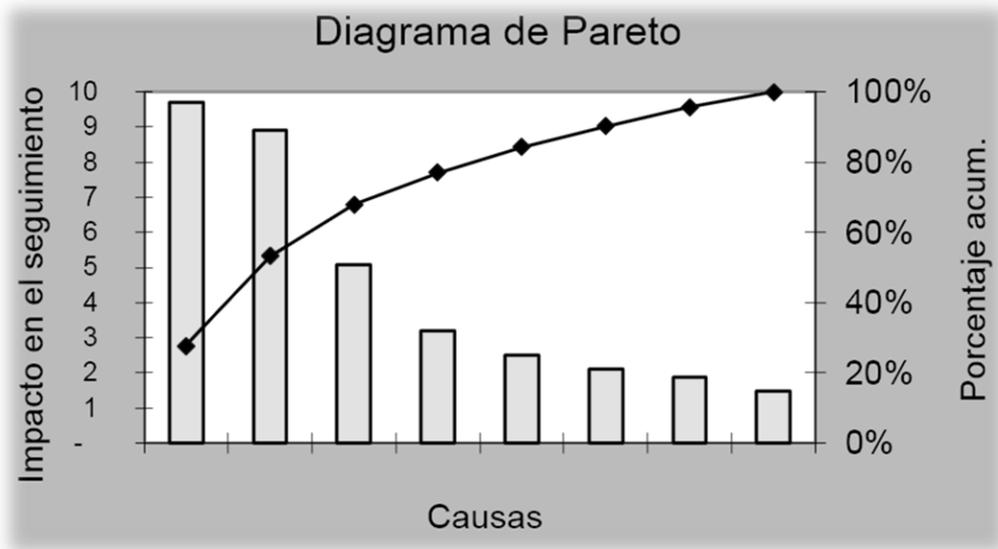


Ilustración 14. Diagrama causa –efecto producción de porta cuchilla.

Fuente: Autor.

Interpretación del diagrama de Pareto aplicado al problema de producción de la portacuchilla.

CAUSAS		Impacto	Valor en Soles	Frecuencia simple %	Frecuencia acumulada %
1	Mal diseño de matriz de embutido.	10	1,500	29%	29%
2	Consume mas lubricante.	9	1,350	26%	54%
3	Requiere constante mantenimiento.	5	750	14%	69%
4	Excesivas horas de trabajo.	3	450	9%	77%
5	Cansancio o fatiga del operador.	3	450	9%	86%
6	Rotación frecuente del operador.	2	300	6%	92%
7	Matrices de tecnología básica.	2	300	6%	98%
8	Acero de matriz inadecuado.	2	300	6%	104%
TOTAL		35	5,400		

Tabla 14. Resultado de aplicación de diagrama Pareto.

Fuente: Autor.

Se puede verificar que el inadecuado diseño de las matrices que producian la portacuchilla eran la causa de mayor impacto mereciendo el mas alto puntaje 10 y que solucionando este problema generaria solucion de las demas causas que originan el excesivo numero de horas para fabricar el componente mencionado y que redundaria en el incremento de la productividad.

Un factor que no se considero en el diagnostico, es la exposicion al riesgo laboral del operador de la prensa mecanica, en el nuevo diseño se considero este importante punto ya que las nuevas tendencias de gestion indican considerar este punto.

3.2. Actividades realizadas.

3.2.1. Planeamiento de fabricación de matriz progresiva.

Para lograr reducir el tiempo de fabricación de portacuchilla de licuadora doméstica se delinee el plan que permitiría lograr este objetivo, que consta de lo siguiente:

1. Identificar el tipo de acero inoxidable de la porta cuchillas.
2. Calcular el número de pasadas necesarias para lograr el portacuchilla de licuadora.
3. Diseñar la matriz progresiva que producirá el portacuchilla.
4. Calcular la fuerza necesaria para producir una portacuchilla.
5. Seleccionar la prensa adecuada para producir la portacuchilla.
6. Analizar la funcionalidad de la matriz, la conveniencia del diseño.
7. Establecer costo de la matriz.
8. Fabricar la matriz progresiva.
9. Efectuar control de calidad del producto.

3.2.2. Funciones que ejerció el autor en el proyecto.

Conduje todas las etapas del plan previsto, desde identificar el tipo de material adecuado para producir el portacuchilla acorde a las normas FDA y a la facilidad de fabricar el producto por medio de embutición progresiva.

En la etapa de cálculo para determinar el número de pasadas de embutición, que son los datos para determinar las dimensiones de la matriz que se diseñaría, dimensiones del anillo de embutición, de los punzones para cada pasada, de los radios de embutición y del juego de embutición.

En el diseño de la matriz, partes de la matriz, materiales de cada parte de la matriz, tratamiento térmico de cada parte, dureza que tendría las partes endurecidas. Elementos de unión, tornillos pasadores de ajuste, elementos de guía, columnas y bocinas guías, etc.

Calculo de las fuerzas necesarias para producir un componente por medio de la matriz diseñada, velocidad de embutición y demás detalles, para poder seleccionar la prensa adecuada que trabajaría con la matriz diseñada.

Establecer los costos de la matriz progresiva considerando las horas hombre, horas máquina, costos fijos, costos variables y los impuestos de ley.

En la fabricación he supervisado todo el proceso de mecanizado, he dirigido el montaje y la prueba de funcionamiento de la matriz y las rectificaciones que eran convenientes para su adecuado funcionamiento.

Supervise el montaje de la matriz en la prensa, las pruebas de la matriz produciendo las portas cuchillas y dando la conformidad.

En control de calidad, verifique las dimensiones lineales, acabado, tolerancias geométricas como concetricidad y perpendicularidad del portacuchilla.

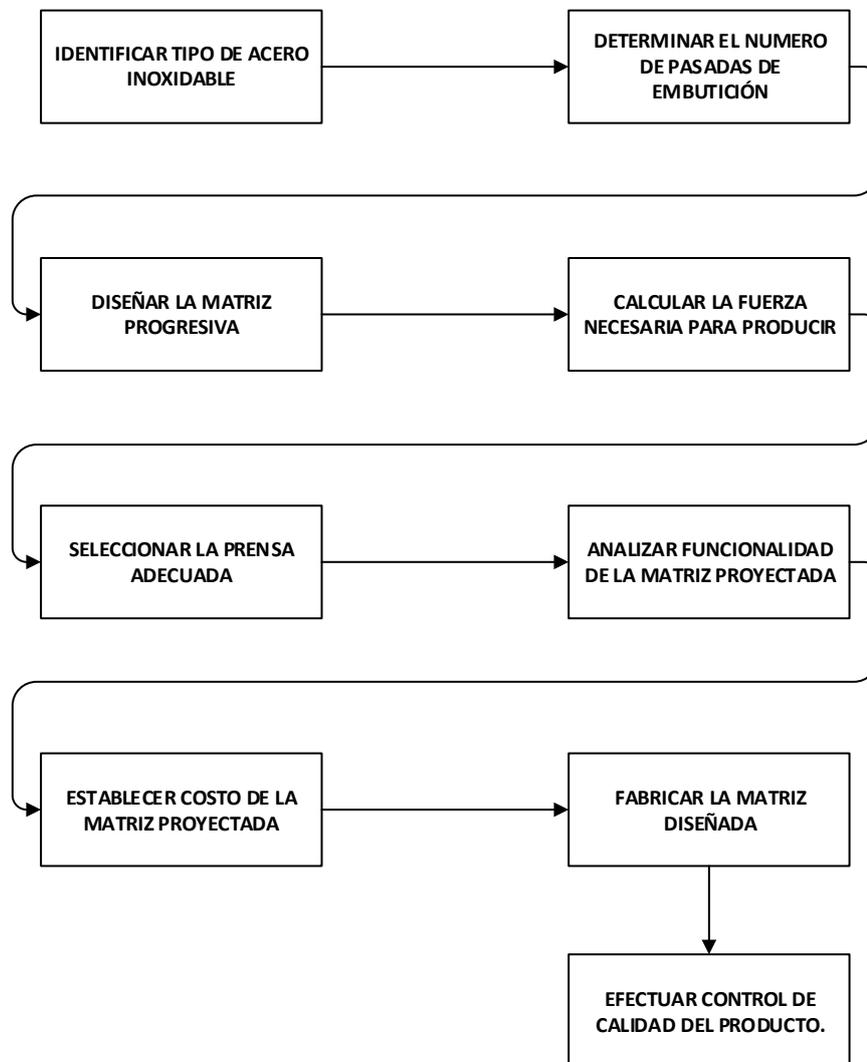


Ilustración 15. flujograma del proceso de manufactura de matriz.

Fuente: Autor.

3.2.3. Diseño de la matriz progresiva y combinada.

Quedando establecido la necesidad de diseñar matrices bajo un nuevo enfoque, cuya condición esencial sea productivo y eficiente, si es posible fuera una sola matriz que efectuara lo que hacía 09 matrices; se comenzó a estudiar los componentes producidos para encontrar donde estaban las fallas de diseño y en base a las observaciones halladas se plantearía el nuevo diseño de las matrices que en un inicio se asumió que debía ser una sola matriz. Los hallazgos encontrados fueron los siguientes:

3.2.3.1. Hallazgos encontrados:

Los embutidos tuvieron un comienzo erróneo, se comenzaba a reducir los diámetros desde el desarrollo del componente, debiendo haber comenzado desde el área de deformación, ello ocasionaba todos los demás problemas: tiempo de fabricación, riesgo de accidentes laborales, incremento de los costos de producción y escasa rentabilidad. El comenzar la reducción de diámetros desde el área de deformación disminuye el número de pasadas y también la fabricación de matrices

Las matrices anteriores estaban diseñadas con tecnología básica. Se concluyó que tendría que hacerse una nueva Matriceria, por ello se comenzó a planificar la matriz progresiva de corte y embutido que reemplazaría a las 09 matrices, se inició el cálculo de las dimensiones principales de los nuevos punzones y anillos de embutición.

3.2.3.2. Limitaciones encontradas:

Hechos los estudios preliminares y el layout correspondiente de la nueva matriz combinada que reemplazaría a las matrices anteriores, se encontró que era de dimensión larga (645 mm) con el guiador de la plancha (110 mm) hacían un total de 775 mm, la mesa de la prensa que tiene la empresa es de 698 mm, no adecuado para un trabajo seguro y eficiente. Además, que el peso (258 kg) dificultaría la manipulación y el transporte de la citada matriz.

Razón por el cual se optó por hacer dos matrices, una progresiva de corte y embutición y otra combinada que efectuase el calibrado de los agujeros 15,6 y 9 mm y el recorte final, que tendrían que ser concéntricas para asegurar un buen funcionamiento del portacuchilla.

Con esta decisión se permitía ahorrar en la compra de una prensa mecánica cuyo costo en el mercado es alrededor de los \$ 30 000.00 (treinta mil dólares USA)

3.2.4. Calculo del cospel.

Para comenzar el proceso del diseño de la matriz de embutido lo primero que se hizo es, calcular el diámetro del desarrollo o cospel del cual se obtendrá el componente embutido, aplicando el método de igualación de áreas, según el plano del componente, se identificó las áreas conocidas y aplico la fórmula que nos permitió obtener el diámetro del cospel, a partir del cual se inicia todo el proceso de diseño de la matriz.

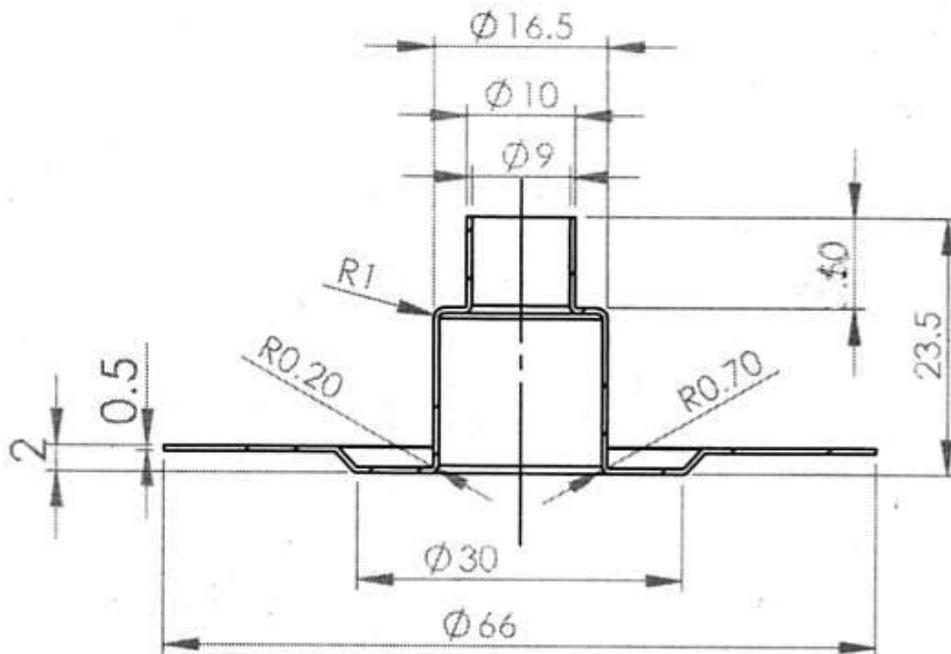


Ilustración 16. Plano del portacuchillas en corte

Fuente: Autor.

Desarrollo del disco

Igualando las áreas, se tendrá que:

$$\text{Area del Desarrollo} = \text{area1} + \text{area2} + \text{area3} + \text{area4} + \text{area5}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h_1 + \frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_2 h_2 + \frac{\pi d_3^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4} \quad (79)$$

Despejando tenemos que la fórmula para obtener el desarrollo de este componente es:

$$D = \sqrt{d_3^2 + 4(d_1 * h_1 + d_2 * h_2)}$$

$$D = \sqrt{66^2 + 4(10 * 10 + 16.5 * 14.5)}$$

$$D = \mathbf{75.6 \text{ mm}}$$
 (diámetro del disco que servirá porta cuchilla de licuadora)

Desarrollo del área deformada:

$$Dd = \sqrt{d^2 + 4(d_1 * h_1 + d_2 * h_2)}$$

$$Dd = \sqrt{16.5^2 + 4(10 * 10 + 16.5 * 14.5)}$$

$$Dd = \mathbf{40.4 \text{ mm}}$$

3.2.5. Calculo de la reducción de diámetros.

Los diámetros del componente obtenidos en cada paso del embutido, se calculó considerando el coeficiente de embutición que corresponde a cada tipo de material a ser embutido, en este caso el acero inoxidable austenítico del tipo AISI 304, cuyo coeficiente de embutición es: 0.55 para la primera pasada y 0.8 para las siguientes pasadas,

PASADAS	CALCULADA	CORREGIDA	OBSERVACIÓN
$d1 = m1 * D$	$0.55 * 40.4 = 22.2$	23.0	Diámetros 16.5mm y 10.0 mm se harán en la 5ta pasada, para asegurar la concentricidad y la precisión de los agujeros que alojaran a las bocinas de bronce, que servirán de guía al vástago de las cuchillas.
$d2 = mn * d1$	$0.8 * 22.2 = 17.8$	19.0	
$d3 = mn * d2$	$0.8 * 17.8 = 14.2$	15.5	
$d4 = mn * d3$	$0.8 * 14.2 = 11.4$	12.5	
$d5 = mn * d4$	$0.8 * 11.4 = 9.2$	10.0	

Tabla 15. Dimensiones de anillos de embutición.

Fuente: El autor.

Las correcciones se hacen para evitar la posibilidad de riesgo de rotura o rayaduras del componente embutido por la probable adquisición de acritud, por ello se incrementa algunos decimas de milímetro para disminuir la severidad de la reducción de diámetro, también para facilitar la fabricación de la matriz (es más fácil fabricar el punzón que la matriz, por cuanto medir agujeros precisos requiere mayor cuidado, escariar agujeros es más fácil y rápido, no requiere medirse por cuanto hay la garantía que el agujero saldrá preciso si el escariador está en buen estado.

3.2.6. Calculo del juego de embutido.

Aplicando la fórmula de Kasmareck mostrada en el marco teórico se obtiene los radios de la matriz y de los punzones.

$$W = e + 0.07\sqrt{10} e \text{ aplicable para láminas de aceros}$$

$$W = 0.5 + 0.07\sqrt{10} * 0.5$$

$$W = 0.6565 \text{ mm.}$$

Este valor obtenido tendrá que ser redondeado hacia abajo para facilitar su medición (no existen instrumentos con alcance de más de dos decimales. Por ello se tomará $W = 0.65$ mm. El juego podrá medirse con el calibrador de espesores o por la diferencia media del diámetro de la matriz y el diámetro del punzón,

3.2.7. Determinacion de dimensiones de la matriz y los punzones.

Este valor obtenido servirá para definir las dimensiones de los punzones de embutido de las cinco pasadas de la matriz progresiva, cuyos valores se muestran en la tabla adjunta, con los demás valores que servirán de base para diseñar la matriz progresiva.

Teniendo los diámetros de la matriz de embutido podrán definirse los diámetros de los punzones por la siguiente relación:

$$d1 = D1 - 2W$$

Las medidas de la matriz y el punzón de cada pasada (cinco) serán las siguientes:

PASADA	MEDIDAS		OPERACION	RADIOS	
	MATRIZ	PUNZON		"R"	"r"
1	23.0	21.7		2.5	2.0
2	19.0	17.7		2.0	1.5
3	15.5	14.2	Calibrado	2.0	1.5
4	12.5	11.2		1.5	1.0
5	10.0	8.7	Calibrado	1.0	0.5
Matriz	Progresiva		Combinada		

Tabla 16. Medidas de los anillos, punzones y radios de embutición. Fuente: autor

En el quinto embutido se hará el calibrado del diámetro 10 y 16.5 para garantizar la concentricidad de los agujeros en el cual se alojarán los bujes de bronce fosforoso que albergarán al vástago que llevan las cuchillas, esto se efectúa en la matriz combinada.

3.2.8. Determinacion de los radios de embutido de la matriz y el punzón.

Se determinan las dimensiones de los radios de embutición (matriz y punzón) aplicando la fórmula 12. para la primera pasada y la fórmula 14. para las siguientes pasadas:

Radios de la matriz

$$R1 = 0.8\sqrt{(40.4 - 23)0.5} = 2.36 \text{ redondeado seria } 2.5 \text{ mm}$$

$$R2 = \frac{23-19}{2} = 2 \text{ mm}$$

Se sigue el mismo procedimiento hasta obtener el radio de la matriz de la última pasada.

3.2.9. Fuerzas que intervienen en la producción del componente embutido.

Las fuerzas que intervienen en la matriz progresiva que produce el portacuchilla de licuadora son: fuerza de corte y sus auxiliares, la fuerza de embutido y sus auxiliares.

3.2.9.1. Fuerzas de corte

Las características mecánicas de la plancha de acero inoxidable AISI 304 son:

Resistencia al corte del acero inoxidable AISI 304 $R_c = 52 \text{ kp/mm}^2$

Resistencia a la tracción del acero inoxidable AISI 304 $R_t = 65 \text{ kp/mm}^2$

Punzón de paso. $78 + 2(2) = 82 \text{ mm}$

Diámetro del desarrollo. $D = 75.6 \text{ mm}$

Diámetro de trabajo $d = 76 \text{ mm}$

FUERZA DE CORTE	$F_c = p * e * r_c$	$F_r = F_c * 0.3$	$F_e = F_c * 0.5$	$F_{ct} = F_c + F_r$
Punzón de paso	2132.0	639.6	1066.0	2771.6
Diámetro de trabajo	6207.8	1862.3	3103.9	8070.1
Fuerzas Totales	8339.8	2501.9	4169.9	10841.7

Tabla 17. Fuerzas de corte en la producción de la porta cuchilla.

Fuente: autor.

3.2.9.2. Fuerza de embutido.

Se determinó aplicando la fórmula N 24 que es un valor para poder seleccionar la prensa adecuada que producirá el portacuchilla en la matriz progresiva. En este caso no se considera la fuerza de extracción, pues se presenta cuando el carro está de vuelta a su posición original.

La fuerza total de embutido (F_{et}) es la sumatoria de las fuerzas de embutido y de fuerza necesaria para la prensa chapa.

$$F_{et} = F_{em} + F_{pc}$$

Pasada	$F_{em} = p * e * R_t * \alpha$	$F_r = F_{em} * 0.3$	$F_{pc} = 0.785(D_2 - d_2) * 0.2$	$F_{et} = F_{em} + F_{pc}$
1ra	2348.3	704.5	823.8	3172.1
2da	1939.9	582.0	712.6	2652.6
3ra	1582.6	474.8	405.6	1988.2
4ta	1276.3	382.9	680.2	1956.5
5ta	1021.0	306.3	668.2	1689.2
Totales	8168.2	2450.4	3290.5	11458.6

Tabla 18. Fuerzas de embutición en la producción de la porta cuchilla.

Fuente: autor.

3.2.9.2. Fuerza necesaria para producir un componente.

La fuerza necesaria que producirá el componente es.

$$F_{ct} + F_{et} = 10841.7 + 11458.6 = 22\ 300.4 \text{ kilos fuerza (Kf)}$$

$$\text{La fuerza adecuada será} = 22300.4 * 2/3 = 33\ 284.2 \text{ kp.}$$

La prensa adecuada y disponible en OVNI es la BLISS 35, cuyas características principales son:

- Capacidad nominal: 35 toneladas métricas.
- Numero de carreras por minuto: 100 C / min
- Longitud de carrera mínima: 1" (25.4 mm)
- Longitud de carrera máxima: 6" (152.4 mm)
- Dimensiones de la mesa: 2 ½" x 18 ½" x 27 ½" (63,5 mm x 470 mm x 698 mm)
- Diámetro del agujero porta esparrago: 2" (51mm)
- Potencia del motor: 3 HP (2.237 KW)
- Numero de revoluciones del motor: 950 RPM.
- Diámetro del volante: 37" (940 mm)
- Peso del volante: 890 lbs. (363 kg)

3.2.10. Determinación del punto de equilibrio de los esfuerzos de corte y embutido.

Con el fin de evitar desgastes inadecuados de las columnas, bujes, y punzones y demás elementos se ubicará el esparrago en el punto donde se concentran los esfuerzos que se presentan en el trabajo de deformación de los metales, en este punto se ubicara el esparrago, este es el elemento que se conectara con el carro de la prensa, en este caso 33 toneladas, se determina, el punto de equilibrio de los esfuerzos de corte, por el método analítico

Nro.	Di	Linea	Xi	Yi	MoXi	MoYi	Elemento
1	86.0	86.0	72.0	32.0	6192.0	2752.0	Punzon de paso
2	82.0	257.6	150.0	75.0	38641.7	19320.8	Punzon de Trabajo
3	23.0	72.3	228.0	75.0	16474.6	5419.3	Primer embutido
4	19.0	59.7	306.0	75.0	18265.3	4476.8	Segundo embutido.
5	15.5	48.7	384.0	75.0	18698.8	3652.1	Tercer Embutido
6	12.5	39.3	414.0	75.0	16257.8	2945.3	Cuarto Embutido.
		563.5			114530.1	38566.2	

Tabla 19. Ubicación del esparrago.

Fuente: Autor.

$$CG_x = 114530.1 / 563.5 = 203.2 \text{ mm}$$

$$CG_y = 38566.2 / 563.5 = 68.4 \text{ mm}$$

En la intersección de las rectas trazadas con los valores encontrados, se ubica el esparrago de la matriz Considerando el lado izquierdo la referencia para X y la plancha de 150 mm de acero K100 para Y.

3.2.11. Velocidad de embutición para producir la portacuchilla.

La velocidad de embutición requerida es según la tabla 2 m /seg, es la que posee la prensa BLISS 35, con lo que cumple satisfactoriamente lo requerido.

3.2.12. Lubricante para embutir la porta cuchilla.

El lubricante recomendado según la tabla es grasa clorada, hecha las pruebas hemos comprobado que mejo res resultados da la manteca vegetal, que no ha ocasionado grietas ni desgarros, el lubricante se aplica sobre la superficie que hace contacto con la matriz.

3.2.13. Materiales y maquinas usadas en la fabricación de la matriz progresiva.

- Acero usado para matriz y punzón: Acero K100 (Especial K) Bohler.
- Tratamiento térmico: Temple y revenido.
- Dureza: 58 a 60 RC.
- Maquinas usadas: Torno paralelo, fresadora universal, rectificadora plana,
- Instrumentos usados: Calibrador Vernier, Micrómetro de exteriores e interiores, Calibrador de radios, calibrador de altura, mármol de trazado.
- Herramientas usadas: Cuchilla de metal duro, brocas helicoidales, escariador fijo, escariador regulable, machos de roscar 3/8 UNC.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Los resultados de la implementación del proceso de embutición progresiva para producir la porta cuchilla de licuadora domestica han sido satisfactorios por cuanto ha significado un notable ahorro en tiempo de producción, menor riesgo de accidentabilidad del operario y notoria disminución de piezas defectuosas. Como se podrá demostrar con los indicadores.

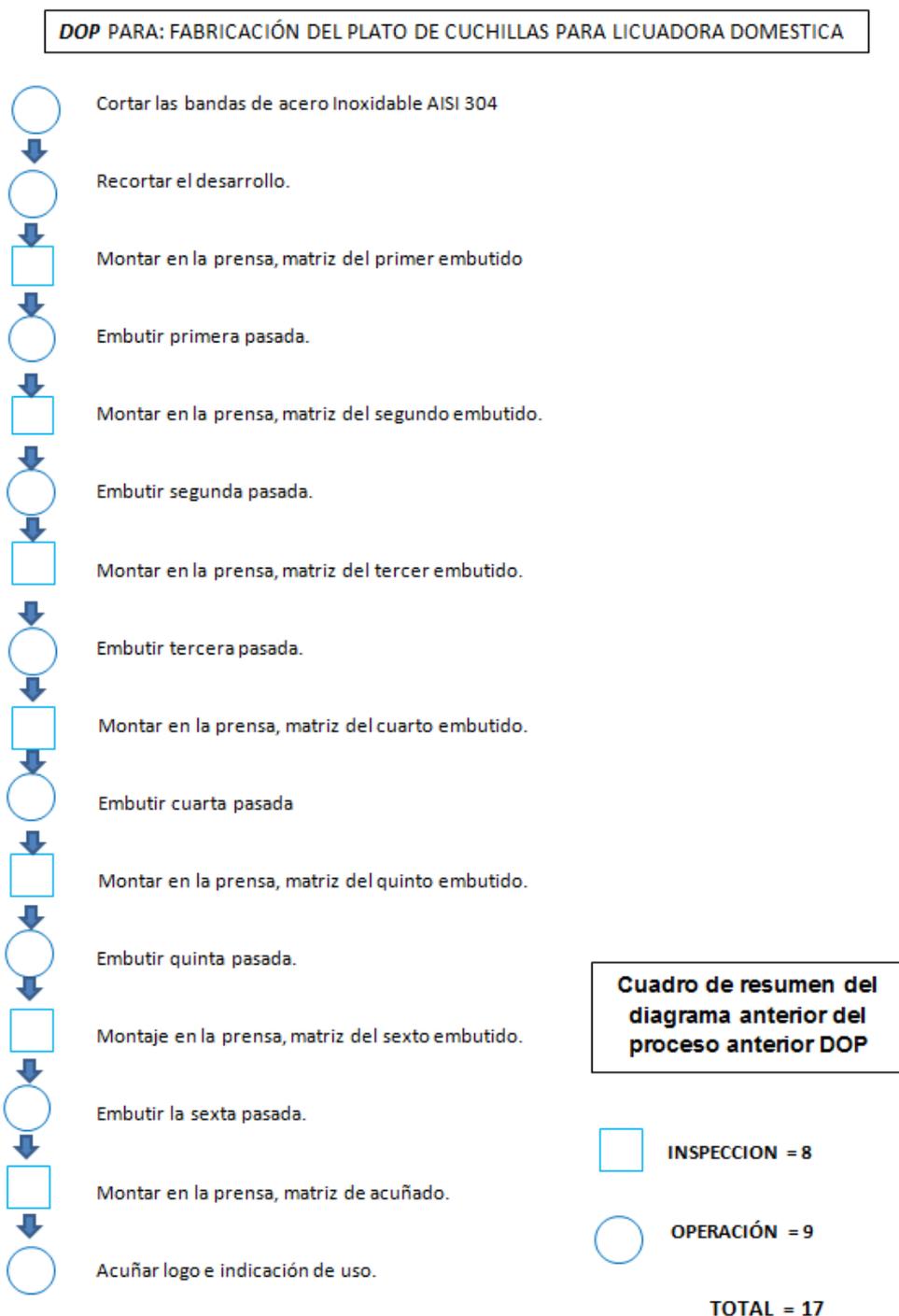


Ilustración 17. Diagrama de operaciones del método anterior.

Fuente: El autor.

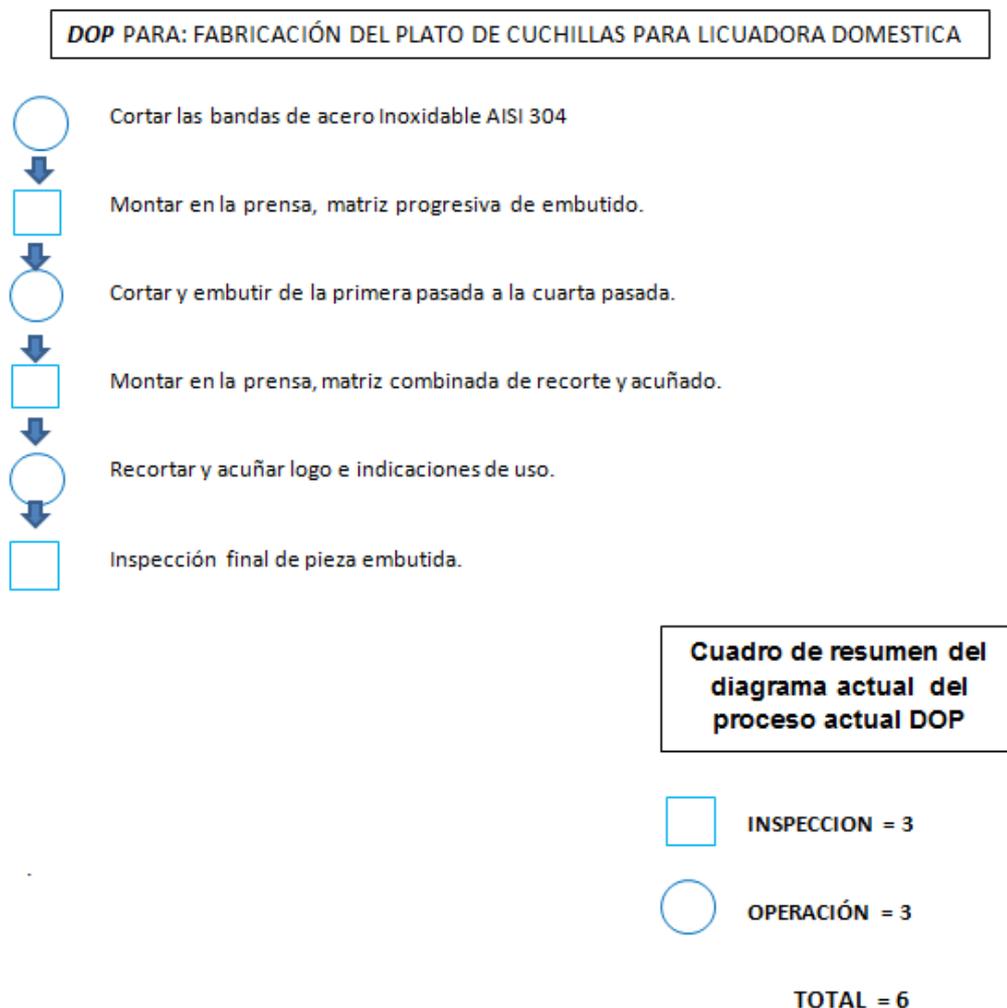


Ilustración 18 Diagrama de operaciones del método actual.

Fuente: El Autor.

En el diagrama de operaciones del método anterior se puede verificar que requería 17 pasos, como cortar la banda, operación e inspección que involucra mayor tiempo. En cambio, en el nuevo método es necesario solo 6 operaciones, cortar la banda, operación e inspección. Que de por si es una gran ganancia en tiempo de fabricación, en calidad y exposición al riesgo del operario. Que la final redunda en mayor rentabilidad para la empresa y otros beneficios que involucran esta mejora.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL MÉTODO ANTERIOR												
EMPRESA:		INDUSTRIAS OVNI										
DEPARTAMENTO/ÁREA		PRODUCCION										
SECCIÓN:		PRENSAS MECANICAS										
RESUMEN :												
ACTIVIDAD	Método anterior	Método mejorado	Diferencia	Observador			CPN					
Operación	9	3	6									
Inspección	9	3	6									
Transporte	0	0	0	Fecha			26-04- 2018					
Demora	0	0	0	Método			Anterior					
Almacenaje	0	0	0									
TOTAL	18	6	12	Símbolos			Tiempo : min					
Tiempo total	237 min											
N°	DESCRIPCION					●	■	➔	▼	D	TIEMPO	OBSERV
1	Preparar cizalla hidráulica.										15 min	
2	Cortar tiras Ac.inoxidable AISI 304										61 min	
3	Montar matriz de recorte desarrollo										20 min	
4	Recortar desarrollo.										0.12 min	
5	Montar matriz de primera pasada										20 min	
6	Embutir primera pasada.										0.12 min	
7	Montar matriz de segunda pasada.										20 min	
8	Embutir segunda pasada.										0.12 min	
9	Montar matriz de tercera pasada										20 min	
10	Embutir tercera pasada.										0.12 min	
11	Montar matriz de cuarta pasada.										20 min	
12	Embutir cuarta pasada.										0.12 min	
13	Montar matriz de quinta pasada.										20 min	
14	Embutir quinta pasada.										0.12 min	
15	Montar matriz de sexta pasada										20 min	
16	Embutir sexta pasada.										0.12 min	
17	Montar matriz de acuñado										20 min	
18	Acuñar logo e indicaciones de uso.										0.12 min	
TOTAL											237 min	

Ilustración 19 Diagrama de análisis del método anterior.

Fuente: El Autor.

Las ventajas tecnológicas y económicas se efectuarán con una muestra de 6000 portacuchilla producidas que es la producción normal por cada tirada. Para ello se requieren 14 planchas de Ac, inoxidable

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL MÉTODO ACTUAL									
EMPRESA:		INDUSTRIAS OVNI							
DEPARTAMENTO/ÁREA		PRODUCCION							
SECCIÓN:		PRENSAS MECANICAS							
RESUMEN :									
ACTIVIDAD	Método anterior	Método mejorado	Diferencia	Observador			CPN		
Operación	9	3	6						
Inspección	9	3	6						
Transporte	0	0	0	Fecha		02-07-2018			
Demora	0	0	0	Método		Actual			
Almacenaje	0	0	0						
TOTAL	18	6	12	Símbolos			Tiempo : min		
Tiempo total	137 min								
N°	DESCRIPCION	●	■	➔	▼	⬇	TIEMPO	OBSERV	
1	Preparar cizalla hidráulica.						15 min		
2	Cortar tiras Ac. inoxidable AISI 304						61 min		
3	Montar matriz progresiva de corte y embutido.						25 min		
4	Cortar y embutir de 1ra a 4ta pasada						0.15 min		
5	Montar matriz combinada de recorte y calibrado						25 min		
6	Recortar y calibrar alojamiento de bocinas.						0.1min		
TOTAL							127 min		

Ilustración 35. Diagrama de análisis del método actual.

Fuente El Autor.

Las ventajas tecnológicas y económicas se efectuarán con una muestra de 6000 portacuchilla producidas que es la producción normal por cada tirada. Para ello se requieren 14 planchas de Ac, inoxidable

4.3. ANALÍS COMPARATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL PLATO DE PORTA CUCHILLA DE LICUADORA.

4.3.1. Numero de matrices que producen el portacuchilla de licuadora doméstica.

Antes de la mejora

Nro.	Operación	Matriz	Diametros		Alturas		Alimentacion	Riesgo de accidente
1	Recorte 1	1	76		0.5		Manual	Existe, el operario introduce la mano en la matriz. Hay riesgo de accidente laboral grave.
2	1er reembutido	1	d1	34	h1	14		
3	2do reembutido	1	d2	25	h2	17		
4	3er reembutido	1	d3	21	h3	20		
5	4to reembutido	1	d4	19	h4	22		
6	5to reembutido	1	d5	Nervio 32	h5	1.5		
7	Acuñado	1	d6	Calibrado	h6	23.5		
8	6to reembutido	1		Grabado.	h7	23.5		
9	Recorte final.	1	d7	66	h8	23.5		
Nro. de matrices.		9						

Tabla 20. Numero de matrices antes de la mejora.

Fuente: El autor.

Las matrices para producir la portacuchilla fueron nueve de tecnología básica, con alimentación manual y con alto riesgo que el operario sufra accidente laboral grave que podía inhabilitar al trabajador

Después de la mejora.

Nro.	Operación	Matriz	Diametros		Alturas		Alimentacion	Riesgo de accidente
1	Recorte inicial.	Progresiva	76		0.5		Manual.	No hay contacto de la mano con la matriz, las manos controlan avance de la banda, el disparo es con el pie. No hay riesgo de accidente.
2	1er embutido.		d1	23.0	h1	12.0	Habilitado para	
3	2do embutido		d2	19.0	h2	16.7	automatizar	
4	3er embutido.		d3	15.5	h3	22.4	Alimentacion.	
5	4to embutido.		d4	12.5	h4	23.0		
6	Calibrado y recorte final	Combinada.	d5	10.0	h5	23.5		
Nro de matrices.		2						

Tabla 21. Numero de matrices después de la mejora.

Fuente: El autor.

Con la mejora introducida en el proceso de producción de la portacuchilla se disminuyó a dos matrices una de embutición progresiva que efectuaba cinco operaciones hasta el embutido final y otra combinada coaxial que efectúa el calibrado y el recorte final, el calibrado es de importancia por cuanto en una sola operación termina la dimensión del agujero de 15.5 mm y de 9mm, que garantizan que serán concéntricos para alojar a las bocinas de bronce en cuyos agujeros girara el vástago de las cuchillas.

4.3.2. Ahorro de material.

1. Ancho de banda = 82 mm

$$B = dt + 2(sb) + et \quad 76+2(2) +2 = 82$$

2. Dimensiones de la plancha (0.5x 1219.2 x 2434,4) mm

$$\text{Corte por el ancho} = 1219,2 / 82 = 14.86 \text{ tiras} \quad 14 \text{ tiras.}$$

$$\text{Corte por el largo} = 2438,4 / 82 = 29.70 \text{ tiras} \quad 29 \text{ tiras.}$$

3. Número de piezas a salir en una plancha

$$1219,2 / 78 = 15.63 \text{ piezas} \quad 15 \text{ piezas} \times 29 \text{ tiras} = 435 \text{ piezas por plancha.}$$

$$2438.4 / 78 = 31.26 \text{ piezas} \quad 31 \text{ piezas} \times 14 \text{ tiras} = 434 \text{ piezas por plancha.}$$

$$4. \text{ Factor útil} = \text{Area útil} / \text{Area Brutal} = \frac{\text{Area util}}{\text{Area bruta}} = \frac{(435) \times 0.785 \times 75.2^2}{1219.2 \times 2438.4} = 0.65$$

Porcentaje de ahorro = 65 %

AHORRO DE MATERIAL %	
Anterior	Actual
67%	65%

Tabla 22. Porcentaje de ahorro de material antes y después de la mejora

Fuente: El autor.

El ahorro de material no fue significativo, la ventaja anterior 67% no se puede sentir por cuanto se usa para fabricar el capuchón de la misma portacuchilla. Produciendo el mismo número de componentes que se hacía antes.

4.3.3. Tiempo empleado en la producción

Para determinar la conveniencia de implementar el método de embutición progresiva, se tomó como muestra una producción (tiraje) de 6000 piezas

- Se requieren 14 planchas de Ac, inoxidable = 6000 piezas / 435 piezas / plancha.
- Tiempo para cortar 01 plancha = 4.35 min
- Preparar cizalla = Verificar operatividad de máquina, regular topes para cortar a medida requerida.
- Corte de 14 planchas = 4.35 min/plancha * 14 planchas = **61 min**
- Montaje de matriz = 9 veces * 20 min = **180 min**
- **Operación corte embutido** = 9 veces * 0.12 min = **1.08 min.**

4.3.3. Tiempo empleado antes de la mejora.

Nro	Operacion	Maquina	Frecuencia	Tiempo 1	Tiempo 2	Cantidad	Tiempo total
1	Preparar	Cizalla	1	15.00	15.00		15.0
2	Cortar	Cizalla	14	4.35	60.90		61.0
3	Montar	Prensa	9	20.00	180.00		160.0
4	Cortar	Prensa	9	0.12	1.08	6000	6480.0
							6716.0

6716 min hacen 112 horas horas/hombre = **14 días de labor.** fueron necesarios.

4.4. Tiempo empleado después de la mejora

Nro	Operacion	Maquina	Frecuencia	Tiempo 1	Tiempo 2	Cantidad	Tiempo total
1	Preparar	Cizalla	1	15.00	15.0		15.0
2	Cortar	Cizalla	14	4.35	60.9		61.0
3	Montar	Prensa	2	25.00	50.0		50.0
4	Cortar	Prensa	2	0.25	0.5	6000	3000.0
							3126.0

Tabla 23. Tiempo empleado antes y después de la mejora.

Fuente del autor.

En este caso para preparar la cizalla y cortar las 14 planchas de acero inoxidable se usan el mismo tiempo.

Pero en el caso de montaje de matrices disminuye de 9 matrices a solo 2 matrices 3126 minutos que hacen 52.1 horas/hombre, que a su vez requerían **6.5 días de labor.**

7.5 días menos. Que significa **46,5%** del tiempo empleado anteriormente.

Operación: Indica la acción que ejecuta el operario, puede ser inicial o prerrequisito de otra operación

Frecuencia: Indica el número de veces que la operación se efectúa.

Tiempo 1: Es el tiempo base en el que se ejecuta la operación.

Tiempo 2: Es el resultado del tiempo base por la frecuencia.

Cantidad: Es el número de piezas a producir (en este caso 6000 portacuchilla)

Tiempo total: Es el tiempo empleado para producir una tirada (en este caso 6000 portacuchilla)

4.3.4. Costo de la matriz progresiva de corte y embutido progresivo.

El costo de las matrices se hizo considerando las especificaciones del diseño, así como:

- Material de cada elemento de las matrices.
- Mecanizado de cada elemento de las matrices.
- Tratamiento térmico de las partes que lo requieren (anillo de embutición, punzones, prensa chapa)
- Montaje de los componentes.
- Prueba inicial de la matriz, antes de dar la conformidad.
- Costos fijos de la empresa.
- Mano de obra especializada.
- Utilidad.

N°	Denominacion	Horas	Costo Unit	Costo Total
1	Diseño de la matriz.	20% del CFM	2553.0	
2	Costo de Materiales.	S(MF +MNF)	1700.0	
3	Costo de Mecanizado.	S (MMH)	6065.0	
4	Tratamiento Térmico.	Bohler	500.0	
5	Montaje y Ajuste de matriz.	150*30	4500.0	
6	Costo de fabricación de matriz.	S (2,5)	12765.0	
7	Costo de Venta.	(1+6)*1.18	18075.2	18075.2
N°	Mecanizado	Horas	Costo Unitario	Costo
1	Torno	60	25	1500.0
2	Fresadora	35	25	875.0
3	Rectificadora plana	30	25	750.0
4	Rectificadora Cilíndrica	30	30	900.0
5	Electroerosión por penetración.	0	50	0.0
6	Electroerosión corte al hilo.	0	50	0.0
7	Centro de Mecanizado CNC	12	60	720.0
8	Torno CNC	24	55	1320.0
		191		6065.0

Tabla 24. Costo de matriz.

Fuente: Autor.

La matriz está diseñada para producir 3 000 000.00 (tres millones de piezas), Después de ello podrá haber algunas modificaciones, que permitirán cambiar por otras herramientas de tecnología vigente de ese momento (aproximadamente 4 años).

4.3.5. Costo del producto portacuchilla.

Se determina considerando un lote de 6000 piezas que es el tiraje normal para proveer a los suministradores.

Costo del material.

- El número de piezas a obtener es de 435 piezas por plancha
- Se requieren 14 planchas para producir 6000 piezas.

Horas hombre.

- Antes de la mejora : 112.0 horas hombre = 14.0 días de labor.
- Después de la mejora: 052.1 horas hombre = 06.5 días de labor.
- Ahorro Horas hombre: 059.9 Horas hombre = 07.5 días de labor.
- Ahorro porcentaje : 46.5% horas hombre.

Costo de producto.

- Antes de la mejora : \$ 2.00 = **S/ 07.00**
- Después de la mejora: \$ 0.93 = **S/ 03.26** = (2 x 0.465)3.5

Considera el tipo de cambio del dólar S/3.5 soles.

Nro.	Aspecto	Mejora		Parámetro	Diferencia	Beneficio
		Antes de	Después de			
1	Material.	435 piezas	435 piezas	Porcentaje	0.00%	0%
2	Tiempo.	6716 minutos.	3126 minutos	Minutos	3590 minutos	46.50%
3	Horas hombre.	112 hrs/hombre	52.1 hrs/hombre	Hrs/ hombre	59,9 hrs/hom	7.5 días
4	Costo producto	\$ 02.00	\$ 0.93	Dolares USA	\$ 01,07	\$ 01,07

Tabla 25. Costo del producto antes y después de la mejora.

Fuente: el autor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- 5.1.1. El diseño de la matriz progresiva de corte y embutición, es apropiado, se consideró lo necesario para que el objetivo para el cual fue creado, se cumplió con éxito el objetivo específico planteado.
- 5.1.2. La matriz progresiva fabricada dio los resultados esperados, cuantitativamente disminuyó el tiempo de fabricación en un 46.5%; cualitativamente, el acabado, la calidad del producto y la precisión de sus dimensiones que facilitan el montaje de los componentes de la portacuchilla. Factores que aumentaron la rentabilidad de la empresa. Se espera que esta matriz tenga una vida útil de 4 años.
- 5.1.3. El costo beneficio de la implementación del nuevo sistema de producción de la porta cuchillas para licuadora doméstica, por medio de matrices progresivas y combinadas de corte y embutición, es el más adecuado. Se calcula que a los seis meses recuperara el capital invertido. Además, el incremento cuantitativo y cualitativo, genera mayores ganancias, y amplía incursionar en el mercado externo sobre todo en Bolivia y Ecuador.
- 5.1.4. Las competencias profesionales aplicadas en este trabajo fueron: Aplicación de las herramientas de diagnóstico de causa raíz de problemas en empresa, como Ishikawa y Pareto que sirvieron para identificar la causa raíz del alto costo en la fabricación del portacuchilla y cuantificar las causas raíces que encarecían la fabricación del portacuchilla de licuadora doméstica. Otra competencia aplicada fue la determinación de costos, sirvió para determinar el beneficio de la inversión como consecuencia de la aplicación de la mejora del método de matrices progresivas. Planificación de proyecto de actividades productivas, monitoreo y seguimiento.

5.2. RECOMENDACIONES.

- 5.2.1. El embutido por medio de matrices progresivas es una buena opción para disminuir los tiempos de fabricación de componentes de láminas de metal, permite incursionar en la mejora continua, tan necesaria en estos tiempos en el que la automatización industrial ingresa en la producción eficiente y de calidad, producción en menor tiempo y de mejor calidad.
- 5.2.2. Para fabricar herramientas que estén orientados a optimizar la producción se debe recurrir a especialistas en la materia, sobre todo en el diseño, para que garantice la eficiencia de la herramienta en la producción para el cual fue diseñado y fabricado. Que pueda generar incremento de la productividad como se observa en este caso.
- 5.2.3. La fabricación de las herramientas de producción, deben estar fabricados de acuerdo normas internacionales para garantizar su inserción en el mercado nacional e internacional; en razón que las empresas están certificándose en los sistemas integrales de gestión: ISO 9001 gestión de la calidad del producto. ISO14001, gestión del medio ambiente, OHSAS 18001 gestión de la seguridad y salud en el trabajo, en el Perú Ley 29783 que es de cumplimiento obligatorio.
- 5.2.4. Las lecciones aprendidas y/o confirmadas son:
 - 1ro. Diagnóstico de causa raíz de problemas, aplicando herramientas de diagnóstico, sea Diagramas de Ishikawa y Pareto, o Herramientas de Lean manufacturing (Cinco porque, tres M's).
 - 2do. Aplicación de flujogramas de actividades planificadas para solución de problemas, mejora o innovación.
 - 3ro. En la preparación del trabajo, es la mejora en efectuar documentos de carácter tecnológico y económico. Servirá para hacer informes técnicos y proyectos de ingeniería.

REFERENCIAS

- Black J.T., & Kohser. R.A. (2012) *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing* 11th E2d
Recuperado de:
https://www.academia.edu/34639224/DeGarmos_Materials_and_Processes_in_Manufacturing_11th_E2d?email_work_card=view-paper
- Comercial sidero metalúrgica Velasco (1968) *Aceros y Productos derivados*, Bilbao: Editorial E.M.
Clasificación de los aceros inoxidables según Norma AISI. Recuperado de:
https://static.websguru.com.ar/var/m_6/65/65e/100190/1374415-clasificacionaceros.pdf
- Rossi, M. (1978) *Estampado en frio de la chapa*, Barcelona: Editorial Hoepli
- Chauvelin, G. (1972) Trabajo de los metales por deformación en frio, Tomo I. Madrid: Editorial Blume.
- Chauvelin, G. (1972) Trabajo de los metales por deformación en frio, Tomo II. Madrid: Editorial Blume.
- D, Dallas. (1976) *Tool & Manufacturing Handbook*. 3th edition. Society of manufacturing engineers-SME. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Escobar. F, Heredia, K, Males. M. (2019) *Modelo de Ishikawa, Gerencia de la comunicación*,
Recuperado de: <http://gerenciadelacomunicacion1.blogspot.com/2012/05/modelo-de-ishikawa.html>
- Higgins, R. A. (1978) *Materials for the Engineering Technician*, Norwich: Hooder and Stoughton Educational.
- Quercy, A. (1980) *Trabajo de los metales en láminas*. Bilbao: Ediciones Urmo.
- Oehler & Káiser. (1992) *Herramientas de troquelar, estampar, embutir*. Barcelona: Gustavo Gilli S.A.
- Provenza, F. (1986) *Estampos III* Sao Paolo, Centro de comunicacao grafica da escola Pro-tec.
- Máquinas y herramientas.com. (2019), *De máquinas y herramientas*, Recuperado de:
<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresadoras-cnc>
- Mipsa,(2019). *Clasificación del acero inoxidable*. [Metales Industriales de Puebla S.A. de C.V.](https://www.mipsa.com.mx/sabias-que/clasificacion-del-acero-inoxidable/) México.
Recuperado de: <https://www.mipsa.com.mx/sabias-que/clasificacion-del-acero-inoxidable/>
- Black.J, Kohser. R (2029) *DeGarmo's Materials and processes in manufacturing* 11th Edition John. Wiley & Sons, Inc.
- JICA. (1996) *Tecnología de estampado y troquelado: Cedesi automatización*.

Lean manufacturing. (2019) *Diagrama de Pareto*, Curso UDEMY de análisis Pareto en industria y negocios. Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/diagrama-de-pareto>

ISO 6898:1984. (2015) *Open front mechanical power presses - Capacity ratings and dimensions*. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/13420.html>.

ISO 9188:1993, (2017) *Machine tools - Straight-sided single-action mechanical power presses from 400 kN up to and including 4 000 kN nominal force - Characteristics and dimensions* Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/16813.html>.

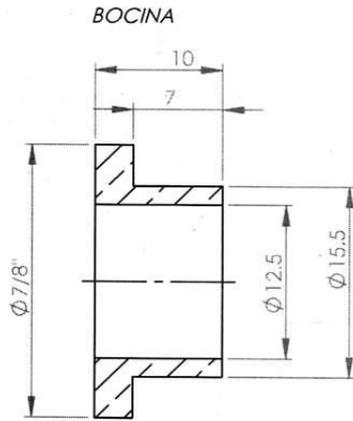
ISO 9189:1993, (2017) *Machine tools - Straight-sided high-speed mechanical power presses from 250 kN up to and including 4 000 kN nominal force - Characteristics and dimensions*. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/16814.html>.

Wilson, F.& Harvey, P. (Eds.). (1990) *Die Design Handbook*, Society of Manufacturing Engineers. USA.

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia.

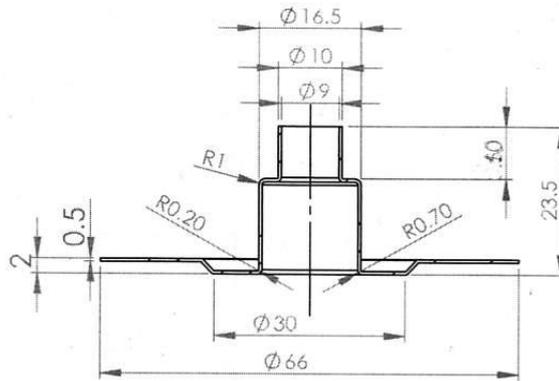
PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES
<p>General</p> <p>¿De qué manera la aplicación de la embutición progresiva incrementara la productividad de la compañía OVNI en la fabricación de cuchillas de licuadora doméstica, a partir del año 2017?</p>	<p>General</p> <p>Determinar en qué medida la aplicación de la embutición progresiva influye en el incremento de la Productividad de la fabricación de cuchillas de licuadora doméstica, en la empresa OVNI. Año 2017?</p>	<p>Variable (X)</p> <p>Aplicación del proceso de embutición por medio de matriz progresiva.</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Incremento de la productividad</p>
<p>Específicos</p> <p>PE1: ¿Cuál fue el diagnóstico inicial antes de la aplicación de la embutición progresiva, en la fabricación de cuchillas de licuadora doméstica de la Compañía OVNI, a partir del año 2017?</p> <p>PE2: ¿Cuál es el incremento de la productividad, número de piezas por minuto, de las cuchillas de licuadora doméstica, después de la aplicación de la embutición progresiva en la empresa OVNI año 2017?</p> <p>PE3: ¿Cuál es el incremento de la productividad en la calidad de las cuchillas para licuadora doméstica, después de la aplicación de embutición por medio de matriz progresiva en la empresa OVNI año 2017?</p> <p>PE4: ¿Cuál es el incremento de la productividad hora hombre después de la aplicación de la embutición por medio de matriz progresiva, empresa OVNI año 2017?</p>	<p>Específicos</p> <p>OE1: Determinar el diagnóstico inicial antes de la aplicación de la embutición progresiva, en la fabricación de cuchillas de licuadora doméstica Compañía OVNI, a partir del año 2013.</p> <p>OE2: Medir el incremento de la productividad, número de piezas por minuto, después de la aplicación de la embutición progresiva en OVNI año 2017</p> <p>OE3: Medir el incremento de la productividad, de la calidad del plato de cuchillas para licuadora doméstica, después de la embutición por medio de matrices progresivas, en la empresa OVNI, año 2017.</p> <p>OE4: Medir el incremento de la productividad hora hombre, después de la aplicación de la embutición por medio de matriz progresiva, empresa OVNI, año 2017.</p>	<p>Variable (X)</p> <p>Medición de la productividad</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Influencia del proceso de embutición por matriz progresiva.</p> <p>Variable (X)</p> <p>Aplicación del proceso de embutición por matriz progresiva.</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Incremento de la productividad, piezas por minuto.</p> <p>Variable (X)</p> <p>Aplicación del proceso de embutición por medio de matriz progresiva.</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Incremento de la productividad, calidad de la cuchilla de licuadora doméstica.</p> <p>Variable (X)</p> <p>Aplicación del proceso de embutición por medio de matriz progresiva.</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Incremento de la productividad horas hombre.</p>

ANEXO N° 2. Plano del plato porta cuchilla.



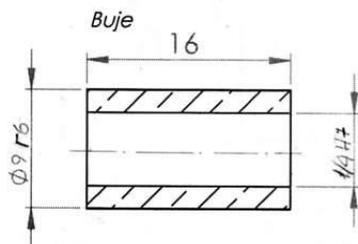
Mat: Bronce Al Berilio
Med: 7/8" x 16mm

ESCALA 2:1



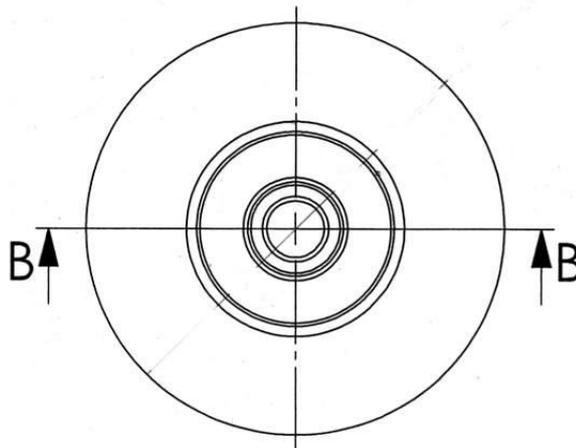
SECCIÓN B-B

ESCALA 1:1



Mat: Bronce al berilio

ESCALA 2:1



Material: AC. Inoxidable
AISI 304

Plato porta cuchilla

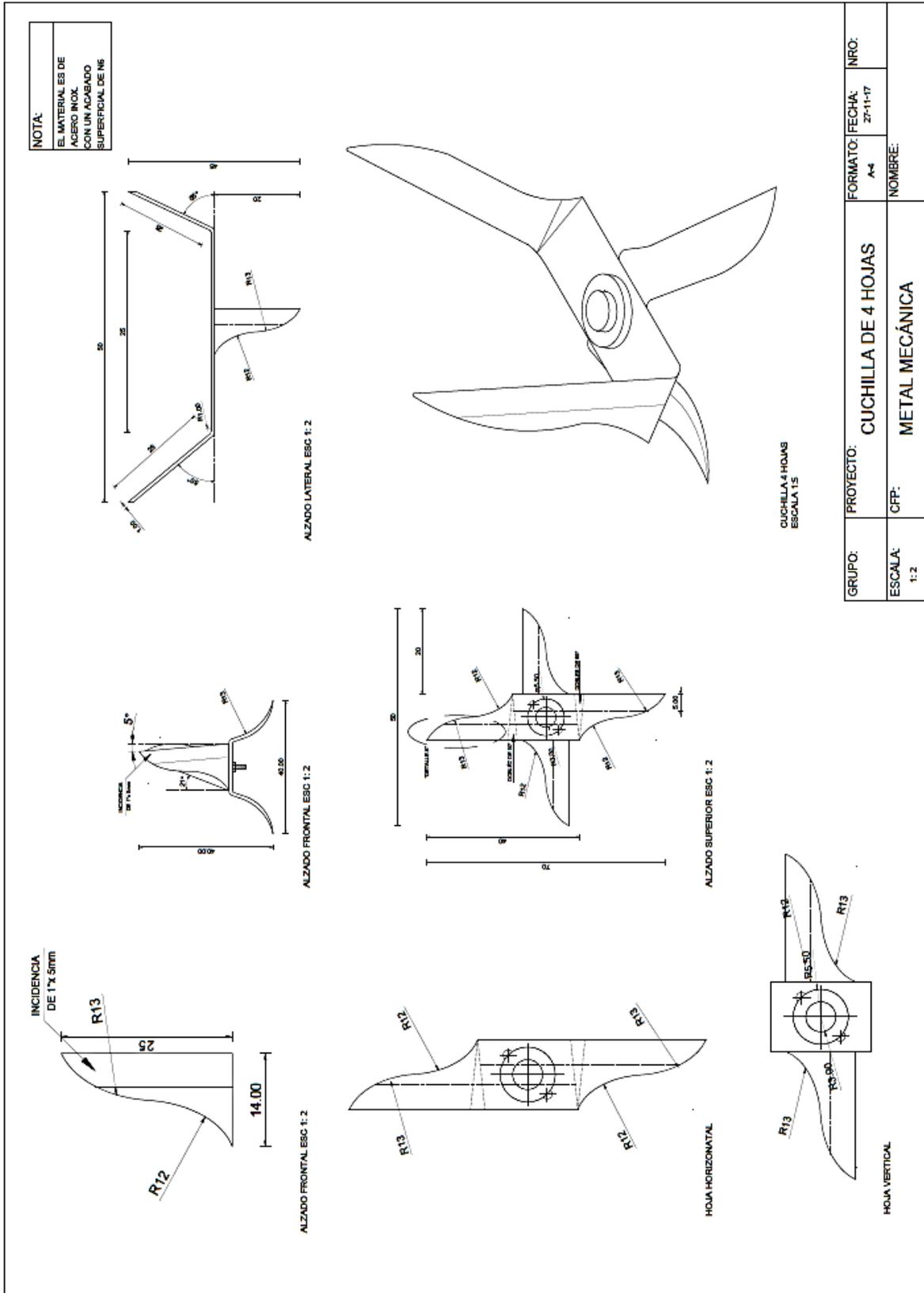
Nota: todas las
medidas en mm

Dibujado:
Pedro Cells

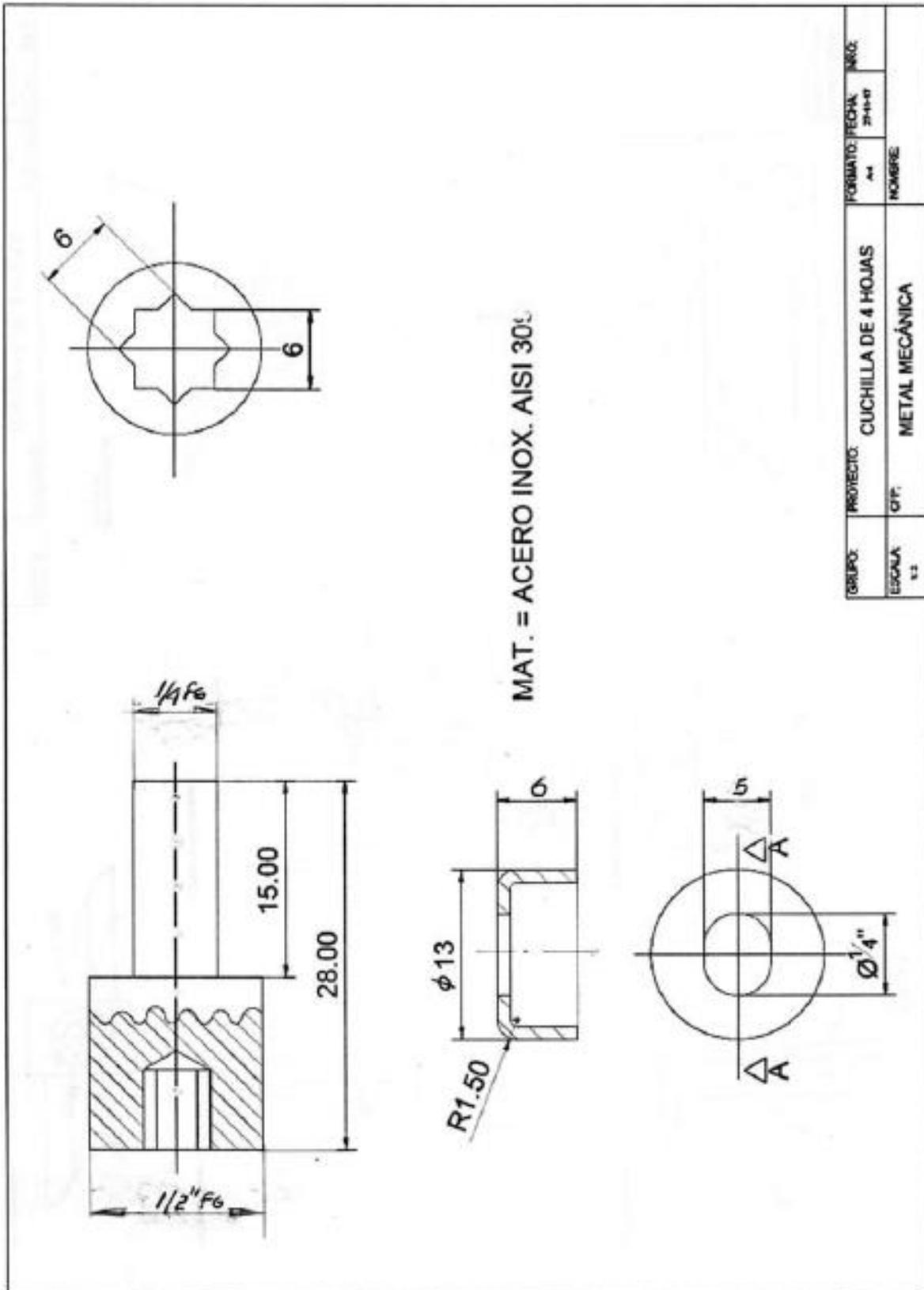
OVNI EIRL

Fecha: 13/10/2017

ANEXO N° 3. Plano de las cuchillas.



ANEXO N° 4. Plano del vástago.



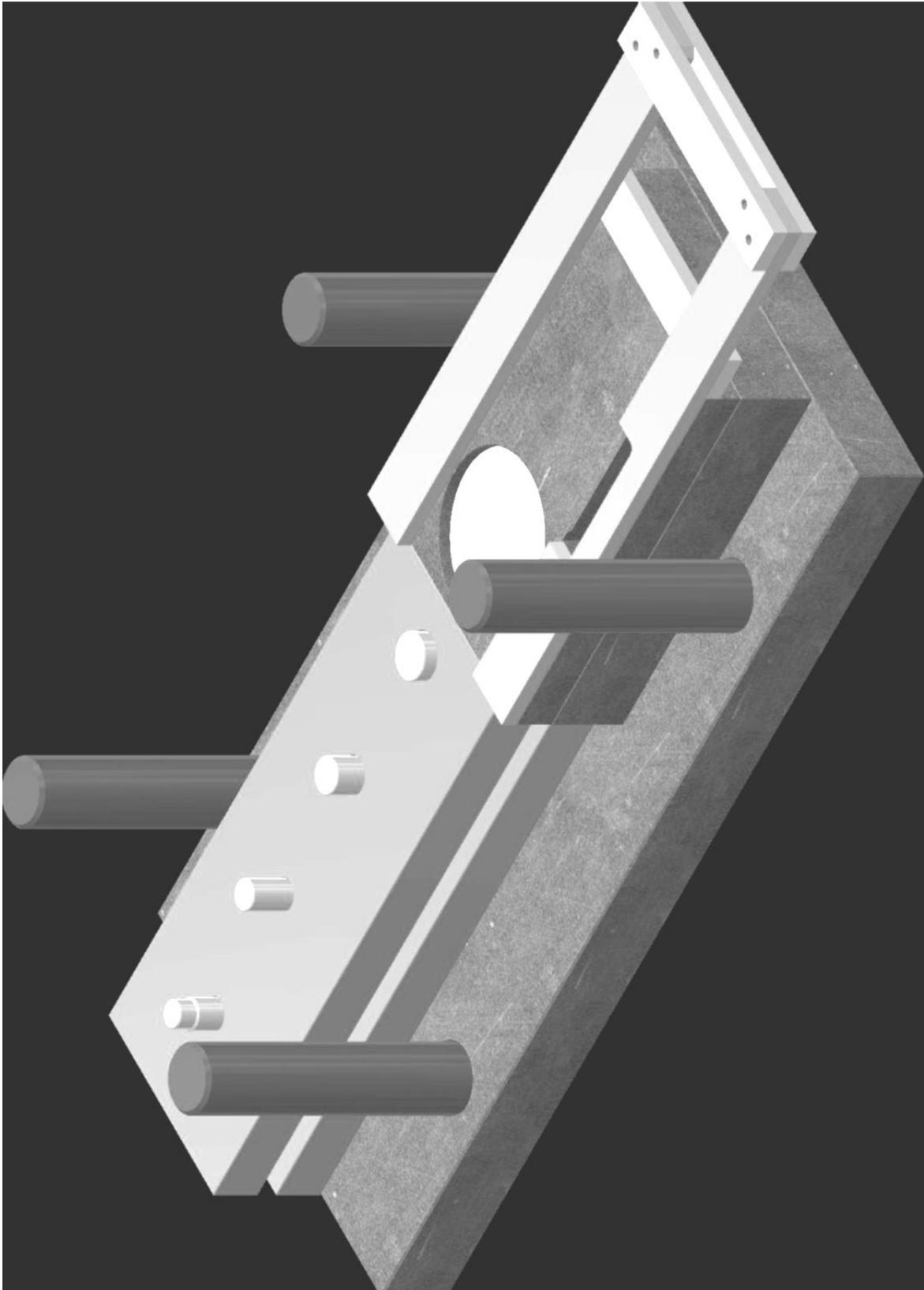
ANEXO N° 5. Foto del portacuchilla con bocinas de bronce montada.



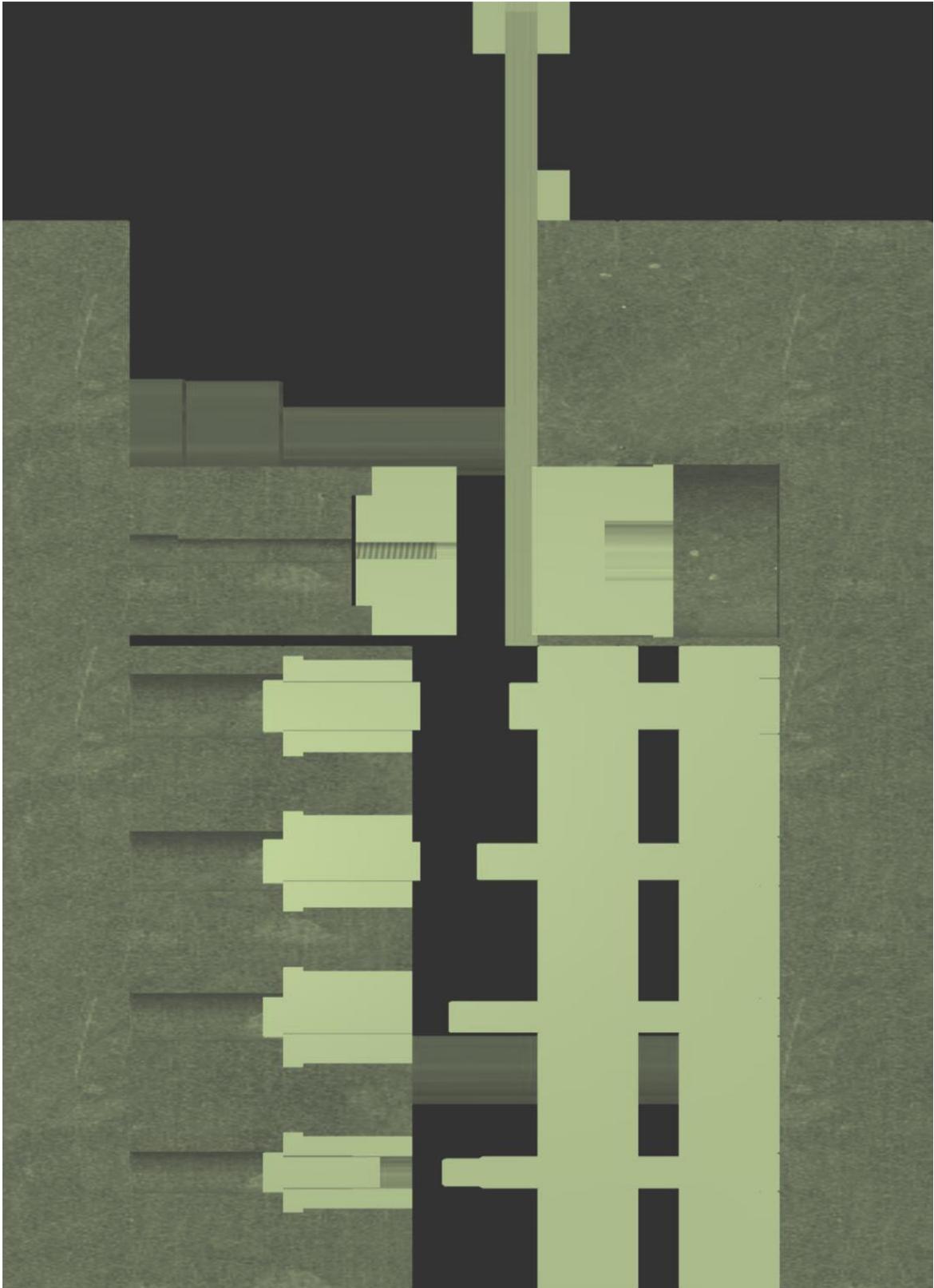
ANEXO N° 6. Foto del portacuchilla en montaje



ANEXO N° 7. Vista en perspectiva de la matriz progresiva, abierta sin la parte superior.



ANEXO N° 8. Vista frontal en corte de la matriz progresiva, con la parte superior e inferior.



ANEXO N° 9. Lista de materiales para la fabricación de la matriz progresiva.

Medidas indicadas:

- Material plano = Espesor x ancho x largo (mm)
- Material redondo = Diámetro x largo (mm)

N	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	MEDIDAS	PESO	COSTO
1	Placa base.	01	St 42	1 ½" x 10"x 535		
2	Suple placa sufridera	01	St 42	1 ½" x 6"x 215		
3	Placa matriz de corte.	01	K100.	1"x 6"x 215		
4	Placa extractor.	01	St 42	1"x 6"x 215		
5	Placa superior.	01	St 42.	1 ¼" x 10"x 535		
6	Bocina guía	04	VCL 140	Día 65 x 75.		
7	Columna guía.	04	VCL 140	Día 1 ½ x 190		
8	Inserto de corte.	02	K100.	Día 85 x 26.		
9	Suple de inserto de corte.	02	St 42	Día 85 x 53.		
10	Tornillo Allen.	02	STD	3/8" NC x 2".		
11	Pasador de ajuste.	04	Acero Plata.	Día. 10m6 x 45		
12	Tornillos Allen.	04	STD	3/8" NC x 1 ½		
13	Placa suple.	01	St 42	1 ½" x 85x 320.		
14	Botador de embutición 1.	01	HH	Día 28 x 38.		
15	Anillo de embutición.1	01	K100	Día 50 x 35		
16	Punzón de embutición 1.	01	K100	Día 28 x 75		
17	Anillo de embutición 2.	01	K100	Día 50 x 35		
18	Punzón de embutición 2	01	K100	Día 25 x 78		
19	Botador de embutición 2	01	HH	Día 25 x 42		
20	Anillo de embutición 3	01	K100	Día 50 x 35		
21	Punzón de embutición 3	01	K100	Día 19 x 85		
22	Botador de embutición 3	01	HH	Día 19 x 40		
23	Anillo de embutición 4	01	K100	Día 45 x 35		
24	Punzón de embutición 4	01	K100	Día 19 x 85		
25	Botador de embutición 4	01	HH	Día 19 x 35		
26	Matriz coaxial 5	01	K100	Día 100 x 22		
27	Suple de matriz coaxial 5	01	St42	Día 100 x 60		
28	Hibrido de embutición.5	01	K100	Día 32 x 75		
29	Porta hibrido.5	01	HH	Día 76 x 20.		
30	Resorte de compresión 5.	01	Ac. Resortes.	Día 3 x día 30		
31	Botador de embutición 5.	01	HH	Día 70 x 40.		

32	Tornillo Allen.	02	STD	5/16" NC x 2".		
33	Placa extractora embutido	01	HH	25x 100 x 320		
34	Extractor negativo 5.	01	HH	Día 38 x 40		
35	Punzón de embutición 5.	01	K100	Día 16 x 88		
36	Porta punzón de embutido	01	HH	Día 40 x 16		
37	Extractor negativo.	01	HH	Día 100 x 25		
38	Punzón hibrido de corte	01	K100	Día 75 x 65		
39	Tornillo limitador.	04	ECN 150	Día 75 x 65		
40	Pasador de ajuste.	02	Ac. Plata	Día 10 m6 x 70		
41	Extractor negativo de corte	01	HH	Día 55 x 40		
42	Tornillo Allen.	02	STD	3/8" NC x 80		
43	Tornillo cabeza avellanada.	18	STD	M8 x 12		
44	Apoyo de guía de banda.	01	St 42	8 x 16 x 153		
45	Regla guía.	02	HH	8x 32 x 320		
46	Centrador de banda.	02	St 42	8 x 25 x 153		
47	Punzón de corte.	01	K100	22 x 73 x 90		

ANEXO N° 10. Factura de compra de aceros para trabajo en frio.I

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.
LUIS CASTRO RONCEROS 777 (CDRA. 20 AV. ARGENTINA)
CASILLA 863 - LIMA
E-mail: ventas@bohlerperu.com

TELEFONOS
VENTAS: 619-3232
ADMINISTRACION: 619-3250
PLANTA: 619-3240
FAX: 619-3230

SEÑOR(ES): INDUSTRIAS OVNI S.R.L.
Ped.: 050114172

DIRECCION: RICARDO ALVARADO 1369 CHACRA RIOS SUR
LIMA LIMA LIMA

R.U.C.: 20100630436 Vend.: 95

VENTA AL CONTADO
LIMA, 01/09/2007. 11:47:00 a.m

3-0440665

Visitenos en: www.bohlerperu.com

R.U.C. N° 20100036101

FACTURA

003 N° 0440665 46

CODIGO DE ARTICULO	DESCRIPCION	PIEZAS	CANT.	UNID.	PRECIO UNITARIO	IMPORTE BRUTO	TOTAL
9102 Y	K100 RED 85mm x 30mm /3	2	2.90	ka	24.36	70.64	67.11
7513 Y	K100 RED 32.8mm x 75mm -26	1	0.51	ka	21.98	11.21	10.65
7517 Y	K100 RED 50.8mm x 115mm /	1	1.90	ka	21.98	41.76	39.67
7510 Y	K100 RED 20.5mm x 85mm	1	0.25	ka	21.98	5.50	5.23
0398 Y	K100 RED 105mm x 90mm	1	6.60	ka	24.36	160.78	152.74
7513 Y	K100 RED 32.8mm x 75mm /2	1	0.51	ka	21.98	11.21	10.65
7611 Y	K100 RED 16.5mm x 88mm	1	0.15	ka	21.98	3.30	3.14
7769 Y	K100-RED 71mm x 55mm -38	1	2.10	ka	21.98	46.16	43.85
VALOR VENTA S/. I.G.V. 19% S/. Total Factura S/.						333.04	333.04
Total Factura S/.						396.32	396.32

EMBALAJE: 01 CAJA DE MADERA
PESO BRUTO: 29.0 KGS.

1- SET. 01

CANCELADO

COMPROBANTE DE PERCEPCION VENTA INTERNA
TOTAL A PAGAR: S/ 404.23

SON: CUATROCIENTOS CUATRO CON 23/100 NUEVOS SOLES
Percepción S/ 7.91

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.
CORDESPAF S.A.C. R.U.C. 2005078532 TELEF.: 427-5153 / 292-3973
SERIE 005 DEL 440007 AL 450000 AUT. SUNAT 2371647011 TEL. 180978007

ADQUIRENTE O USUARIO

S.E.U.O.
Este documento no es válido
sino lleva la firma y sello del cajero.

IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE EMBUTICION
PROGRESIVA EN LA MANUFACTURA DE PORTA
CUCHILLA DE LICUADORA DOMESTICA.

ANEXO N° 12. Factura de compra de aceros para trabajo en frio.III.

SEÑOR(ES): INDUSTRIAS DUNI S.R.L. Ped.: 050114172 003 N° 0440665

RECCION: RICARDO ALVARADO 1369 CHACRA RIOS SUR LIMA, 3-0440665 11:47:00 a.m.

U.C.: LIMA LIMA LIMA 20100630436 Vend.: 95 **VENTA AL CONTADO** LIMA, 01/09/2017

ODIGO DE ARTICULO	DESCRIPCION	PIEZAS	CANT.	UNID.	PRECIO UNITARIO	IMPORTE BRUTO	TOTAL
9102 Y	K100 RED 8mm x 30mm	1	2.90	kg	24.36	70.04	67.11
7513 Y	K100 RED 32.8mm x 75mm	1	0.51	kg	21.98	11.21	10.65
7517 Y	K100 RED 50.8mm x 115mm	1	1.90	kg	21.98	41.76	39.67
7510 Y	K100 RED 20.5mm x 85mm	1	0.22	kg	21.98	5.50	5.27
0398 Y	K100 RED 105mm x 90mm	1	6.80	kg	24.36	160.78	152.74
7513 Y	K100 RED 32.8mm x 75mm	1	0.51	kg	21.98	11.21	10.65
7511 Y	K100 RED 16.5mm x 88mm	1	0.15	kg	21.98	3.30	3.14
7769 Y	K100 RED 71mm x 85mm	1	2.10	kg	21.98	46.16	43.89
						Valor Venta	370.04
						I.I.V. 19%	67.31
						Total Factura	437.35

EMBALAJE: 01 CAJA DE 100 PIEZAS
PESO BRUTO: 29.0 KG.

AGENCIA BANCARIA DEL PERU S.A. CANCELADO

SE PAGA EN CASH EN EL MOMENTO DE LA EMISION DE ESTA FACTURA. 33% PERCEPCION: S/ 141.12

SON: CUATROCIENTOS CUATRO CON CINCUENTA Y CINCO NUEVOS DIERES Percepcion S/ 7.91

TOTAL A PAGAR: S/ 404.23

S.E.U.O. Este documento no es válido SUNAT

CORDEGRAF S.A.C. R.U.C. 20509785392 TELEF. 427-5153 / 265-3973 sino lleva la firma y sello del cajero.

SERIE 000 DEL 440001 AL 450005 AUT. SUNAT 2271647011 PL. 19/07/2007

COPIA SIN DERECHO A CREDITO FISCAL DEL I.G.M.

SEÑOR(ES): INDUSTRIAS DUNI S.R.L. Ped.: 050114174 050114175 003 N° 0440666

RECCION: RICARDO ALVARADO 1369 CHACRA RIOS SUR LIMA, 3-0440666 11:48:00 a.m.

U.C.: LIMA LIMA LIMA 20100630436 Vend.: 95 **VENTA AL CONTADO** LIMA, 01/09/2017

ODIGO DE ARTICULO	DESCRIPCION	PIEZAS	CANT.	UNID.	PRECIO UNITARIO	IMPORTE BRUTO	TOTAL
7516 Y	K100 RED 19.8mm x 35mm	1	0.50	kg	21.98	10.99	10.39
6154 Y	H-1045 RED 28.8mm x 25mm	1	0.20	kg	4.74	0.95	0.95
6787 Y	H-1045 RED 25.4mm x 42mm	1	0.20	kg	4.74	0.95	0.79
9757 Y	H-1045 RED 20mm x 40mm	1	0.15	kg	4.74	0.71	0.71
0866 Y	H-1045 RED 16mm x 35mm	1	0.10	kg	4.74	0.47	0.47
0541 Y	H-1045 RED 75mm x 25mm	1	1.10	kg	4.74	5.21	5.21
9890 Y	H-1045 RED 60mm x 40mm	1	0.95	kg	4.74	4.50	4.50
6156 Y	H-1045 RED 38mm x 40mm	1	0.41	kg	4.74	1.90	1.90
9189 Y	H-1045 RED 40mm x 25mm	1	0.25	kg	4.74	1.19	1.19
0165 Y	H-1045 RED 110mm x 25mm	1	2.00	kg	7.27	14.54	14.54
9890 Y	H-1045 RED 60mm x 40mm	1	0.95	kg	4.74	4.50	4.50
0866 Y	H-1045 RED 16mm x 35mm	1	0.10	kg	12.97	1.30	0.98
0866 Y	DELUPIBUS Aca x 12mm x 320mm 01:0	2	1.00	kg	12.97	25.94	24.14
						Valor Venta	79.67
						I.I.V. 19%	15.27
						Total Factura	94.94

1 - SET. 2017

ANEXO N° 13. Factura de compra de aceros para trabajo en frio.IV.

R.U.C. 20430039254

FACTURA

001-0061154

001 N° 061154

FECHA.....: 10/09/17
 T/CAMBIO : 3.19
 G/REVISION:
 Q/COMPRA...:
 VENDEDO...: 03
 F.VENTA...: 00.00
 OBSERV.....:

CONTADO



ACEPESAC
ACEROS DEL PERU S.A.C.
 Av. Oscar R. Benavides (ex.Callejón) 1244, Lima
 Tels.: 330-8162 / 330-8167 / 330-8157 / 330-8158 / 330-8159 / 330-8156 / 330-8157 / 330-8158 / 330-8159 / 330-2926 Fax: 332-7009
 330-8161 / 330-8162 / 330-2214 / 330-8865 / 330-2888 / 330-2926

SEÑORES:
INDUSTRIAS OVNI S.R.L.
RICARDO ALVARADO 1369 CHACRA RIOS
TELEFONO: 425-8520
RUC: 20100630436

COD: 10P002

CODIGO	DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	PRE. UNI S/.	VALOR S/.	PRE. VTA. S/.
T1110250015000ATHYR0UR 2436	PTN 25 X 150 MM	KGS	6.250	26.57	139.56	166.08
T1110250008000ATHYR0UR 2436	PTN 25 X 80 MM	KGS	1.450	26.57	32.38	38.53

SON : DOSCIENTOS CUATRO CON 61/100 NUEVOS SOLES

Transportista: CHOFER: _____

R.U.C.: _____

Pto. Partida: AV. COLONIAL 1244-1250 LIMA

Pto. Destino: RICARDO ALVARADO 1369 CHACRA RIOS

SUBTOTAL S/.

IGV 19%

TOTAL S/.

ADQUIRENTE O USUARIO

ANEXO N° 14. Características de Acero K100 utilizado en la fabricación de la matriz.

BOEHLER ESPECIAL K **K 100**

Tipo de aleación: C 2,00 Cr 12,00/o
 Normas: AISI : D 3 DIN : X 210 Cr 12 MAT N° : 2080

Color de identificación: Amarillo - Blanco
 Estado de suministro : Recocido: 70 - 85 kp/mm² (Brinell : 204 - 249 HB)

Marca standard de los aceros ledeburíticos al 120/o de cromo para herramientas de corte y estampado de alto rendimiento.

APLICACIONES: Matrices cortantes de alto rendimiento para la industria eléctrica, relojera y hojalatería; cortes de dientes para sierras, rasquetas, herramientas de estampar, cuchillas de gran eficacia de corte para planchas hasta 4 mm. de espesor, herramientas de rebarbar. Herramientas de corte altamente exigentes para la industria maderera, etc. Rodillos y peines de roscar, rodillos para bordear y acanalar, estampas y matrices para fabricar tuercas en frío, herramientas de embutir, cuños para fabricar moldes para la industria del plástico, herramientas para moletear y para la trefilación en frío de metales no ferrosos. Herramientas de medición. Herramientas expuestas al desgaste: Para prensar en la elaboración de materiales cerámicos muy abrasivos, placas de moldes para la fabricación de ladrillos refractarios y mayólicas; herramientas de prensar para la industria farmacéutica.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:
Forjado: 1050 - 850°C **Recocido:** 800 - 850°C - Enfriamiento lento en el horno hasta 600°C.
Temple: 920 - 980°C - Por el alto contenido de carburos manténgase ± 20 minutos para una sección de 20 mm. y 10 a 15 minutos más por cada 10 m/m adicionales.
 Enfriamiento: En aceite, baño de sal de 200 - 250°C ó 400 - 450°C, aire comprimido o aire quieto.
Dureza obtenible: 63 - 65 Rc **Revenido:** Según diagrama

DIAGRAMA DE REVENIDO

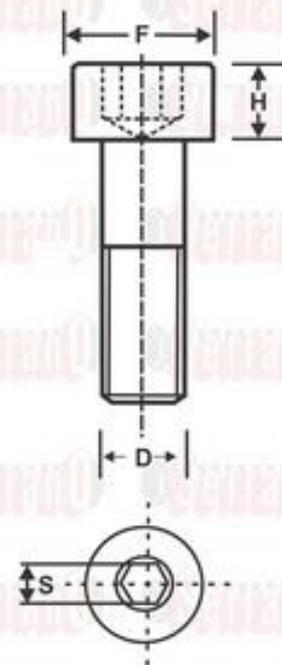
Duración del revenido: 1 hora
 Sección de la probeta: \varnothing 20 mm.

ANEXO N° 15. Tornillos Allen de resistencia garantizada usadas en la matriz.

IMPORTADO	TORNILLO ALLEN	NO APLICA	ANSI B.18.3 ASME B 1.1-3A	UNC
CALIDAD O GRADO	USOS	EMPAQUE	ACABADO	MATERIAL
ACERO 10,9 / 12,9	GENERAL	GRANEL	PAVONADO	ACERO ALEADO ALTA RESISTENCIA



D	HILOS X PULGADA UNC		F	H	S
DIÁMETRO			DIÁMETRO DE LA CABEZA	ALTURA DE LA CABEZA	LLAVE
6-32"	.140	40	7/32"	6/32"	7/64"
8-32"	.156	36	17/64"	5/32"	9/64"
3/16"	.187	32	5/16"	3/16"	5/32"
1/4"	.250	28	3/8"	1/4"	3/16"
5/16"	.312	24	15/32"	5/16"	1/4"
3/8"	.375	24	9/16"	3/8"	5/16"
7/16"	.437	20	21/32"	7/16"	3/8"
1/2"	.500	20	3/4"	1/2"	3/8"
9/16"	.562	12	13/16"	9/16"	1/2"
5/8"	.625	11	15/16"	5/8"	1/2"
3/4"	.750	10	1-1/8"	3/4"	5/8"
7/8"	.875	9	1-5/16"	7/8"	3/4"
1"	1.000	8	1-1/2"	1"	3/4"
1-1/4"	1.250	7	1-7/8"	1"	7/8"
1-1/2"	1.500	6	2-1/4"	1"	1-3/4"

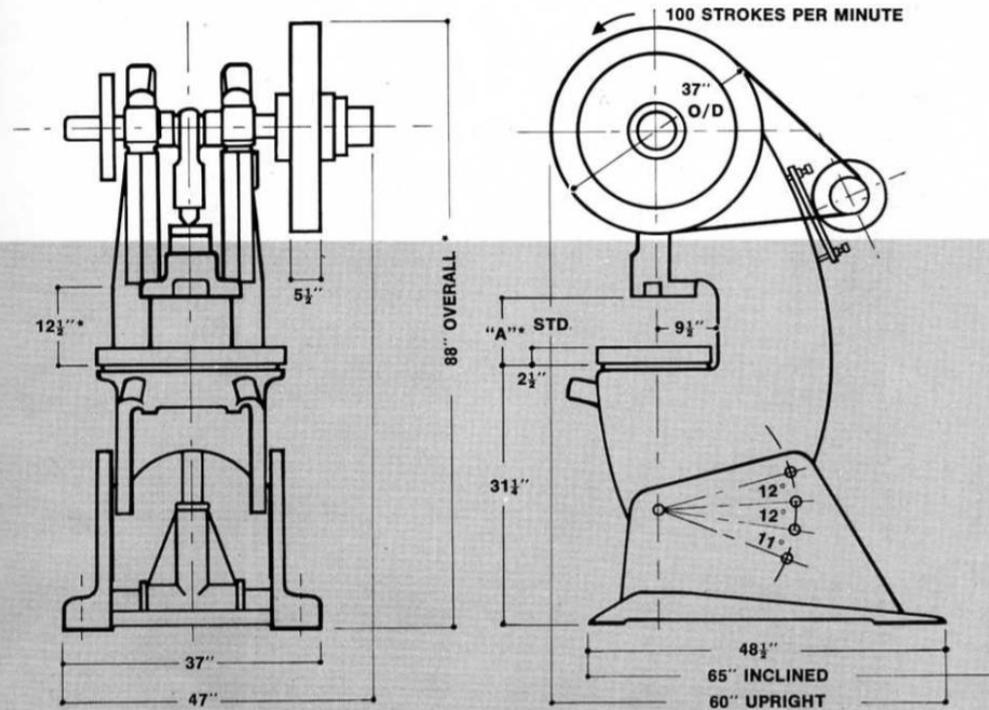


Tornillo Allen: estos tornillos se utilizan cuando se precisan superficies lisas. Sus fuerzas de apriete son bajas y tienen una cabeza cónica o cilíndrica, son tornillos avellanados y para colocarlos se recurre a una llave Allen. Esta se encaja en el orificio de forma hexagonal que contiene la cabeza.

DIÁMETRO	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA % MIN	DUREZA ROCKWELL MIN	DUREZA ROCKWELL MAX
6/32" a 1/2"	1240 N/mm ²	940 lbs/pulg ² (psi)	B32	B39
Mayor a 5/8"	1170 N/mm ²	900 lbs/pulg ² (psi)	B32	B39

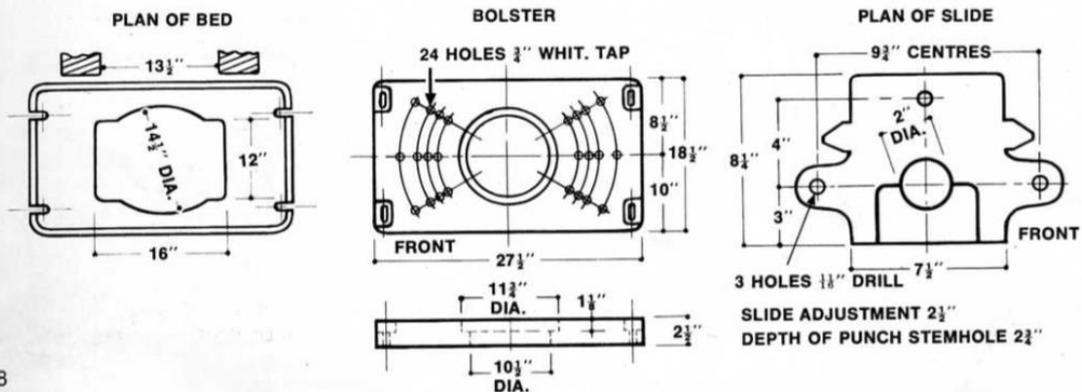
ANEXO N°16. Dimensiones de la prensa BLISS 35 utilizada en la producción.

35 Inclinable Flywheel Press

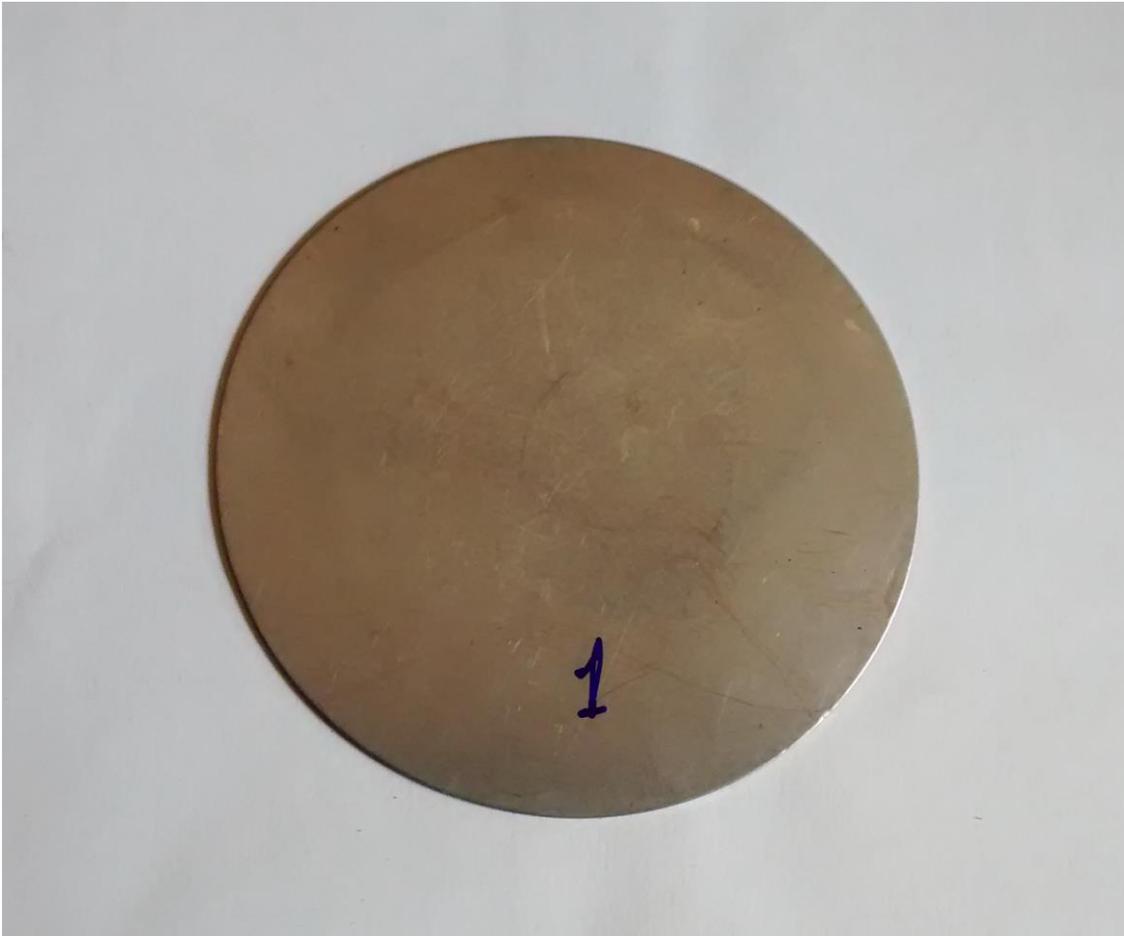


DIE SPACE FOR FIXED STROKE CRANKSHAFT								DIE SPACE FOR ADJUSTABLE STROKE CRANKSHAFT							
STROKE	1"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	ACTUAL STROKE	0.5"	1"	1.8"	2.5"	3"	3.5"
'A''	10.5"	10"	9.75"	9.5"	9.25"	9"	8.5"	8"	AVAILABLE WORKING STROKE	0.5"	0.9"	1.5"	2.3"	2.9"	3.5"
									'A''	10.75"	10.5"	10.1"	9.75"	9.4"	9.25"

DIE SPACE (DIM "A") — STROKE DOWN ADJ. UP
High Die Space Press has additional maximum 4" on dimensions marked*



ANEXO N°17. Desarrollo del portacuchilla de licuadora doméstica.



Material: Acero Inoxidable Austenítico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del desarrollo: Diámetro 76 mm

- Producido por matriz de recorte.
- 1ra matriz del proceso de producción.

ANEXO N°18. Primer embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Diámetro 34 mm x 14 mm de altura.

- Producido por matriz de primer embutido.
- Segunda matriz del proceso de producción.

ANEXO N°19. Segundo embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Diámetro 25 mm x 17 mm de altura.

- Producido por matriz de segundo embutido.
- Tercera matriz del proceso de producción.

ANEXO N°20. Tercer embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Diámetro 21 mm x 20 mm de altura.

- Producido por matriz de Tercer embutido.
- Cuarta matriz del proceso de producción.

ANEXO N° 21. Cuarto embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Diámetro 19 mm x 20 mm de altura.

- Producido por matriz de cuarto embutido.
- Quinta matriz del proceso de producción.

ANEXO N° 22. Quinto embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Nervio diámetro 32 mm x 1.5 mm.

- Producido por matriz de quinto embutido.
- Sexta matriz del proceso de producción.

ANEXO N° 23. Sexto embutido del portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenitico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Calibrado agujeros diámetro: 15.5mm y 9 mm. Para el alojamiento de bocinas de bronce sobre el que girara el vástago del portacuchilla.

- Producido por matriz de sexto embutido.
- Séptima matriz del proceso de producción.

ANEXO N°24. Grabado de especificación de posición de reten.



Material: Acero Inoxidable Austenítico AISI 304.

- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Grabado de especificación de uso.

- Producido por matriz de grabado de metal
- Octava matriz del proceso de producción.

ANEXO N° 25. Recorte final de diámetro del plato portacuchilla.



Material: Acero Inoxidable Austenítico AISI 304.

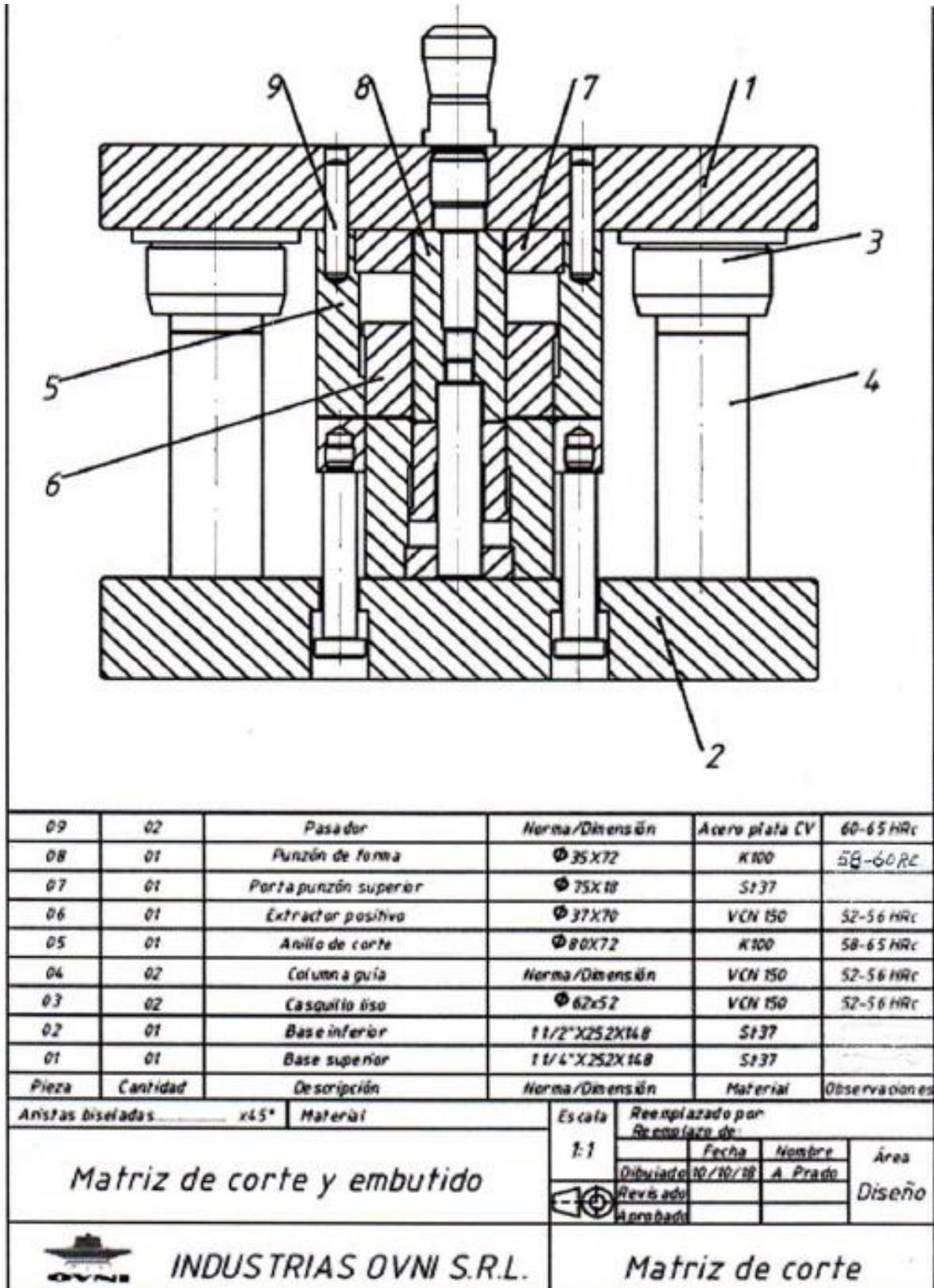
- Dimensiones de la plancha del cual es producido: 0.5mm x 1219.2 mm x 2434,4 mm
- Número de piezas producidas en una plancha: 435 piezas/ plancha

Dimensiones del producto embutido: Diámetro 66 mm (medida final)

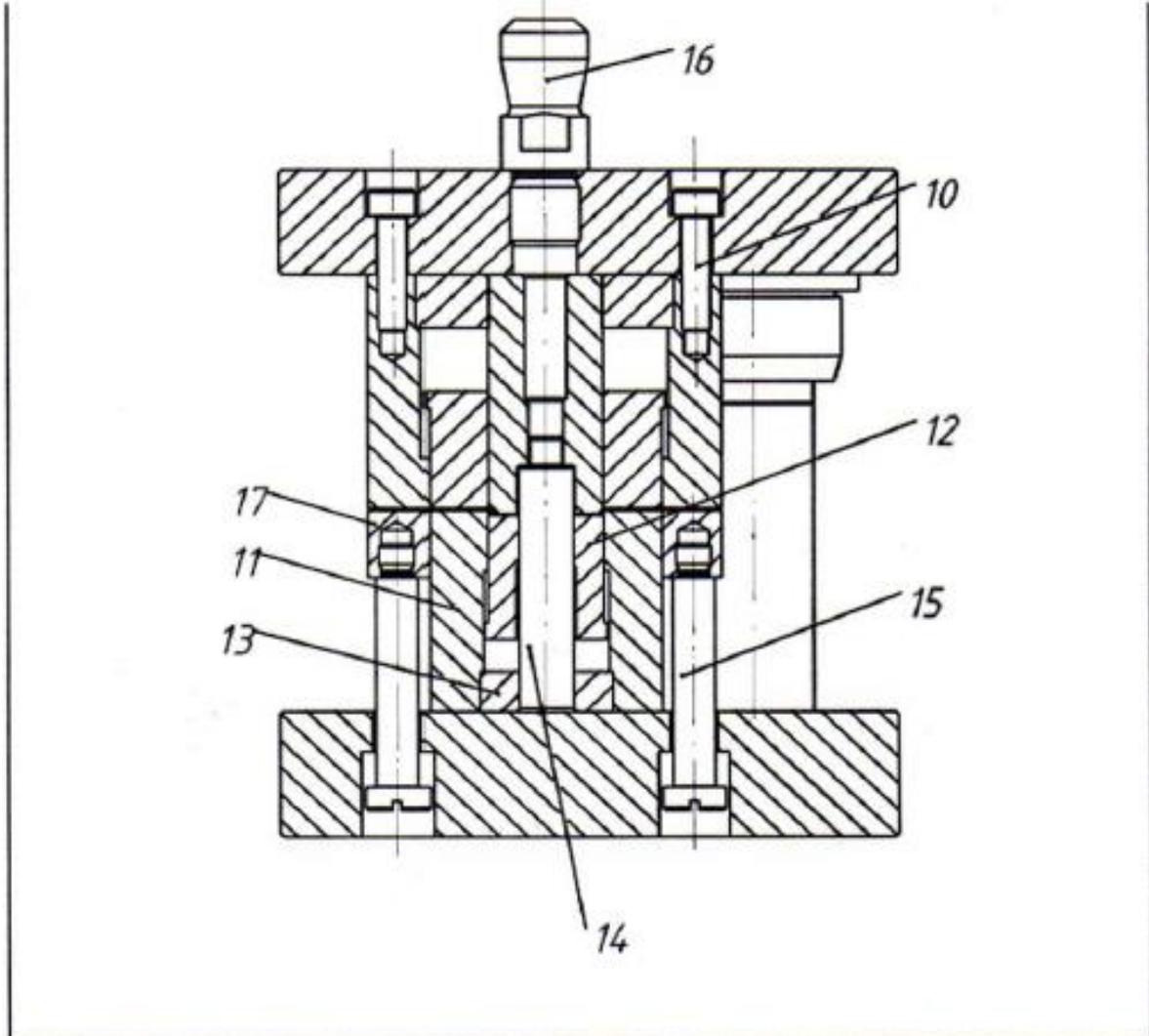
- Producido por matriz de recorte final.
- Novena matriz del proceso de producción.

Producto ya está habilitado para poder alojar bocinas de bronce al berilio, para que eje del vástago pueda girar conjuntamente con las cuchillas.

ANEXO N° 26. Matriz combinada, vista frontal.



ANEXO N° 27. Matriz combinada, vista lateral derecha.



17	01	Prensa Chapa	Φ 100x20	VCN 150	52-56 HRc
16	01	Vástago	DIN 9859 - M16x1.5x45	ST37	
15	04	Tornillo fope guía	M10X12X70	STD	Grado 8.8
14	01	Punzón embutido	Φ 20X84	K100	58-65 HRc
13	01	Porta punzón	Φ 14 X40	S137	57-65 HRc
12	01	Extractor negativo	Φ 37X39	VCN 150	52-56 HRc
11	01	Punzón de corte	Φ 68X62	K100	58-65 HRc
10	02	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 912 - M8X35	STD	Grado 8.8
Pieza	Cantidad	Descripción	Norma/Dimensión	Material	Observaciones
Aristas biseladas..... x45°		Material	Escala	Reemplazado por: Reemplazo de:	
Matriz de corte y embutido			1:1	Fecha	Nombre
			Dibujado	10/10/18	A. Prado
			Revisado		
			Horobado		
 INDUSTRIAS OVNI S.R.L.			Matriz de corte		