

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA LÁMINAS
DE ALUMINIO DE 0,6mm DE ESPESOR PARA OBTENER DISCOS
DE 145 mm DE DIÁMETRO PARA EL LABORATORIO DE
CONFORMADO MECÁNICO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

CHARRO PAUCAR CARLOS ANDRES

carlos_mecanica_epn@hotmail.com

EUGENIO PILLIZA CRISTIAN IVAN

cristian.ivan2013@hotmail.com

Director: Ing. MONAR MONAR WILLAN LEOPOLDO

william.monar@epn.edu.ec

Codirector: Ing. TOAPANTA MUÑOZ VICENTE SALOMON

vicente.toapanta@epn.edu.ec

Quito, Agosto del 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Andrés Charro Paucar y Cristian Iván Eugenio Pilliza, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente

Carlos Andrés Charro Paucar

Cristian Iván Eugenio Pilliza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Carlos Andrés Charro Paucar y Cristian Iván Eugenio Pilliza, bajo la supervisión.

Ing. MONAR WILLAN
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. VICENTE TOAPANTA
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron en las diferentes etapas de mi carrera universitaria.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para lograr este proyecto de vida profesional y que con su apoyo me fortalecieron para seguir siempre adelante.

Carlos Andrés Charro Paucar

A Dios, por habernos concedido la gracia de la vida, la salud y darnos las fuerzas suficientes para culminar con este proyecto.

Un agradecimiento especial al Ing. Willan Monar, director de tesis, por habernos brindado de su apoyo incondicional, tiempo y dedicación que hicieron posible que esta tesis se realice.

Al Ing. Vicente Toapanta, codirector de tesis, por compartir sus conocimientos y experiencia en la presentación de planos y hojas de proceso.

A nuestra prestigiosa universidad, Escuela Politécnica Nacional y a todos los ingenieros que formaron parte de nuestra formación académica.

Cristian Iván Eugenio Pilliza

DEDICATORIA

A mi madre, Martha Cecilia Paucar Cajamarca, por su paciencia y su amor incondicional en los momentos más difíciles y porque siempre me ha enseñado a compartir lo poco o mucho que se tenga con las personas.

A mi padre, Jaime Ángel Charro Guamba, que Dios le dio la oportunidad de estar junto a mí para poderme enseñar el verdadero valor del esfuerzo y la responsabilidad, sin olvidarme el orgullo que tengo de ser su hijo.

A mi hermanos, Byron y Tania, por entenderme y ayudarme incondicionalmente.

Carlos Andrés Charro Paucar

A Dios, por haberme guiado por el buen camino y permitirme darle ésta satisfacción grande a mi familia, en especial a mí querida madre.

A mis padres, por darme su incondicional apoyo y confianza, además de inculcarme valores éticos y morales, por tenerme presente en sus oraciones y llenarme de bendiciones.

A mis hermanos, por darme un buen ejemplo y enseñarme el valor de trabajo en equipo.

A mis amigos y compañeros, por compartir conmigo momentos de sano esparcimiento, además por proporcionarme la documentación y bibliografía indispensable para cursar algunas de las materias más difíciles.

Cristian Iván Eugenio Pilliza

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
MOMENCLATURA	xxiii
RESUMEN	xxv
PRESENTACIÓN	xxvi
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 DEFORMACIÓN ELÁSTICA Y PLÁSTICA.....	1
1.1.2 DEFORMACIÓN EN FRÍO	2
1.1.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	3
1.1.3.1 Resistencia.....	3
1.1.3.2 Ductilidad	4
1.1.3.3 Maleabilidad.....	5
1.1.3.4 Tenacidad	5
1.1.4 TRATAMIENTO TÉRMICO	6
1.1.4.1 Temple.....	6
1.1.4.2 Revenido.....	6

1.1.5	LA PRENSA	7
1.1.5.1	Características de la prensa de tornillo del Laboratorio de Conformado	8
1.1.6	FUNDAMENTOS DEL CORTE	8
1.1.6.1	Etapa 1: Deformación plástica	9
1.1.6.2	Etapa 2: Cizallamiento	9
1.1.6.3	Etapa 3: Ruptura.....	9
1.1.7	ALUMINIO	10
1.1.7.1	Características físicas	10
1.1.7.2	Propiedades mecánicas.....	11
1.1.7.3	Aplicaciones	12
1.1.8	ANÁLISIS DE ESFUERZO POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	12
1.1.8.1	Factores fundamentales del MEF	13
1.1.8.2	Dibujo de la geometría	13
1.1.8.3	El mallado	13
1.1.8.4	Geometría sometida a las cargas de esfuerzos	14
1.1.8.5	Análisis de esfuerzos	14
1.1.8.6	Factor de seguridad	15
1.1.9	SOFTWARE DE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL.....	16
1.1.9.1	Importancia de Inventor Professional	16
CAPÍTULO II.....		18
2.	ELEMENTOS DE UNA MATRIZ DE CORTE.....	18
2.1	COMPONENTES MÓVILES	19
2.1.1	ESPIGA O VÁSTAGO	19
2.1.1.1	Dimensiones y materiales.....	20
2.1.2	BASE SUPERIOR.....	21
2.1.2.1	Dimensiones y materiales.....	22

2.1.3	PLACA DE CHOQUE O PLACA SUFRIDERA.....	23
2.1.3.1	Dimensiones y materiales.....	23
2.1.4	PLACA PORTA PUNZONES	23
2.1.4.1	Dimensiones y materiales.....	23
2.1.5	PUNZONES	24
2.1.5.1	Dimensiones y materiales.....	24
2.2	COMPONENTES FIJOS	25
2.2.1	PLACA GUÍA DE PUNZONES.....	25
2.2.2	GUÍAS LATERALES	26
2.2.3	PLACA MATRIZ.....	27
2.2.3.1	Dimensiones y materiales.....	27
2.2.4	BASE INFERIOR	27
2.2.4.1	Dimensiones y materiales.....	28
2.2.5	COLUMNAS GUÍAS	28
2.2.5.1	Dimensiones y materiales.....	29
2.2.6	ELEMENTOS DE SUJECCIÓN Y POSICIONAMIENTO.....	29
2.2.6.1	Pasadores de posicionamiento cilíndricos.....	30
2.2.6.2	Tornillos de fijación	31
2.2.7	RESORTES HELICOIDALES	31
2.2.7.1	Principales tipos de aceros para resortes	32
CAPÍTULO III		34
3.	DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA MATRIZ DE CORTE	34
3.1	CASA DE LA CALIDAD.....	34
3.1.1	ANÁLISIS DE LA CASA DE LA CALIDAD.....	36
3.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	37
3.3	ANÁLISIS FUNCIONAL.....	38
3.3.1	DETERMINACIÓN DE MÓDULOS.....	40

3.3.2	SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	42
3.3.2.1	Módulo 1	42
3.3.2.1.1	Cortar chapa metálica.....	42
3.3.2.1.2	Alternativas de solución módulo 1	46
3.3.2.1.3	Evaluación y selección de los módulos.....	48
3.3.2.2	Módulo 2	50
3.3.2.2.1	Guía de punzón y prensa chapa.....	50
3.3.2.2.2	Guía de material	52
3.3.2.2.3	Alternativas de solución del módulo 2.....	53
3.3.2.2.3	Evaluación y selección de los módulos.....	54
3.3.2.3	Módulo 3	57
3.3.2.3.1	Sistema de expulsión con alzas.....	57
3.3.2.3.2	Sistema de expulsión con resortes.....	58
3.3.2.3.3	Alternativas de solución del módulo 3	58
3.3.2.3.4	Evaluación y selección de los módulos.....	59
3.3.2.4	Módulo 4	62
3.3.2.4.1	Sistema de armazón o soporte	62
3.3.2.4.2	Sistema guiado de columnas y casquillos.....	64
3.3.2.4.3	Evaluación y selección de los módulos.....	66
3.3.2.5	Módulo 5	69
3.3.2.5.1	Fijar y ajustar la base inferior a la matriz.....	70
3.3.2.5.2	Sujetar rígidamente la espiga a la prensa	70
3.3.2.6	Solución obtenida.....	71
3.4	DISEÑO DE LA MATRIZ DE CORTE	72
3.4.1	DISCO CON LAS DIMENSIONES REQUERIDAS.....	72
3.4.2	SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS Y LA SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS Y TIRA DE MATERIAL.....	73

3.4.2.1	Disposición normal.	73
3.4.2.2	Arreglo de la pieza a fabricar.	74
3.4.2.2.1	Arreglo simple.....	74
3.4.2.3	Material de las tiras.	74
3.4.2.4	Separación entre piezas.	74
3.4.2.5	Separación entre la pieza y el lado de la tira.	76
3.4.2.6	Paso	77
3.4.3	ORIENTACIÓN DE LA PLANCHA DE 1220 X 2440 EN DISPOSICIÓN NORMAL DEL ELEMENTO A CORTAR.	78
3.4.3.1	Disposición normal horizontal	79
3.4.3.2	Disposición normal vertical	80
3.4.4	JUEGO ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.	81
3.4.5	DIMENSIONES DE PUNZÓN Y MATRIZ.	83
3.4.6	FUERZA DE CORTE TOTAL REQUERIDA.	84
3.4.6.1	Fuerza de corte	86
3.4.7	CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MATRIZ.	86
3.4.8	LONGITUD DE PANDEO DEL PUNZÓN.	87
3.4.9	POTENCIA REQUERIDA PARA EL TRABAJO DE LA PRENSA.	89
3.4.9.1	Potencia real de la prensa	89
3.4.10	DISEÑO DE LAS PLACAS DE LA MATRIZ DE CORTE.	90
3.4.10.1	Placa de choque o sufridera.....	90
3.4.10.2	Punzón circular	90
3.4.10.3	Placa matriz	91
3.4.10.4	Sistema de extracción con resortes.....	92
3.4.10.4.1	Diámetro del alambre circular helicoidal	94
3.4.10.4.2	Cálculo del coeficiente: (K)	95
3.4.10.4.3	Cálculo del diámetro medio del resorte D	95

3.4.10.4.4	Cálculo de la fuerza de trabajo final en (Kgf).....	95
3.4.10.4.5	Cálculo de la fuerza que produce la tensión en el material igual al límite de elasticidad en (Kgf), P_{lim}	96
3.4.10.4.6	Cálculo de la carrera de regulación: H_f-H_d	96
3.4.10.4.7	Cálculo de la deformación total en (mm): F_2	96
3.4.10.4.8	Cálculo del número de espiras activas: n	96
3.4.10.4.9	Cálculo del número de espiras totales: n_t	97
3.4.10.4.10	Cálculo del paso del resorte en (mm): h	97
3.4.10.4.11	Cálculo de la longitud del resorte hasta que se toquen las espiras en (mm):	97
3.4.10.4.12	Cálculo de la altura libre del resorte en (mm): H_o	97
3.4.10.5	Guías de chapa metálica	97
3.4.10.6	Base inferior	98
3.4.10.7	Base superior	99
3.4.10.8	Columnas guía	99
3.4.10.9	Casquillos	100
3.4.10.10	Elementos normalizados	101
3.5	SIMULACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.	102
3.5.1	SUPUESTOS REALIZADOS EN LA SIMULACIÓN	103
3.5.2	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE LAS PARTES PRINCIPALES.....	103
3.5.3	PROCESO PARA CREAR UNA SIMULACIÓN DE ANÁLISIS ESTÁTICO.....	104
3.5.3.1	Crear el modelo	104
3.5.3.2	Asignar el tipo de material.	105
3.5.3.3	Añadir las restricciones a las que se encuentra sometido.....	105
3.5.3.4	Agregar las cargas actuantes.	107

3.5.3.5	Análisis de esfuerzos y deformaciones del punzón.....	108
3.5.3.6	Especificar el mallado a aplicar al elemento.....	109
3.5.3.7	Ejecutar la simulación.....	110
3.5.3.8	Visualizar e interpretar los resultados.....	110
CAPÍTULO IV		111
4.	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ.....	111
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ	111
4.1.1	BASE SUPERIOR.....	112
4.1.2	BASE INFERIOR	113
4.1.3	COLUMNAS.....	113
4.1.4	CASQUILLO	114
4.1.5	PLACA PORTA MATRIZ.....	115
4.1.6	PLACA MATRIZ.....	115
4.1.7	PUNZÓN CIRCULAR.....	116
4.1.8	SUFRIDERA	117
4.1.9	GUÍA DE MATERIAL	117
4.1.10	PLACA EXPULSORA.....	118
4.1.11	TOPE	119
4.2	MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ.....	119
4.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	123
4.3.1	NOMBRE DEL ENSAYO 1: Prueba en vacío	123
4.3.1.1	Objetivo.....	123
4.3.1.2	Dueño del proceso	124
4.3.1.3	Conjunto de actividades	124
4.3.1.4	Entradas.....	126
4.3.1.5	Salidas	126

4.3.2	NOMBRE DEL ENSAYO 2: Cortar la tira metálica.....	126
4.3.2.1	Objetivo.....	126
4.3.2.2	Dueño del proceso.....	126
4.3.2.3	Conjunto de actividades.....	126
4.3.2.4	Entradas.....	128
4.3.2.5	Salidas.....	128
4.3.2.6	Prueba # 1.....	128
4.3.2.7	Prueba # 2.....	129
4.3.3	NOMBRE DEL ENSAYO 3: Medir y verificar dimensiones.....	132
4.3.3.1	Objetivo.....	132
4.3.3.2	Dueño del proceso.....	132
4.3.3.3	Conjunto de actividades.....	132
4.3.3.4	Entradas.....	133
4.3.3.5	Salidas.....	133
4.4	COSTOS.....	134
4.4.1	MATERIALES.....	134
4.4.2	ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	135
4.4.3	MANO DE OBRA.....	135
4.4.4	COSTO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	136
4.4.5	COSTOS DE DISEÑO.....	136
4.4.6	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	137
	CAPÍTULO V.....	138
5.	ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN.....	138
5.1	ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL PUNZÓN DE CORTE.....	138
5.2	ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA PLACA MATRIZ	

5.3	ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL BOTADOR	143
CAPÍTULO VI		147
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
6.1	CONCLUSIONES.....	147
6.2	RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA		150
ANEXOS		152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama esfuerzo - deformación unitaria en tensión de un acero.....	2
Figura 1.2 Esquema de algunas técnicas de procesamiento por deformación en frío.	2
Figura 1.3 Máquina universal para ensayo de tracción, Tinius Olsen.....	4
Figura 1.4 Curva característica Esfuerzo - Deformación	4
Figura 1.5 Maleabilidad.....	5
Figura 1.6 Tenacidad	5
Figura 1.7 Prensa hidráulica	7
Figura 1.8 Prensa de tornillo.....	8
Figura 1.9 Deformación plástica	9
Figura 1.10 Cizallamiento	9
Figura 1.11 Ruptura	10
Figura 1.12 Modelado de una pieza en un programa CAD 3D	13
Figura 1.13 Mallado medio de la geometría de una pieza.....	14
Figura 1.14 Simulación de un modelo 3D sometido a cargas	14
Figura 1.15 Comparación de tres teorías de falla estática para materiales dúctiles	15
Figura 1.16 Autodesk Inventor Professional	16
Figura 2.1 Elementos de una matriz de corte	18
Figura 2.2 Unión de la parte móvil de la matriz de corte a la prensa.	19
Figura 2.3 Medidas de vástagos cuyos valores se dan en la tabla 2.2.....	20
Figura 2.4 Bases superior e inferior de una matriz de corte.	22
Figura 2.5 Punzones, portapunzones y placa sufridera.	25
Figura 2.6 Placa guía de punzones	26
Figura 2.7 Ejemplo de guías laterales.....	26
Figura 2.8 Bases inferior – superior normalizadas	28
Figura 2.9 Columnas normalizadas	29
Figura 2.10 Pasador cilíndrico DIN 6325.....	30
Figura 2.11 Tornillo allen DIN 912.....	31
Figura 2.12 Diagrama de cuerpo libre de un resorte helicoidal.....	32

Figura 3.1 Nivel 0.....	38
Figura 3.2 Nivel 1	39
Figura 3.3 Nivel 2.....	39
Figura 3.4 Módulos encontrados para el correcto funcionamiento de la matriz	40
Figura 3.5 Punzón circular con cabeza mecanizada y perfil constante	42
Figura 3.6 Punzón circular	43
Figura 3.7 Punzón de intersección con aristas de cabeza cilíndrica.....	43
Figura 3.8A Placa matriz de forma circular	44
Figura 3.9 Placa matriz rectangular	45
Figura 3.10 Elementos de corte circular, alternativa 1	47
Figura 3.11 Elementos de corte circular, alternativa 2	47
Figura 3.12 Elementos de corte, alternativa 3	47
Figura 3.13 Placa circular prensa chapa	51
Figura 3.14 Placa rectangular prensa chapa	51
Figura 3.15 Placa guía de material circular	52
Figura 3.16 Regleta guía rectangular.....	53
Figura 3.17 Prensa chapa y regletas guías circulares	54
Figura 3.18 Prensa chapa y regletas guías rectangulares	54
Figura 3.19 Alzas móviles circulares	57
Figura 3.20 Placa circular con apoyo de 4 resortes	58
Figura 3.21 Sistema de resortes expulsores.....	59
Figura 3.22 Alza circular	59
Figura 3.23 Placa armazón de forma rectangular.....	63
Figura 3.24 Placa armazón de forma circular.....	63
Figura 3.25 Placa porta punzón circular	64
Figura 3.26 Placa porta punzón rectangular	65
Figura 3.27 Porta troqueles rectangulares alternativa 1 y 2	66
Figura 3.28 Porta troquel circular.....	66
Figura 3.29 Diseño de la matriz de corte prioritario.....	69
Figura 3.30 Solución para el módulo 5.....	70
Figura 3.31 Solución de la matriz de corte.....	71
Figura 3.32 Montaje de la solución obtenida en la prensa	71
Figura 3.33 Dimensiones principales del disco a cortar.....	72

Figura 3.34 Modelo en 3 dimensiones del disco conformado.....	73
Figura 3.35 Pieza de forma regular inscrita en un paralelogramo cuadrangular.....	73
Figura 3.36 Disposición simple de la pieza a cortar.....	74
Figura 3.37 Gráfica para determinar la separación mínima entre dos piezas para un material de espesor conocido.....	75
Figura 3.38 Separación mínima entre piezas: A puntos aislados y B Línea alargada.....	76
Figura 3.39 Paso en el corte de piezas.....	77
Figura 3.40 Determinación del paso.....	77
Figura 3.41 Paso entre piezas consecutivas.....	78
Figura 3.42 Disposición normal de la pieza con la plancha en sentido horizontal.....	79
Figura 3.43 Disposición normal de la pieza con la plancha en sentido vertical.....	80
Figura 3.44 Juego entre el punzón y matriz.....	81
Figura 3.45 Dimensión de la matriz de corte.....	83
Figura 3.46 Dimensión del punzón de corte.....	84
Figura 3.47 Variación de la fuerza en el corte de una pieza.....	84
Figura 3.48 Gráfico de disposición del punzón de corte.....	87
Figura 3.49 Momento de inercia de una circunferencia.....	88
Figura 3.50 Placa sufridera.....	90
Figura 3.51 Punzón de corte.....	91
Figura 3.52 Placa matriz.....	92
Figura 3.53 Sistema de extracción con resortes.....	92
Figura 3.54 Guía de chapa metálica.....	98
Figura 3.55 Base superior.....	98
Figura 3.56 Base inferior.....	99
Figura 3.57 Columnas guía.....	100
Figura 3.58 Casquillos guía.....	100
Figura 3.59 Pasador cilíndrico DIN 6325.....	101
Figura 3.60 Tornillo DIN 912.....	102
Figura 3.61 Tornillo DIN 7991.....	102
Figura 3.62 Punzón de corte.....	104
Figura 3.63 Restricción fija impuesta al punzón de corte.....	106
Figura 3.64 Restricción de pasador impuesta al punzón de corte.....	106

Figura 3.65 Triángulo rectángulo formado por el espesor de la chapa metálica y la holgura entre el punzón – matriz	107
Figura 3.66 Triángulo rectángulo encontrado por las distancias.....	107
Figura 3.67 Triángulo rectángulo resultante de fuerzas	108
Figura 3.68 Fuerzas aplicadas sobre el punzón	109
Figura 3.69 Mallado aplicado al punzón	109
Figura 3.70 Esfuerzos de Von Mises del punzón de corte	110
Figura 4.1 Base superior.....	112
Figura 4.2 Base inferior.....	113
Figura 4.3 Construcción columna.....	114
Figura 4.4 Casquillo	114
Figura 4.5 Placa porta matriz.....	115
Figura 4.6 Placa matriz.....	116
Figura 4.7 Punzón circular	116
Figura 4.8 Construcción de placa sufridera	117
Figura 4.9 Guías de material	118
Figura 4.10 Placa expulsora	118
Figura 4.11 Tope	119
Figura 4.12 Montaje base superior – inferior	120
Figura 4.13 Disposición del punzón y sufridera.....	120
Figura 4.14 Disposición de los elementos en la parte móvil de la matriz	121
Figura 4.15 Montaje de la matriz, parte fija	121
Figura 4.16 Montaje completo de la matriz de corte.....	122
Figura 4.17 Matriz de corte construida.....	122
Figura 4.18 Matriz construida	123
Figura 4.19 Concentricidad entre la placa matriz - punzón.....	124
Figura 4.20 Concentricidad entre la placa matriz - punzón.....	125
Figura 4.21 Guía y posicionamiento de la tira metálica	127
Figura 4.22 Disco atascado sin lubricación de elementos	128
Figura 4.23 Elementos principales lubricados.....	129
Figura 4.24 Disco de aluminio atrapado.....	129
Figura 4.25 Montaje de resortes expulsores con mayor fuerza elástica	130
Figura 4.26 Obtención el disco de aluminio.....	131

Figura 4.27 Funcionamiento adecuado del tope limitador longitudinal.....	131
Figura 4.28 Diámetro del disco cortado.	132
Figura 4.29 Separación entre piezas.	133
Figura 5.1 La fuerza y Presión aplicadas (Color amarillo) y restricciones (Color rojo) .	138
Figura 5.2 Vista del punzón con mallado	139
Figura 5.3 Análisis de esfuerzos de Von Mises del punzón de corte	139
Figura 5.4 Análisis de deformación del punzón de corte	140
Figura 5.5 La presión y la fuerza aplicada (Color amarillo) y restricciones (Color rojo)	141
Figura 5.6 Mallado tetragonal en la matriz.....	141
Figura 5.7 Análisis de esfuerzos de Von Mises de la matriz de corte.....	142
Figura 5.8 Análisis de deformación de la matriz de corte	142
Figura 5.9 Presión aplicada (Color amarillo) y restricciones (Color rojo).....	143
Figura 5.10 Mallado del disco botador.....	144
Figura 5.11 Análisis de esfuerzos de Von Mises de la placa sufridera	144
Figura 5.12 Análisis de deformación de la placa matriz	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 - Propiedades generales del aluminio	11
Tabla 1-2 - Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio	11
Tabla 2.1 - Elementos de una matriz	18
Tabla 2-2 - Dimensiones de los vástagos de sujeción según la norma DIN 9859	21
Tabla 3-1 - Voz del usuario	35
Tabla 3-2 - Voz del ingeniero	36
Tabla 3-3 - Especificaciones técnicas	37
Tabla 3-4 - Definición de los módulos	41
Tabla 3-5 - Alternativas de solución para el módulo 1	46
Tabla 3-6 - Criterios de evaluación	48
Tabla 3-7 - Criterio: mantenimiento	49
Tabla 3-8 - Criterio: volumen	49
Tabla 3-9 - Criterio: mecanizado sencillo	49
Tabla 3-10 - Criterio: fiabilidad	49
Tabla 3-11 - Criterio: precio	50
Tabla 3-12 - Conclusiones	50
Tabla 3-13 - Alternativas de solución para el módulo 2	53
Tabla 3-14 - Criterios de evaluación	55
Tabla 3-15 - Criterio: fijación y posicionamiento	55
Tabla 3-16 - Criterio: Peso	56
Tabla 3-17 - Criterio: fácil mecanizado	56
Tabla 3-18 - Criterio: estabilidad	56
Tabla 3-19 - Criterio: costo	56
Tabla 3-20 - Conclusiones	57
Tabla 3-21 - Alternativas de solución para el módulo 3	58
Tabla 3-22 - Criterios de evaluación	60
Tabla 3-23 - Criterio: montaje y desmontaje	60
Tabla 3-24 - Criterio: confiabilidad	61

Tabla 3-25 - Criterio: mecanizado	61
Tabla 3-26 - Criterio: disponibilidad	61
Tabla 3-27 - Criterio: precio	61
Tabla 3-28 - Conclusiones	62
Tabla 3-29 - Criterios de evaluación	67
Tabla 3-30 - Criterio: Sujeción y posicionamiento	67
Tabla 3-31 - Criterio: volumen	68
Tabla 3-32 - Criterio: fabricación	68
Tabla 3-33- Criterio: fiabilidad	68
Tabla 3-34 - Criterio: precio	68
Tabla 3-35 - Conclusiones	69
Tabla 3-36 - Tolerancias admisibles entre punzones y placas	82
Tabla 3-37 - Resistencia a la cizalladura (σ_T) de los materiales que pueden ser cortados por troquel, determinados por SCHULER	85
Tabla 3-38 - Datos del gráfico de disposición de los punzones	87
Tabla 3-39 - Propiedades mecánicas de los alambres para fabricar resortes	93
Tabla 3-40 - Constantes para el cálculo del esfuerzo máximo del alambre circular del resorte.	94
Tabla 3-41- Rango de valores para el índice del resorte C, según varios autores.	95
Tabla 3-42 - Propiedades físicas y mecánicas del acero K 100	105
Tabla 3-43 - Tipos de restricciones disponibles	106
Tabla 4-1- Planos elaborados de la matriz de corte	111
Tabla 4-2- Planos elaborados de la matriz de corte (Continuación)	112
Tabla 4-3 - Actividades para verificar el alineamiento entre placas	125
Tabla 4-4 - Actividades para comprobar el funcionamiento de la matriz.	127
Tabla 4-5 - Actividades para comprobar el diámetro de corte, separación entre piezas	133
Tabla 4-6 - Costo de materiales	134
Tabla 4-7 - Costos elementos normalizados	135
Tabla 4-8 - Costo de mano de obra	135
Tabla 4-9 - Costos de tratamientos térmicos	136
Tabla 4-10 - Costo de diseño	137
Tabla 4-11- Costo total del proyecto	137

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CASA DE LA CALIDAD	152
ANEXO B: ANÁLISIS FUNCIONAL	154
ANEXO C: DETERMINACIÓN DE MÓDULOS	155
ANEXO D: MATERIALES UTILIZADOS	156
ANEXO E: ELEMENTOS NORMALIZADOS	167
ANEXO F: TABLAS DE AJUSTES UTILIZADOS	175
ANEXO G: TABLA DE TOLERANCIAS SUPERFICIALES	179
ANEXO H: TRATAMIENTOS TÉRMICOS	183
ANEXO I: ELABORACIÓN DE PLANOS DE CONJUNTO Y TALLER	188
ANEXO J: HOJAS DE PROCESOS	189

MOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
D	Diámetro principal de la placa matriz	[mm]
D	Diámetro del punzón de corte	[mm]
$dmáx$	Distancia longitudinal máxima entre dos piezas.	[mm]
E	Módulo de elasticidad	$\left[\frac{Kgf}{mm^2}\right]$
e	Espesor de la chapa metálica	[mm]
F_c	Esfuerzo o fuerza requerida para el corte	[Kgf]
F_{exp}	Fuerza de expulsión	[Kgf]
F_{ext}	Fuerza de extracción	[Kgf]
h	Altura del punzón	mm
I_g	Momento de inercia de la sección transversal del punzón con respecto al eje que pasa por su centro de gravedad	mm^4
l	Longitud del perímetro de corte	mm
L	Longitud dimensional de un segmento de línea	mm
L_p	Longitud de pandeo	mm
P	Paso entre piezas	mm
P_{efec}	Potencia efectiva de la prensa	Kgf
P_{real}	Potencia real de la prensa	Kgf
s	Separación mínima entre piezas.	[mm]
S'	Separación entre la pieza y la tira de material	[mm]
Sp	Juego entre el punzón y matriz	[mm]
x_G	Centro de gravedad en el eje X	[mm]
x_i	Centro de gravedad en el eje X de un segmento de recta	[mm]
Y_G	Centro de gravedad en el eje y	[mm]
Y_i	Centro de gravedad en el eje y de un segmento de recta	[mm]
ρ	rendimiento	%

σ_T Resistencia a la cizalladura

$\frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$

RESUMEN

En el presente proyecto se construye una matriz para troquelar láminas de aluminio de 0,6 mm de espesor, con el objetivo de producir discos de 145 mm de diámetro que se utilizan como materia prima en la fabricación de vasos en la práctica de repujado al torno que realizan los estudiantes que reciben la materia de conformado mecánico. Para empezar se describe los fundamentos teóricos principales del estudio de las propiedades de los materiales relacionados con la aplicación de la matricería y su adecuado uso, se continúa con la descripción de los elementos que forman la matriz de corte y sus especificaciones de acuerdo a su función. Se prosigue con el diseño; primero se efectúa un estudio de la forma de la pieza que se quiere obtener y del proceso más adecuado para fabricarla. Apoyados en el diseño concurrente del Doctor Carlos Riba, se plantea la casa de la calidad, especificaciones técnicas, el diagrama funcional con sus diferentes módulos y las posteriores alternativas de solución, para mediante el método de criterios ponderados, obtener la solución para la matriz solicitada. Se realiza el diseño de la matriz de punzonado, tanto con elementos que se tienen que fabricar y necesitan sus respectivos planos, como con elementos normalizados. El proceso de fabricación escogido es mediante una matriz de punzonado simple, por lo que se estudia la disposición de la pieza sobre la chapa, para obtener el mayor número de piezas. El diseño de la matriz está justificado por los cálculos previos realizados. Una vez hecho el diseño de la matriz se realiza un análisis de esfuerzos y deformaciones por el método de elementos finitos, a los elementos principales de la matriz sometidos al mayor desgaste. Finalmente, se procede con la construcción del troquel de corte y su posterior prueba de funcionamiento.

PRESENTACIÓN

En el campo de la Ingeniería Mecánica, la matricería es un campo fundamental a nivel industrial para obtener piezas en serie de diversas formas y sin el arranque de viruta, permite disminuir el tiempo de fabricación y obtener piezas con mayor resistencia mecánica. El laboratorio de conformado de Ingeniería Mecánica posee una adecuada prensa pero no cuentan con una variedad de matrices que permitan fortalecer el aprendizaje de los estudiantes sobre la producción de piezas en chapa metálica.

El presente proyecto tiene como principal objetivo facilitar el aprendizaje de los estudiantes al permitirles tener herramientas para poner en práctica los conocimientos obtenidos en la materia de conformado mecánico.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La obtención de piezas por chapa estampada depende en gran parte de la calidad y propiedad del material a ser estampado, así como de los elementos que componen la matriz; por esta razón se debe analizar la capacidad de trabajo en frío del material a emplearse y tener en cuenta los tratamientos térmicos de los elementos de la matriz que lo requirieran para una mejor utilización de los materiales.

1.1 GENERALIDADES

La matricería es parte del conformado mecánico permite obtener piezas mecánicas en serie por medio de una matriz y un punzón. Además, tiene gran aplicación en diferentes procesos industriales de producción en serie debido a las ventajas del proceso y sus propiedades mecánicas luego del mismo.

1.1.1 DEFORMACIÓN ELÁSTICA Y PLÁSTICA

Si una pieza metálica se somete a una fuerza de tensión uniaxial; se genera en el metal una deformación, si este metal retorna a sus dimensiones iniciales cuando la fuerza deja de actuar, se dice que ha sufrido una deformación elástica, en caso contrario si el metal es deformado hasta el extremo de no poder recuperar sus dimensiones iniciales, se dice entonces que ha sufrido una deformación plástica¹, figura 1.1.

¹ WILLIAM SMITH, (1998) *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, Ed. Mc Graw Hill, 3ra edición , pág. 204

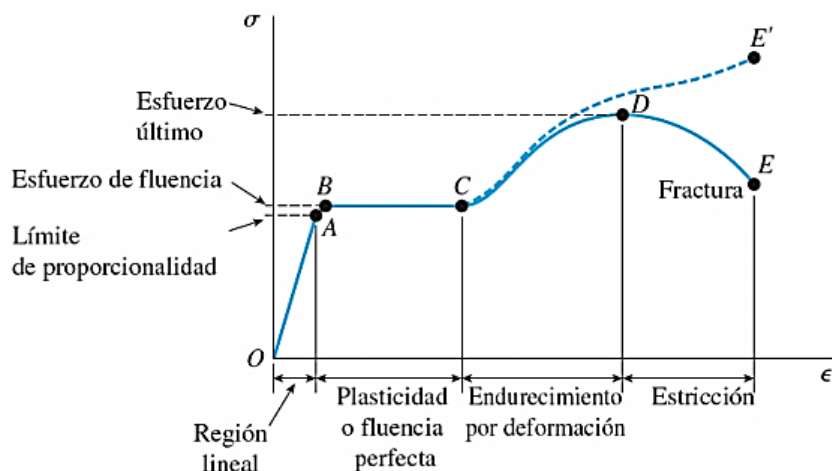


Figura 1.1 Diagrama esfuerzo - deformación unitaria en tensión de un acero.

Fuente: Gere & Goodno, 2009, pág. 19

1.1.2 DEFORMACIÓN EN FRÍO

El trabajo en frío cambia las propiedades de un material que se encuentra a baja temperatura al aplicar un proceso mecánico, es decir incrementa el número de dislocaciones mediante deformación por endurecimiento del material que puede llegar hasta la ruptura. Algunas de las ventajas del trabajo en frío es obtener tolerancias dimensionales, terminados superficiales excelentes y una forma final de la pieza con un buen acabado, por esta razón se emplean diversas técnicas para conformar y endurecer un material por trabajo en frío, figura 1.2.

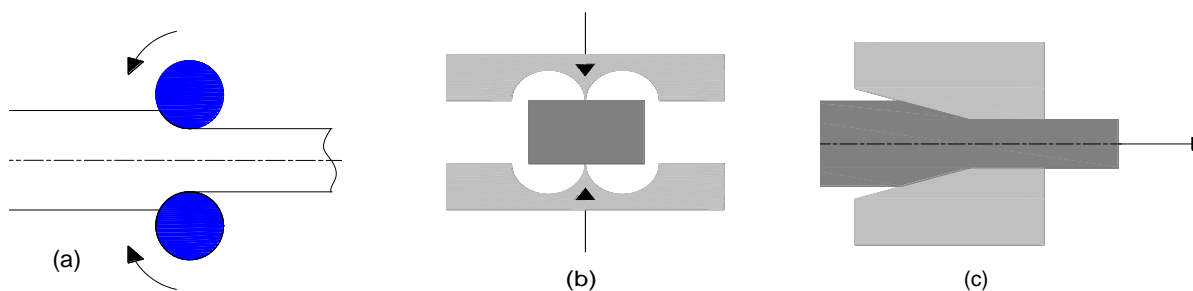


Figura 1.2 Esquema de algunas técnicas de procesamiento por deformación en frío.

(a) Rolado, (b) Forjado, (c) Trefilado.

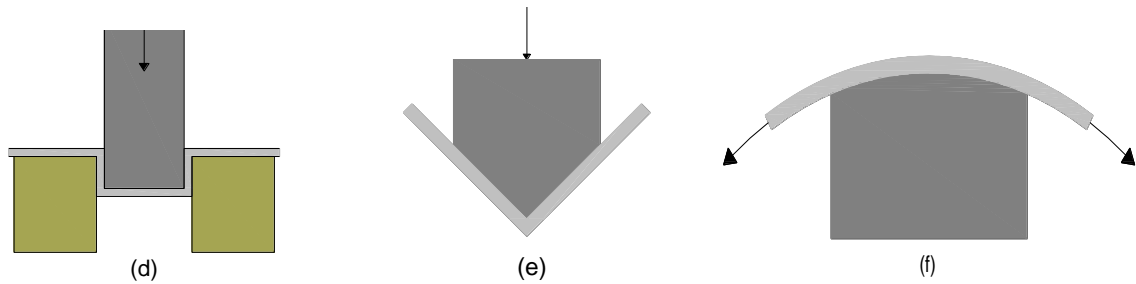


Figura 1.2 Esquema de algunas técnicas de procesamiento por deformación. (d) Embutido, (e) Doblado, (f) Estirado. (Continuación)

1.1.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Son las características propias de un material que hacen que se comporten de una manera determinada ante estímulos externos, las mismas que se pueden determinar mediante ensayos mecánicos. Las principales propiedades mecánicas de los materiales que son analizados en esta sección son: resistencia, ductilidad, maleabilidad y tenacidad.

1.1.3.1 Resistencia

La resistencia de un material se define por sus propiedades mecánicas al momento de interactuar con una fuerza provocando deformaciones o rupturas, es decir cuánto puede soportar antes de ceder. La forma adecuada de determinar cómo se comportan los materiales es mediante experimentos en el laboratorio cuando se somete al material a cargas, figura 1.3.



Figura 1.3 Máquina universal para ensayo de tracción, Tinius Olsen
Fuente: <http://www.cyti.com.mx/tension.asp>.

1.1.3.2 Ductilidad

La ductilidad es la propiedad que tienen algunos materiales en la cual la acción de una fuerza puede producir una deformación obteniendo diversas formas sin romperse. Los materiales dúctiles pueden deformarse en grandes proporciones y solo se produce la ruptura bajo la aplicación de un esfuerzo adecuado, figura 1.4.

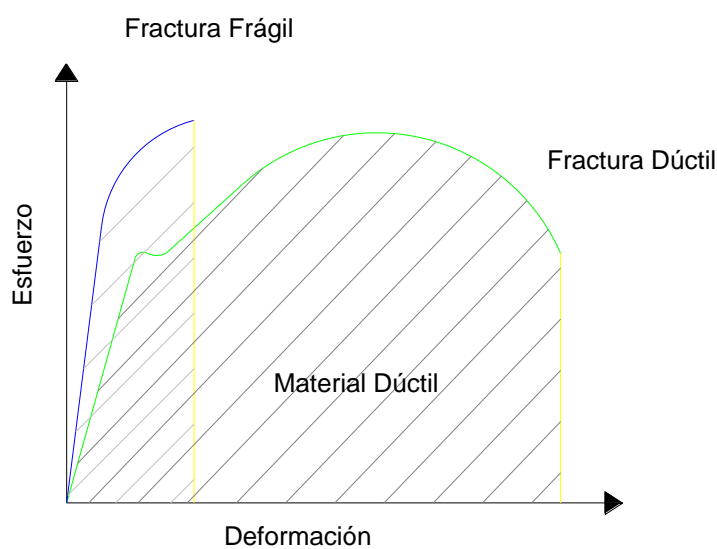


Figura 1.4 Curva característica Esfuerzo - Deformación

1.1.3.3 Maleabilidad

Es la capacidad que tiene un material para expandirse en láminas sin romperse, un caso normal es el aluminio que por sus propiedades es un material con excelente maleabilidad, figura 1.5.

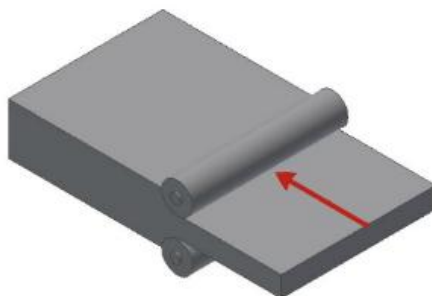


Figura 1.5 Maleabilidad

1.1.3.4 Tenacidad

Es la propiedad de resistencia que presenta un material a romperse cuando es sometido a esfuerzos de deformación, es decir puede ser un material muy tenaz o poco tenaz tal como se muestra en la figura 1.6.

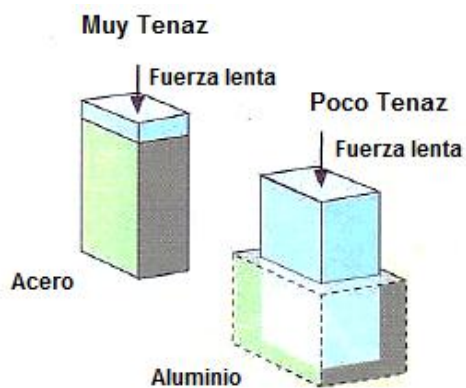


Figura 1.6 Tenacidad

1.1.4 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico es un proceso donde se controla el tiempo, la temperatura y la velocidad de enfriamiento al permitir liberar esfuerzos residuales o modificar las propiedades de los materiales como la dureza, ductilidad y tenacidad. Los esfuerzos residuales se producen dentro del material durante su procesamiento, ya que en vez de provocar la deformación del material se conservan dentro de su estructura produciendo problemas en sus propiedades. Los tratamientos térmicos empleados son: el temple y revenido.

1.1.4.1 Temple

Consiste en someter al metal, por ejemplo el acero, a un ciclo térmico que comprenda sucesivamente, un calentamiento de toda la masa y transformarla en austenita y después realizar un enfriamiento apropiado, efectuado desde la temperatura de temple hasta otra más baja que puede ser diferente a la del ambiente, (con aceites, agua o salmuera). En función del material base que se va a someter a tratamiento térmico y controlar los parámetros de temperatura, el tiempo de calentamiento y de la velocidad de enfriamiento se puede lograr una diversidad de durezas según la necesidad. Este proceso mejora las propiedades mecánicas, aumentando su resistencia a la tracción, al desgaste, el límite elástico, dureza y disminuyendo otras propiedades como el alargamiento, la resiliencia², etc.

1.1.4.2 Revenido

Tratamiento térmico a baja temperatura que se aplica a los metales templados, debido a que quedan demasiados duros y frágiles, por medio del revenido se reduce la dureza de la martensita al permitir que ésta empiece a descomponerse en las

² BERBÓS - ESPINOZA, "*Manual de Mecánica Industrial I*", Ed. MMV, Tomo 1, Madrid, págs. 50,51

fases de equilibrio, con esto se disminuye la dureza y la fragilidad, sin perder la tenacidad³.

1.1.5 LA PRENSA

Es una máquina empleada en la operación de trabajo en frío que realiza un movimiento vertical descendente - ascendente que permite transmitir la fuerza de compresión hacia la base superior del porta troquel para que realice las siguientes acciones: acoplar el sistema punzón-matriz, cortar y transformar la materia prima, figura 1.7.



Figura 1.7 Prensa hidráulica

Fuente: <http://www.rollformingmachine.es/products/4/4-5.jpg>

³ DONALD ASKELAND, (1987) *“Ciencia e Ingeniería de los Materiales”*, Ed. International Thomson, 3ra. edición, México, pág. 313

1.1.5.1 Características de la prensa de tornillo del Laboratorio de Conformado

La prensa que se muestra en la figura 1.8 es propiedad del laboratorio de Conformado Mecánico de la Escuela Politécnica Nacional, es una prensa de tornillo con una capacidad de 10 toneladas.

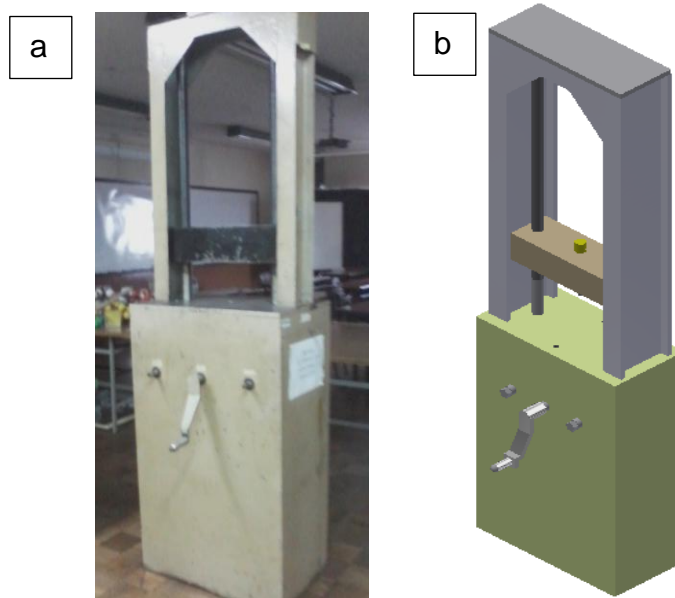


Figura 1.8 Prensa de tornillo
a) prensa real disponible en el laboratorio
b) esquema en 3D de la prensa

1.1.6 FUNDAMENTOS DEL CORTE

El proceso de corte permite obtener una pieza determinada, en este caso el proceso se realiza sobre la chapa o tira de metal, en la cual el metal sufre algunas fases de corte como se muestra a continuación.

1.1.6.1 Etapa 1: Deformación plástica

Se produce al ejercer una presión continua de la hoja fija - móvil sobre el material a cizallar, provocando sobre el material una deformación plástica, figura 1.9.

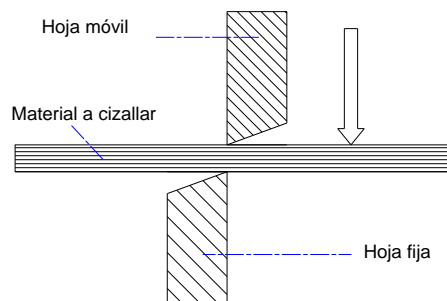


Figura 1.9 Deformación plástica

1.1.6.2 Etapa 2: Cizallamiento

Al momento que se produce la deformación plástica, las hojas cortantes empiezan a penetrar el material a cizallar y el material empieza a endurecerse en la zona afectada, figura 1.10.

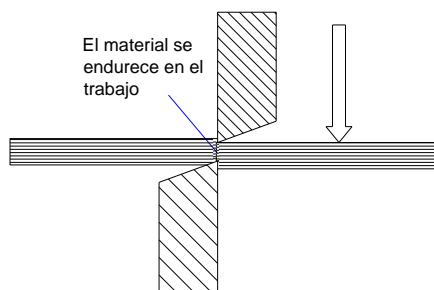
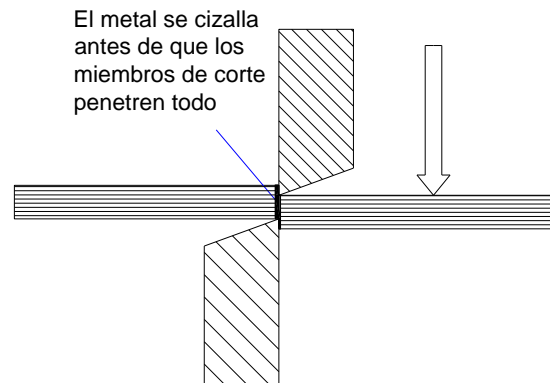


Figura 1.10 Cizallamiento

1.1.6.3 Etapa 3: Ruptura

Una vez que empieza a endurecerse la zona afectada, comienzan a originarse pequeñas fracturas a partir de los puntos de contacto de las hojas cortantes. En el instante en que las fracturas coinciden se produce la falla, provocando que se separen en dos partes el material de trabajo, figura 1.11.



[Figura 1.11 Ruptura

1.1.7 ALUMINIO

El aluminio es un material que posee propiedades excelentes para cualquier campo de la ingeniería y de los procesos de la manufactura. Su uso es debido a su baja densidad y su buena resistencia a la corrosión, gracias a una película de óxido que se forma en su superficie, además no es un material tóxico por este motivo se utiliza en una gran variedad de utensilios y contenedores de alimentos⁴.

La designación del aluminio y de sus aleaciones se basa en su calidad de productos forjados o productos fundidos.

1.1.7.1 Características físicas

Es un metal ligero de baja densidad que posee un color blanco brillante, tiene buenas propiedades de conducción del calor y la electricidad, además es abundante en la naturaleza y fácil de reciclar.

⁴ WILLIAM SMITH, (1998) *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, Ed. Mc Graw Hill, 3ra edición , pág. 453

1.1.7.2 Propiedades mecánicas

El aluminio se usa por su buena formabilidad, mecanizado, maleabilidad y su adecuada propiedad de ductilidad, considerando que es un material blando.

Tabla 1-1 - Propiedades generales del aluminio

PROPIEDADES DEL ALUMINIO	
Densidad	2,7 gr cm ³
Temperatura de fusión	660 °C
Peso atómico	26,9815
Límite de resistencia en tracción	160-200 N mm ²
Módulo de elasticidad	70000 Mpa

Tabla 1-2 - Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio⁵

Número de la Aluminum Association	Número UNS	Condición	Propiedades mecánicas		
			Resistencia a la tracción [psi x 10 ³ (Mpa)]	Límite elástico [psi x 10 ³ (Mpa)]	Ductilidad (% EL en 2 pulg.)
Aleaciones forjadas no tratables térmicamente					
1100	A91100	Recocido	13(90)	5(34)	35
3003	A93003	Recocido	16(110)	6(42)	30
5052	A95052	Recocido	28(195)	13(90)	25

⁵ WILLIAM CALLISTER, "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales", Ed. Reverté, México, pág. 379

Tabla 1-2 - Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio (Continuación)

Aleaciones forjadas tratables térmicamente					
2014	A92014	T. térmico	70(485)	60(415)	13
6061	A96061	T. térmico	45(310)	40(275)	12
7075	A97075	T. térmico	83(580)	73(505)	11
Aleaciones moldeables tratables térmicamente					
295	A02950	T. térmico	36(250)	24(165)	5
356	A03560	T. térmico	33(230)	24(165)	4

1.1.7.3 Aplicaciones

Debido a sus propiedades, permite ser una buena opción al momento de sustituir al acero en las estructuras. Además, por sus altos índices de rendimiento o factores de eficiencia estructural el aluminio es aplicado en su mayor parte en la industria del transporte, como un ejemplo claro en la industria aeroespacial. Otras aplicaciones del aluminio están en los bienes de uso doméstico: utensilios de cocina, herramientas, embalaje de alimentos, etc.

1.1.8 ANÁLISIS DE ESFUERZO POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

El método de elementos finitos permite resolver ecuaciones diferenciales concernientes a un problema físico. Al relacionar el método de elementos finitos con los problemas afines a la ingeniería se permite tener resultados muy aproximados a la realidad. La definición básica de método de elementos finitos consiste en dividir el continuo en un número finito de elementos, es decir se separa cada uno de los elementos y se los resuelve para finalmente después ensamblar la solución final y obtener los resultados deseados.

1.1.8.1 Factores fundamentales del MEF

Dominio, es el espacio o lugar geométrico donde se va a estudiar el sistema.

Condiciones de contorno, son las variables conocidas y que restringen el cambio del sistema: cargas, desplazamientos, masa, temperaturas, etc.

Incógnitas, son las variables del sistema que se quiere conocer después de que las condiciones de contorno han actuado: desplazamientos, tensiones, temperaturas⁶.

1.1.8.2 Dibujo de la geometría

Consiste en realizar una representación real de la geometría a simular con todas sus características y propiedades, esto se realiza empleando cualquier programa de CAD 3D, figura 1.12.

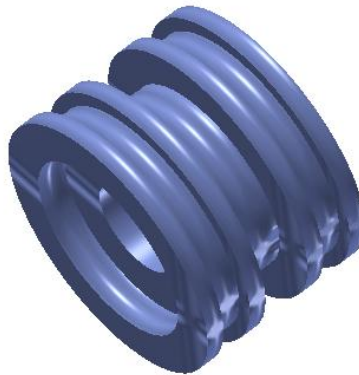


Figura 1.12 Modelado de una pieza en un programa CAD 3D

1.1.8.3 El mallado

⁶ Soto, R. (2012) "Presentaciones de elementos finitos"

Es un número finitos de elementos dentro del dominio de la geometría a realizar el análisis, figura 1.13, dependiendo de la geometría de la pieza y de la proximidad a un resultado verdadero la malla puede ser: fina, intermedia o gruesa

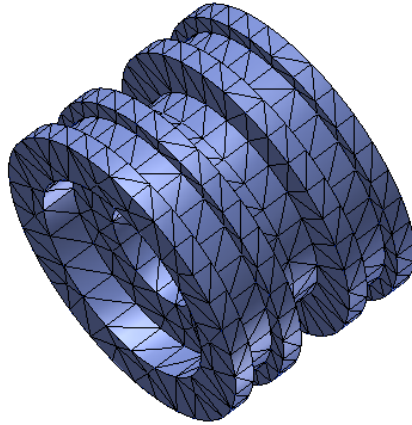


Figura 1.13 Malla medio de la geometría de una pieza

1.1.8.4 Geometría sometida a las cargas de esfuerzos

Una vez que se realiza el mallado y además se tiene todas las condiciones de material, restricciones y cargas, figura 1.14, se procede a realizar la simulación para poder encontrar los resultados tensión, coeficiente de seguridad, desplazamientos, etc.

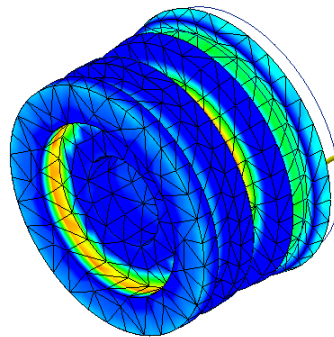


Figura 1.14 Simulación de un modelo 3D sometido a cargas

1.1.8.5 Análisis de esfuerzos

El análisis de esfuerzos se basa principalmente en la interpretación de los resultados que entrega el programa utilizado, en nuestro caso Autodesk Inventor. Con este análisis se verifica que los esfuerzos internos no superen la resistencia del material, lo que provocaría la rotura del mismo. La teoría de energía de distorsión o teoría de Von Mises es la más adecuada para materiales dúctiles ya que predice la fluencia con mayor exactitud que las otras teorías de falla⁷, figura 1.15.

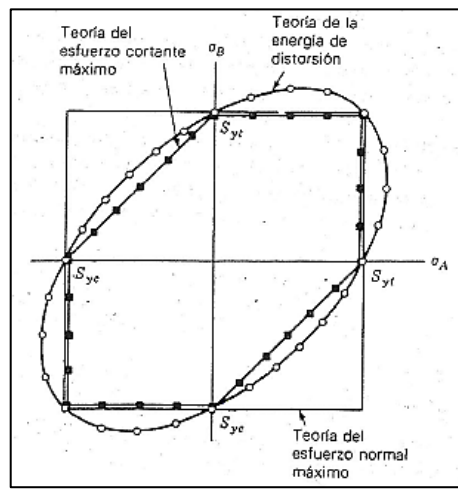


Figura 1.15 Comparación de tres teorías de falla estática para materiales dúctiles

Fuente: Budynas, pág. 250

1.1.8.6 Factor de seguridad

La máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de una máquina en condiciones normales de uso y es considerablemente más pequeña que la carga última. Esta carga más pequeña se conoce como carga permisible y la razón de la carga última a la carga permisible se emplea para definir el factor de seguridad.

⁷ Richard Budynas, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley", Ed. Mc Graw Hill, 8va. Edición, México, pág. 250

1.1.9 SOFTWARE DE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL

Autodesk Inventor es un software de diseño y simulación que permite modelar sólidos en 3D con gran rapidez y precisión, permitiendo ahorrar tiempo y dinero frente al CAD no paramétrico y a los tradicionales prototipos físicos. Además este software permite mejorar la calidad de nuestros diseños, innovarlos y obtenerlos con mayor rapidez.

1.1.9.1 Importancia de Inventor Professional

Inventor Professional al ser un programa CAD 3D permite la facilidad para diseño de ingeniería mecánica, análisis de elementos finitos, simulación de movimiento, etc., figura 1.16.

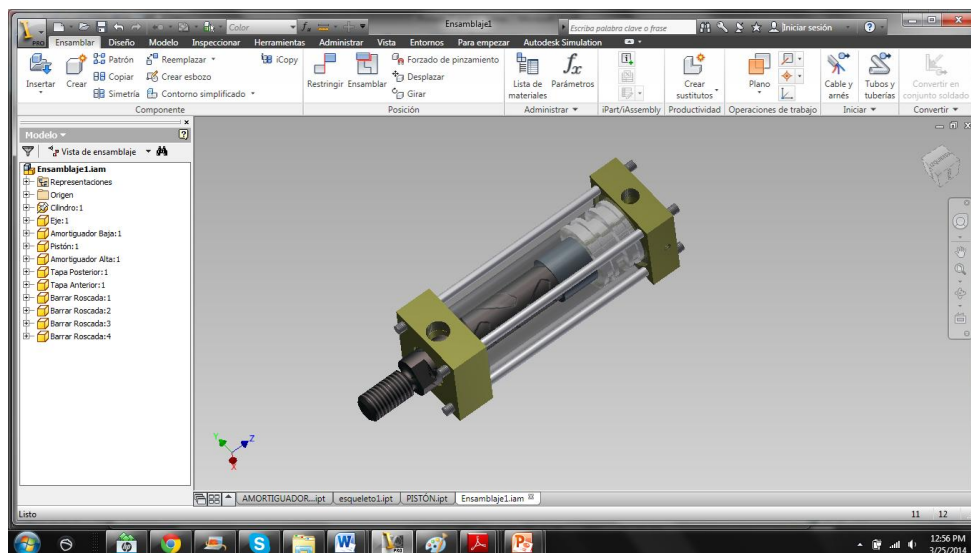


Figura 1.16 Autodesk Inventor Professional

CAPÍTULO II

2. ELEMENTOS DE UNA MATRIZ DE CORTE

Las matrices tienen una serie de elementos que la constituyen, los cuales forman un conjunto sólido de trabajo, cada una de estas partes cumple con una función específica dentro del útil. Por tanto estos componentes serán estudiados y analizados detalladamente con el objetivo de lograr el diseño de una matriz de corte que permita obtener piezas sin ningún tipo de discontinuidad. (Rebabas, deformaciones, cambios de sección, cambio de dimensiones, etc.).

En la figura 2.1 se muestran los componentes de la matriz de corte que conforman su estructura sólida; mientras que en la tabla 2.1 se denomina cada una de las partes.

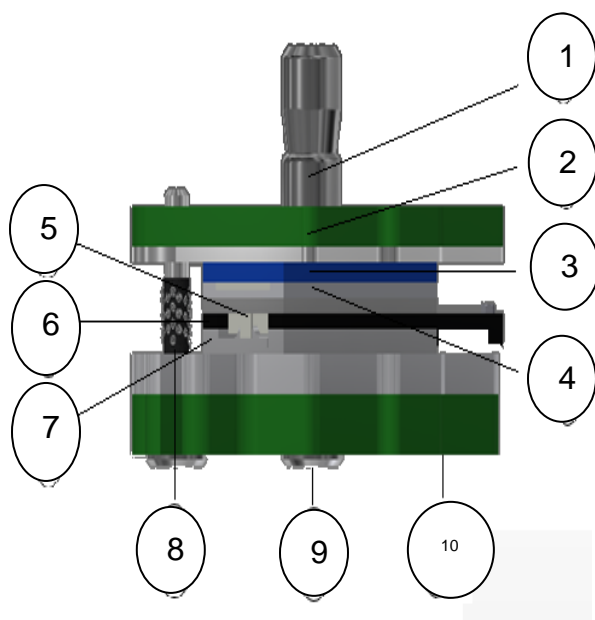


Tabla 2.1 - Elementos de una matriz

Nº	Nombre del componente
1	Espiga o Vástago
2	Base superior
3	Placa Sufridera
4	Placa Porta punzones
5	Punzones
6	Guías Laterales
7	Placa Matriz
8	Columnas guía
9	Casquillos
10	Base Inferior

Figura 2.1 Elementos de una matriz de corte

Las partes de las que se halla constituida una matriz de corte se pueden agrupar en componentes móviles y componentes fijas.

2.1 COMPONENTES MÓVILES

Son aquellos elementos dentro de la matriz que siguen el movimiento rectilíneo alternativo efectuado por el cabezal de la prensa como si se tratará de un solo conjunto. Dentro de estos elementos se tiene: la espiga, la base superior, la placa sufridera, la placa portapunzones, el punzón y elementos normalizados.

2.1.1 ESPIGA O VÁSTAGO

Denominado también como macho porta punzones tiene como función unir la base superior de la matriz a la prensa. Este enlace se efectúa roscando uno de sus extremos que se enlazará a la base superior de la matriz, mientras que su otro extremo será cilindrado con una ligera entalladura que le permita acoplarse de mejor manera a la prensa, figura 2.2.

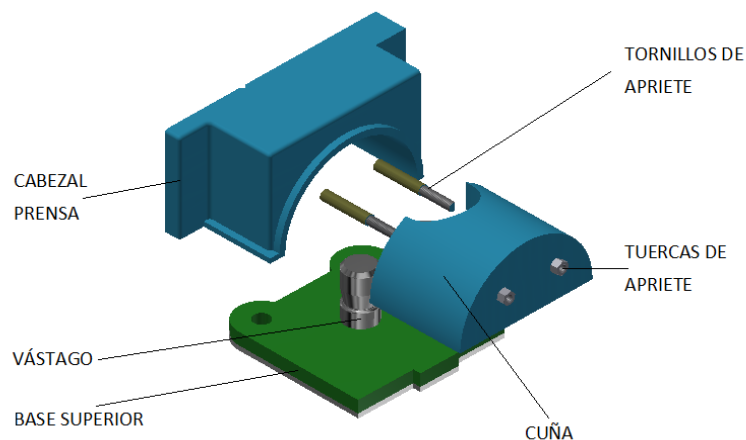


Figura 2.2 Unión de la parte móvil de la matriz de corte a la prensa.

El eje central del vástago debe pasar por el centro de gravedad o de equilibrio de la matriz de corte, para garantizar una alineación perfecta entre el punzón y la placa matriz, lo que permitirá obtener pieza de dimensiones exactas. Para este elemento no es necesario realizar un tratamiento térmico, simplemente se necesita que tenga suficiente robustez para soportar el peso propio del móvil.

2.1.1.1 Dimensiones y materiales

Sus dimensiones están normalizadas según la norma DIN 9859, figura 2.3, en función de la potencia en toneladas ejercida por la prensa. Se fabrica de acero ASTM A45, Acero ASTM A50. Además en la tabla 2.2 se puede observar las dimensiones de los vástagos de sujeción que se emplean según la norma DIN 9859.

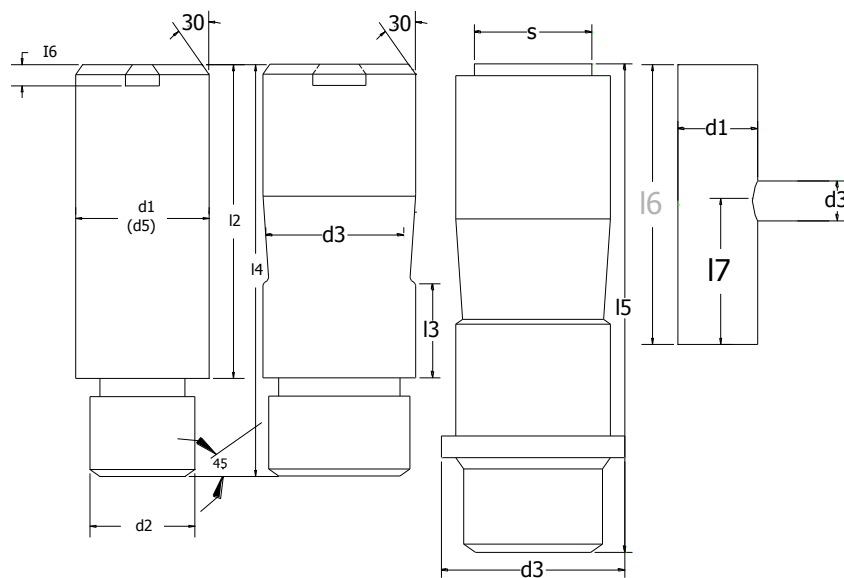


Figura 2.3 Medidas de vástagos cuyos valores se dan en la tabla 2.2

Tabla 2-2 - Dimensiones de los vástagos de sujeción según la norma DIN 9859⁸

Vástagos (sin brida)	d1	20	25	32	40	50	65
		M16 x	M16 x	M20 x	M24 x		
	d2	1,5	1,5	1,5	1,5	M30 x 2	M42 x 3
			M20 x	M24 x			
			1,5	1,5	M30 x 2	M36 x2	
	I2	40	45	56	70	80	100
	I3	3	4	4	5	6	8
	I4	53	63	79	93	108	128
Entrecaras para la llave	h	6	6	8	10	12	16
	s	17	19	27	32	41	55
Muesca	d1	15	20	25	32	42	53
	l1	12	16	16	26	26	26
	r1	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Vástagos con brida	d1	28	34	42	52	62	--
	l	5	5	6	8	8	--
	I5	61	70	86	108	118	--
Espesor mínimo de la placa	k	18	23	23	23	28	28
Agujero para el vástago	I6	45	50	62	76	87	108
	I7	20	22	22	36	36	36
	d2	M12 x 1	M12 x 1	M12 x 1	M16 x 1,5	M16 x 1,5	M16 x 1,5

Fuente: Oehier Gerhard, 1981, pág. 3

2.1.2 BASE SUPERIOR

Tiene como función principal alojar sobre su superficie todas las placas y elementos, que posicionan y sujetan a los punzones de la matriz. Las placas y elementos que se sujeta a la base superior son la placa de choque, la placa porta punzones, los punzones, elementos centradores y fijadores, los resortes casquillos, etc. También la base superior comunica el movimiento efectuado por la prensa al punzón para que este a su vez realice el conformado de la chapa metálica, la misma está sujeta al vástago de la prensa, que la inmoviliza y fija durante el proceso de corte. La placa

⁸ Oehier, G.; (1981); *Herramientas para troquelar, estampar y embutir*; Mexico; G. Gill S.A.

base debe exceder por lo menos 30 mm a cada lado de las placas que contiene, para poder garantizar la colocación de los casquillos que alojaran a las columnas guía, figura 2.4.

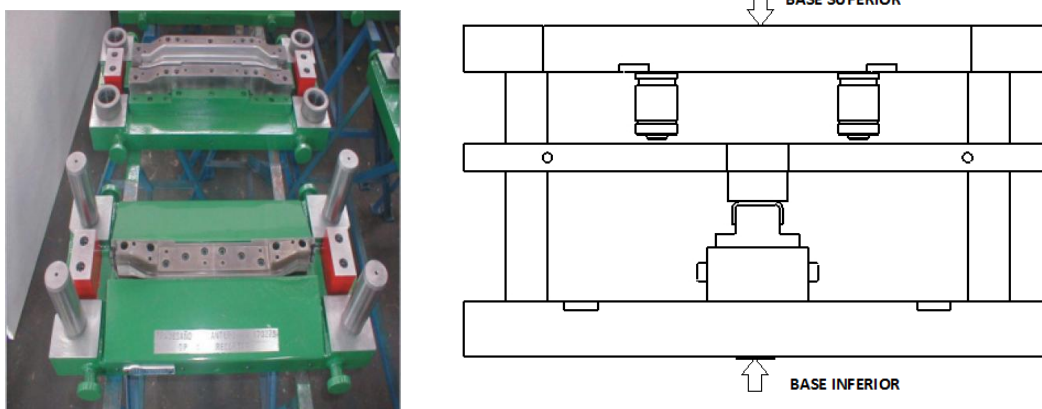


Figura 2.4 Bases superior e inferior de una matriz de corte.

Fuente: <http://www.tahersa.com/en/chapa.html>

2.1.2.1 Dimensiones y materiales

La base superior normalmente es construida de acero de bajo contenido carbono como por ejemplo el acero AISI 1018, o acero de medio contenido de carbono como el acero AISI 1045, debido a que soporta todos los esfuerzos que se producen. Al tratarse de matrices grandes, donde se necesita un alto desgaste energético, está placa suele construirse de hierro fundido aleado con ciertos elementos que le proporcionen una alta dureza superficial de alrededor 230-250 HB y alta resistencia a la tracción la cual oscila entre 75 – 85 Kg/mm².

2.1.3 PLACA DE CHOQUE O PLACA SUFRIDERA

Está componente sirve de freno y sufridera, ya que sobre ella se encuentran apoyados los punzones que chocan y recalcan la placa en el momento del punzonado produciendo una deformación paulatina sobre la misma. De esta manera se evita deterioro de la placa base superior, figura 2.5.

2.1.3.1 Dimensiones y materiales

Sus dimensiones varían de acuerdo al tipo de matriz a diseñar, para matrices de corte se recomienda un espesor comprendido entre 8 y 18 mm con un material de acero de medio contenido de carbono y con un tratamiento térmico de templado para que adquiera mayor tenacidad y dureza.

2.1.4 PLACA PORTA PUNZONES

Es una placa que permite alojar y fijar en su interior a los punzones de acuerdo a las condiciones de estabilidad, además se debe tomar en cuenta que sea de fácil mantenimiento y económica. La placa portapunzones se mueve conjuntamente con los punzones durante el movimiento rectilíneo alternativo, figura 2.5.

2.1.4.1 Dimensiones y materiales

La placa porta punzones no tiene dimensiones estándares para construirla, dependerá del criterio del diseñador y que cumpla con la funcionalidad de la placa. Como referencia se recomienda que la placa portapunzones tenga sus medidas exteriores similares o iguales a la de la placa matriz y la placa guía de punzones. El material para la construcción de la placa portapunzones debe poseer propiedades de resistencia y tenacidad, por lo que se recomienda utilizar acero suave al carbono. Además entre las características de la placa portapunzones tiene que poseer un buen control geométrico y dimensional, por esta razón no se debe someter estas

placas a tratamiento térmico. Los materiales recomendados para la construcción son: AISI 1018 para placas de tamaño pequeño, AISI 1020 para placas de tamaño mediano y AISI 1045 para placas de tamaño grande.

2.1.5 PUNZONES

Los punzones son los elementos más importantes de la matriz, ya que tiene la función de perforar, cizallar, cortar, según sea el caso. Por esta razón los punzones deben poseer excelentes características de calidad y acabados, que permitan alargar la vida de la matriz y obtener precisión en las medidas, figura 2.5. Los punzones adquieren la forma que se desea cortar, estos pueden ser de medianas o grandes dimensiones (machos) y de tamaños pequeños.

2.1.5.1 Dimensiones y materiales

La altura de los punzones dependerá de las características propias de la matriz a diseñar, siendo lo más común encontrar punzones con alturas entre 60 y 100mm, además dependerá de los cálculos realizados para encontrar la altura más apropiada y así evitar el pandeo de los punzones. Siempre será necesario que estén rectificadas en su totalidad y sin marcas que puedan dificultar su trabajo. También requerirán de un tratamiento térmico adecuado para darles una mayor resistencia al desgaste y durabilidad.

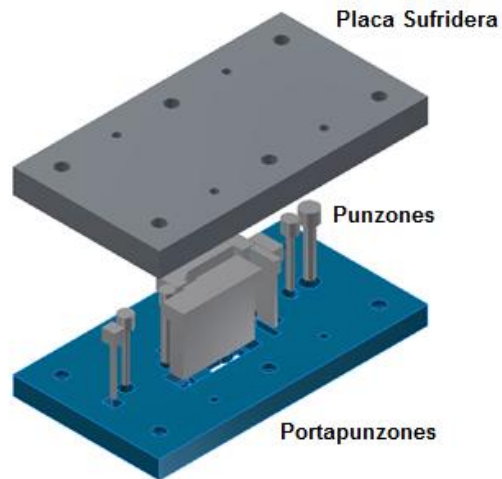


Figura 2.5 Punzones, portapunzones y placa sufridera.

2.2 COMPONENTES FIJOS

Son aquellas partes de la matriz que permanecen fijas durante todo el proceso de conformado de la chapa metálica. La placa matriz está unida por medio de tornillos y pasadores que la posicionan y centran a la base inferior. Los componentes fijos son: placa guía de punzones, placa matriz, guías laterales, base inferior, columnas guías, resortes y elementos de sujeción.

2.2.1 PLACA GUÍA DE PUNZONES

La placa guía de punzones tiene como objetivo guiar los punzones con el filo de corte de la matriz, además permite la extracción de la chapa metálica en el momento de retroceso de los punzones, figura 2.6.

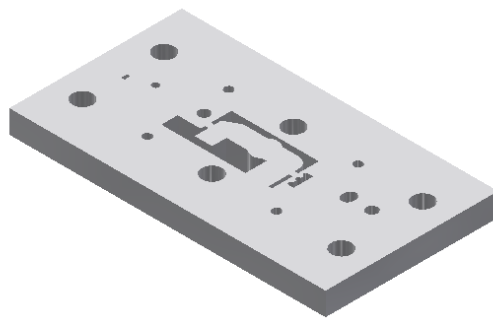


Figura 2.6 Placa guía de punzones

2.2.2 GUÍAS LATERALES

Su representación está determinada por el diseño de la placa matriz, por lo general se trata de dos reglas prismáticas colocadas entre la placa guía y la placa matriz, su función es para alinear y guiar de una manera adecuada el material a trabajar. Estas reglas están ubicadas paralelamente entre sí, con una distancia correspondiente al ancho de la tira del material más una tolerancia de 1 o 2 mm para permitir su avance de manera fácil, figura 2.7 indica su representación. Para evitar el desgaste prematuro de las paredes de las guías laterales y tener un deslizamiento óptimo de la banda en su interior, se puede realizar un tratamiento térmico de templeado y revenido.

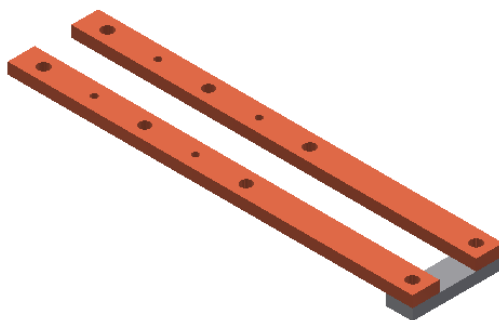


Figura 2.7 Ejemplo de guías laterales

2.2.3 PLACA MATRIZ

La placa matriz es la parte más importante conjunto con el punzón, son los responsables directos que se produzca el corte en la chapa metálica a trabajar. Aquí se encuentra tallada la figura específica y exacta de la pieza que se desea obtener, por esta razón se debe tener en cuenta ciertos factores como juego entre el punzón y la matriz, mecanizado de las aristas de corte y ángulo de salida.

2.2.3.1 Dimensiones y materiales

Las dimensiones de la placa matriz va siempre en funcionalidad con la pieza a obtener, por esta razón las dimensiones es criterio del diseñador. Para la selección de los materiales de la placa matriz se recomienda realizarla de una pieza de acero templada y rectificada, debido a que es el elemento que más esfuerzo soporta. Los materiales recomendados de construcción son en caso de matrices de poca y mediana producción se recomienda emplear un acero K100 templado y revenido⁹.

2.2.4 BASE INFERIOR

La base inferior o placa base es el elemento que permite soportar todos los demás elementos fijos que constituyen la matriz y va apoyada sobre la mesa de la prensa. Los elementos fijos que constituyen la matriz van unidas a la base inferior mediante tornillos y pasadores, por lo que la coincidencia debe ser precisa para evitar daños en la placa base. Además la base inferior permite montar las columnas que varían según el tamaño y funcionalidad de la matriz, las mismas sirven como guía de referencia para el centrado de la parte superior e inferior.

⁹ Ing. Rodrigo Ruiz ,(2012) “*Folleto de Matricería*”, Quito, pág. 70

2.2.4.1 Dimensiones y materiales

Para realizar la base inferior o superior de las matrices, se debe tener en cuenta si se trata de matrices pequeñas, medianas o grandes, ya que según su tamaño se puede emplear armazones normalizados (matrices pequeñas - medianas) figura 2.8, o emplear armazones hechos en fundición. Los materiales más utilizados son: AISI 1015 o 1018 (F111) para matrices de pequeño tamaño, AISI 1025 o 1030 (F112) para matrices de mediano tamaño y fundición para matrices de gran tamaño.¹⁰



Figura 2.8 Bases inferior – superior normalizadas

Fuente: <http://www.steinell.com/en/catalogue/product-overview.html>

2.2.5 COLUMNAS GUÍAS

Las columnas guías son elementos cilíndricos en forma de barras que permiten relacionar la parte fija con la parte móvil de la matriz, además aseguran su coincidencia y posicionamiento. Al realizar la coincidencia se logra asegurar el correcto funcionamiento entre los punzones y la matriz.

¹⁰ Ing. Rodrigo Ruiz ,(2012) “Folleto de Matricería”, Quito, pág. 73

2.2.5.1 Dimensiones y materiales

Su dimensionamiento es criterio del diseñador, además según su tamaño o requerimiento se puede utilizar elementos normalizados en conjunto con los armazones, varios fabricantes disponen una variedad de armazones – columnas – casquillos - normalizados, disponibles en los catálogos, figura 2.9. Los materiales recomendados suelen ser acero de cementación para templearlos a una dureza de Hrc.60-62, que pueden ser acero AISI 1045 o 4340.



Figura 2.9 Columnas normalizadas

Fuente: <http://www.steinell.com/en/catalogue/product-overview.html>

2.2.6 ELEMENTOS DE SUJECCIÓN Y POSICIONAMIENTO

Son los elementos activos que conforman una matriz durante su funcionamiento, ya sea para cortar, doblar, embutir, etc., que permiten que todas las partes de la matriz estén debidamente sujetos y así evitar desplazamientos que afecten el buen funcionamiento del proceso. Para garantizar que los elementos de la matriz no se desplacen o muevan se lo realiza mediante órganos de fijación y posicionamiento que permiten garantizar que la matriz esté perfectamente sujeta durante su trabajo.

Lo más adecuado para realizar la fijación y posicionamiento es mediante el empleo de tornillos y pasadores.

2.2.6.1 Pasadores de posicionamiento cilíndricos

Son vástagos de acero de forma cilíndrica cuyos extremos están mecanizados en forma de chaflán para facilitar su introducción en un orificio común a dos o más piezas, logrando su inmovilización, figura 2.10. Los pasadores cilíndricos se emplean como elemento de posición y fijación mecánica desmontable entre dos o más piezas y se construyen principalmente de acero debido a su alta resistencia y por la gran variedad de aceros disponibles en el mercado. Los pasadores cilíndricos de posicionamiento se encuentran normalizados, los más comunes empleados son los pasadores cilíndricos DIN 6325 y pasadores cilíndricos DIN 7979 con rosca interior, su empleo varía según su funcionalidad¹¹.



Figura 2.10 Pasador cilíndrico DIN 6325

Fuente:

<http://www.dagsa.com/ecommerce/index.php/catalog/product/view/id/5637/s/19992/category/1125/>

¹¹ Ing. Rodrigo Ruiz ,(2012) “Folleto de Matricería”, Quito, pág. 86

2.2.6.2 Tornillos de fijación

El tornillo de fijación más empleado en matricería es el tornillo Allen DIN 912 con hexágono interior y cabeza cilíndrica, debido a que tiene la característica de resistir elevadas cargas de tracción y puede ser montado en lugares de poco espacio. Al ser un elemento normalizado se los puede encontrar en cualquier catálogo en diferentes dimensiones, figura 2.11.



Figura 2.11 Tornillo allen DIN 912

Fuente: <http://www.varillaroscada.com/index.php?pag=products.php&cat=120404161317>

2.2.7 RESORTES HELICOIDALES

Los resortes helicoidales de sección circular sometidos a compresión son comúnmente utilizados en el campo de la matricería para ayudar a la extracción de las piezas cortadas del interior de la matriz. Están fabricados según la norma ISO 10243 que define, diámetro, longitud y fuerza. Existen cuatro series que vienen identificadas por colores, para simplificar su selección. (Verde = ligero; azul = media; rojo = fuerte; amarillo = extrafuerte).

La Figura 2.12 presenta el diagrama de cuerpo libre de un resorte helicoidal de alambre redondo de diámetro d , sometido a una fuerza axial F de compresión. Al realizar un corte sobre un punto del resorte la fuerza de compresión neta F es reemplazada por una fuerza cortante F_c y un momento de torsión $T = FD/2$.

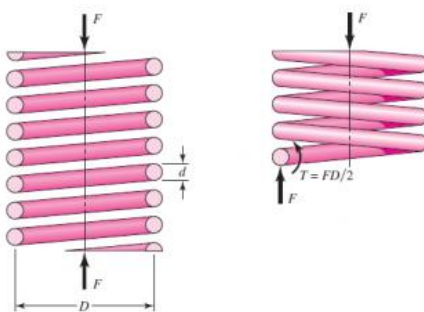


Figura 2.12 Diagrama de cuerpo libre de un resorte helicoidal

2.2.7.1 Principales tipos de aceros para resortes¹²

Los principales tipos de acero que se utilizan para la fabricación de resortes helicoidales de compresión son:

Alambre de resorte estirado en frío (ASTM A227, SAE 1066), utilizado para fabricar resortes donde la duración, exactitud, y la deflexión no sean variables importantes, adecuado para carga estática. Se suelen emplear aceros de 0.51% a 0.66% de C, con Mn al 0.15% y Si al 0.35%. El alto límite de elasticidad que poseen es debido en parte a su composición, y en parte a la elevada acritud con que el material queda después del estirado. Los muelles se fabrican por simple enrollamiento y sin tratamiento térmico.

Alambre de cuerda de piano (ASTM A228; SAE 1085), se trata de resortes que poseen alta tenacidad y generalmente son los más utilizados para elaborar resortes de tamaño pequeño. Presenta alta resistencia a la tensión y soportan elevados esfuerzos ante cargas repetidas. La composición de este acero es: de 0.65 a 1,1% de C, 0.55 a 1,55 de Mn. En diámetros disponibles de 0.12 a 3mm, con un tratamiento térmico de templado y revenido.

¹² Richard B., (1999) *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México pág 506

Alambre de resorte revenido en aceite (ASTM A229; SAE 1065), para resortes de espiras y cuando se necesita tamaños mayores que el alambre de piano. No adecuado para cargas de choque o impacto. Su composición es similar al acero estirado en frío, posee altos valores de tenacidad y alargamiento, disponible en diámetros 2.5 a 12 mm, se aplica un tratamiento térmico de templado y revenido

Acero al cromo-vanadio (ASTM A232; SAE 6150), es la aleación más popular de acero para construir resortes en condiciones que implican esfuerzos más elevados que los materiales anteriores y para cuando es necesario resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o de impacto., disponibles en diámetros de 0,85 a 12mm son templados y revenidos

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA MATRIZ DE CORTE.

En este capítulo se detalla el proceso de diseño de una matriz de corte. Primero se efectúa un estudio de la forma de la pieza que se desea obtener y del proceso conveniente para su fabricación; se continúa con el diseño concurrente del Doctor Carlos Riba, se plantea la casa de la calidad, especificaciones técnicas, el diagrama funcional con sus diferentes módulos y las posteriores alternativas, para mediante el método de criterios ponderados, obtener la solución para la matriz solicitada; se hace el diseño de la matriz de punzonado, tanto con elementos que se tienen que fabricar y necesitan sus respectivos planos, como con elementos normalizados; el proceso de fabricación que se selecciona es mediante una matriz de corte simple, por lo que se estudia la disposición de la pieza en la banda metálica, para obtener el mayor número de piezas. El diseño de la matriz se justifica por los cálculos realizados y finalmente, una vez hecho el diseño de la matriz, se realiza un análisis de esfuerzos y deformaciones por el método de elementos finitos, a los componentes de la matriz sometidos al mayor desgaste.

3.1 CASA DE LA CALIDAD¹³

La casa de la calidad es una representación gráfica, que tiene como objetivo principal lograr un producto de calidad; busca enfatizar el diseño de los productos y servicios ; así, cómo estos se alinean con las necesidades del cliente; la casa de la calidad permite la documentación formal del proceso lógico a través de la superposición de

¹³ Riba C., (2002) *Diseño para ingeniería concurrente* . Madrid pág 178

matrices donde se traducen las necesidades de los clientes en características técnicas de productos o servicios, esta herramienta permite comprender de mejor manera las prioridades del cliente y busca responder de forma rápida e ingeniosa a dichas necesidades. Para elaborar la casa de la calidad se debe conocer los términos: voz del usuario y voz del ingeniero.

Voz del usuario: son aquellas características que debe tener el producto, según las exigencias del cliente, para este caso se considera como referencia las demandas que plantea el jefe del laboratorio de Conformado Mecánico y el ayudante del laboratorio; además de apoyarse en proyectos anteriores relacionados con la matriz solicitada. Estas condiciones y exigencias son planteadas en la tabla 3-1

Tabla 3-1 - Voz del usuario

Item	Criterio
1	Que corte el material sin producir rebabas
2	Que permita realizar un proceso de corte en cada descenso de la prensa
3	Que se pueda producir los discos para el aprendizaje de los estudiantes
4	Que el montaje del troquel a la prensa del laboratorio sea de fácil.
5	Que las placas constituyentes tengan una correcta sujeción.
6	Que pueda adaptarse al espacio disponible de las bases del troquel.
7	Que sea estable bajo cualquier condición de trabajo
8	Que los componentes de la matriz tengan una resistencia adecuada.
9	Que el mantenimiento sea sencillo y se disponga de repuestos en el mercado
10	Que brinde seguridad al operador

Voz del ingeniero: es la interpretación del ingeniero, de las necesidades expuestas por el cliente; en características técnicas condicionales de la máquina, la traducción de las características funcionales del producto es explicada en la tabla 3-2, donde además se indica el tipo de unidad en el que se puede cuantificar.

Tabla 3-2 - Voz del ingeniero

Item	Criterio	Unidades
1	Holgura adecuada entre el punzón y la matriz	[mm]
2	Troquelado simple	--
3	Baja producción	[u]
4	Elementos de fijación accesibles al operador	[mm]
5	Elementos de fijación normalizados	[mm]
6	Dimensiones	[mm]
7	Estabilidad	--
8	Tratamiento térmico adecuado.	HRB
9	Mantenimiento	--
10	Seguridad	--

La casa de la calidad se encuentra al final de este documento en Anexo A.

3.1.1 ANÁLISIS DE LA CASA DE LA CALIDAD

El análisis referente a la competencia indica que cuatro necesidades de los clientes tienen una notable importancia al momento de realizar las mejoras, las cuales según su orden de importancia son: una holgura adecuada entre el punzón y la matriz que permita obtener piezas con un corte perfecto, dimensiones de la matriz de acuerdo al espacio disponible, estabilidad y tratamiento térmico adecuado de los componentes. Las incidencias de las características técnicas sobre el producto reflejan que cuatro de ellas tienen el mayor porcentaje que representan el 55% sobre el producto, siendo las más importantes las correlaciones positivas: al utilizar elementos normalizados, se obtiene mayor estabilidad, seguridad y disposición de repuestos en el mercado.

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ¹⁴

Es un documento en donde se indica los requerimientos y deseos; característicos que debe tener la matriz de corte.

Tabla 3-3 - Especificaciones técnicas

Empresa de ingeniería:		Empresa cliente:		Producto:	Fecha inicial: 15/09/2013
SERVICIOS S.A		E. P. N		TROQUEL DE CORTE	Última revisión: 03/12/2013
					Página 1
Conceptos	Fecha	Propone	R/D	Descripción	
Función	01/12/2013	C	R	Punzonar discos de aluminio de diámetro 145 mm.	
		C	R	Reducir los desperdicios de la materia prima.	
		C	R	Realizar un corte sin rebabas en el material.	
Dimensiones	01/12/2013	C	R	Placas constitutivas de la matriz con un máximo de 254 mm de ancho y 276 mm de largo.	
		C	R	Diámetro de corte $\phi= 145$ mm.	
		C	R	Cortar espesores de 0,6 mm	
Movimiento	01/12/2013	E+C	R	Movimiento vertical descendente - ascendente	
		E	R	Velocidad entre 50 – 55 rpm	
Material	01/12/2013	C	R	Acero AISI 1045, 4340 y Acero K-100 tratados térmicamente.	
Seguridad y ergonomía	01/12/2013	E+C	R	Elementos de guía y soporte seguro	
		C		Tolerancias adecuadas a los elementos acoplados	
Energía	01/12/2013	E	R	Energía mecánica	
		E	R	Energía manual	
Aspectos legales	01/12/2013	E	R	Cumplimiento de metodologías nacionales e internacionales para fabricación de matrices.	

E= estudiante, **C**= cliente, **R**= requerimiento, **D**=deseo

¹⁴ Riba C., (2002) *Diseño para ingeniería concurrente* . Madrid pág 112

En el encabezado del documento se proporciona los datos referentes a la empresa encargada de producir el producto, información del cliente, fecha de inicio y última revisión de las especificaciones. La tabla 3-3; además, incluye los siguientes términos: el concepto que facilita la identificación de las especificaciones, la persona que propone este requerimiento, la fecha en que se propone y una breve descripción de la especificación.

3.3 ANÁLISIS FUNCIONAL¹⁵

El método consiste en identificar las funciones secundarias en base a las funciones primarias de la máquina a diseñar; las funciones primarias son aquellas por las que el cliente adquiere el producto; mientras que, las funciones secundarias son aquellas que hacen que la función primaria se efectúe de manera adecuada, y son las que se establecen a través del análisis funcional. Encontradas todas las funciones secundarias son asociadas en un conjunto denominado módulo. Cada módulo requiere de alternativas de resolución, por lo que se plantea varias soluciones útiles para desempeñar dichos módulos, posteriormente se evalúa y se selecciona la más adecuada.

En el nivel 0, se presentan los factores en cuanto a material, energía y señal que el troquel necesita para cumplir la función de obtener discos de aluminio sin presencia de rebabas; además de cumplir con las dimensiones requeridas por el cliente, la figura 3.1 indica el nivel 0 del diagrama funcional.

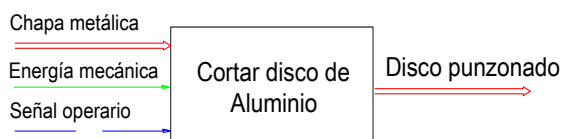


Figura 3.1 Nivel 0

¹⁵ Riba C., (2002) *Diseño para ingeniería concurrente*. Madrid pág 126

En el nivel 1, se especifican todas las funciones principales que intervienen en la obtención del producto final, en la figura 3.2 se puede observar las funciones principales que debe desarrollar el troquel de corte.

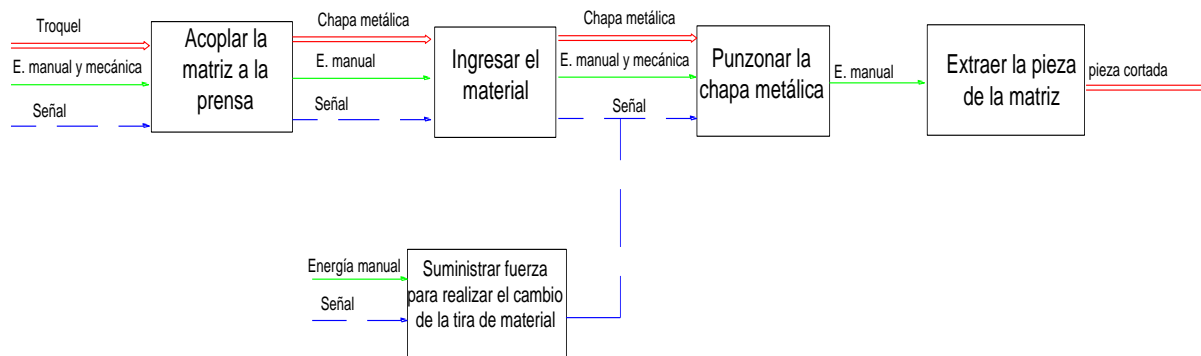


Figura 3.2 Nivel 1

En el nivel 2, se realiza un análisis más profundo de las funciones presentes en el nivel 1, se las descomponen y se las hace aún más específicas, la figura 3.3 describe claramente el proceso que se debe seguir para producir el corte en el disco; para tener mejor visualización de esta información, ver Anexo B.

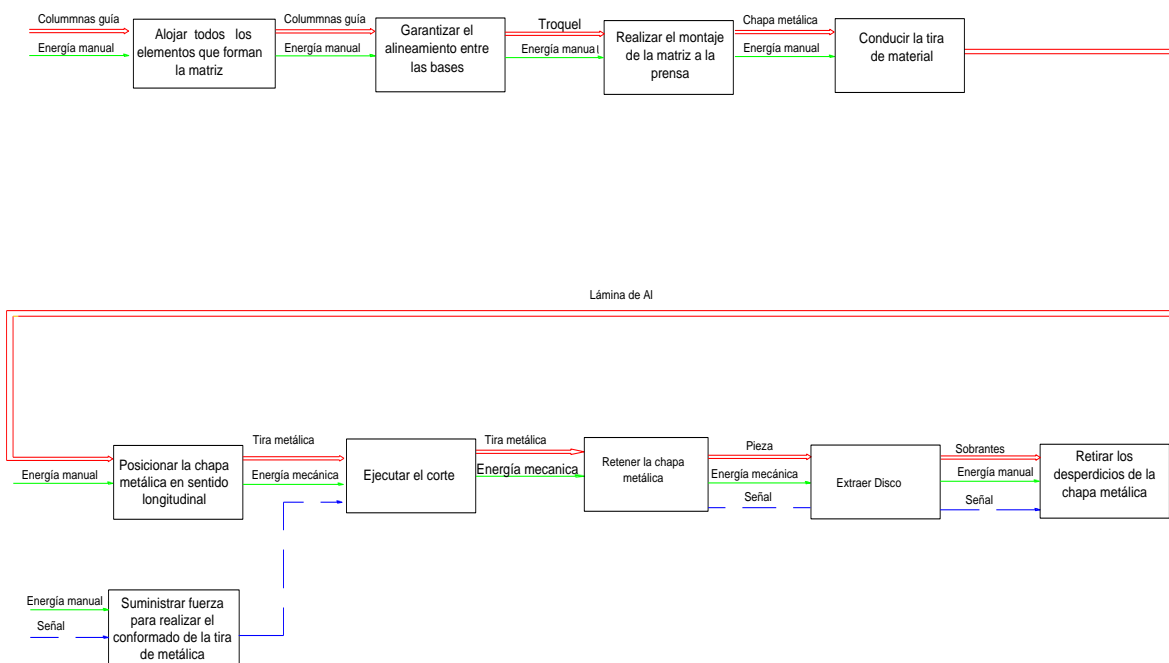


Figura 3.3 Nivel 2

3.3.1 DETERMINACIÓN DE MÓDULOS

Es conveniente separar por bloques constructivos los procesos que se cumplen, de esta forma empezar a analizar posibles soluciones; posteriores a cada uno de ellos, en la figura 3.4 se puede observar los 5 módulos encontrados en el diagrama funcional, para visualizar de mejor manera el contenido ver el Anexo C.

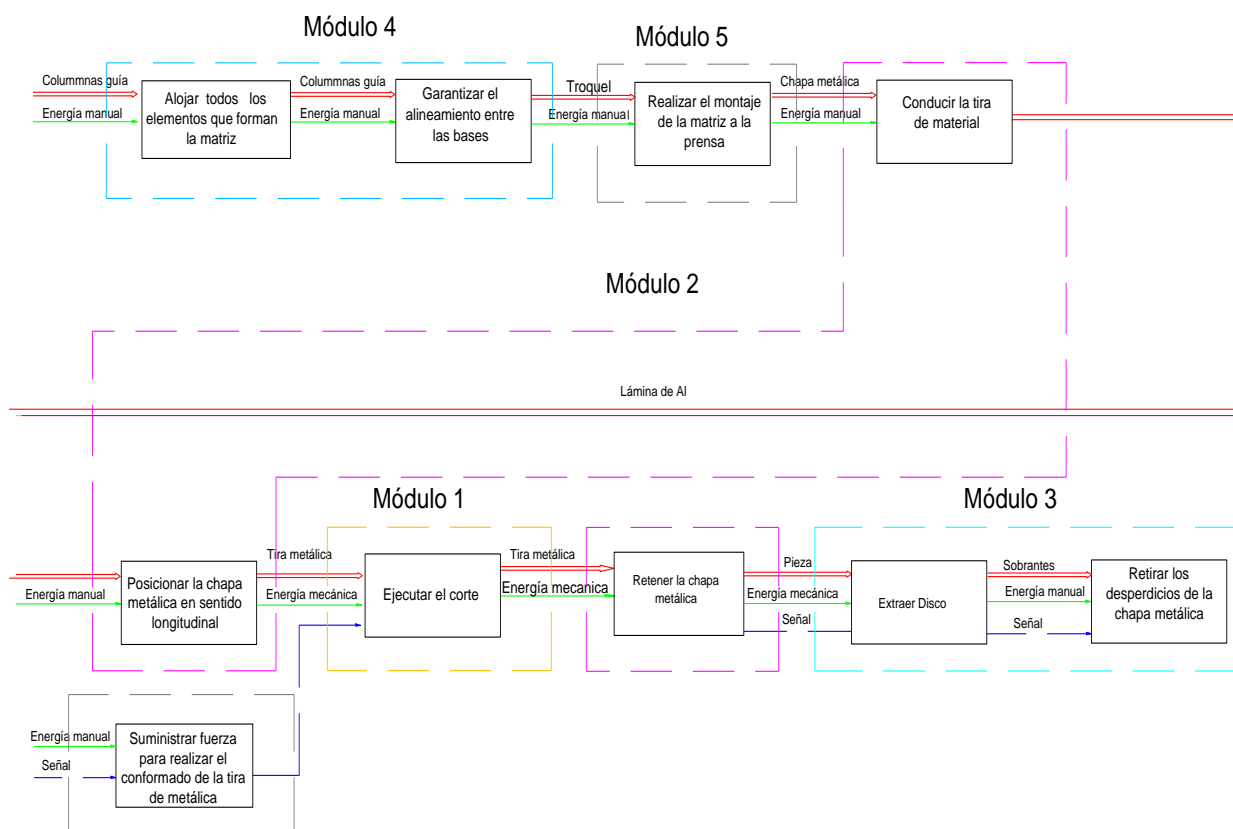


Figura 3.4 Módulos encontrados para el correcto funcionamiento de la matriz

La tabla 3-4 agrupa los módulos encontrados en el diagrama funcional, además proporciona un resumen de las funciones básicas que debe cumplir cada módulo.

Tabla 3-4 - Definición de los módulos

Módulo 1	Sistema de corte
	Compuesto por la placa matriz y el punzón, estos dos elementos producen el recorte solicitado. La matriz de corte se compone de un agujero donde está tallada la forma de la pieza a obtener, a través del cual se introduce el punzón para provocar el cizallado del material.
Módulo 2	Sistema de guía y retención de la chapa metálica
	Este sistema está encargado de posicionar correctamente la chapa metálica en el interior de la placa matriz; otra de sus funciones es mantener la chapa metálica sujeta hasta que el punzón haya salido de ella.
Módulo 3	Sistema de extracción
	El objetivo de este sistema es de extraer la pieza cortada de manera sencilla del interior del troquel; además, retirar el material sobrante de la chapa metálica.
Módulo 4	Sistema porta-troquel
	Este sistema se subdivide a su vez en dos componentes que son los siguientes: el sistema de soporte y el sistema de guía de columnas ambos descritos a continuación. Sistema de armazón o soporte: este sistema debe cumplir con la función de contener en su interior todos los elementos que conforman la matriz de corte; además, de transmitir el movimiento de la prensa al punzón para que este realice el conformado de la chapa metálica, además el sistema de guiado de columnas y casquillos: su función principal es garantizar la concentricidad entre las bases superior e inferior de la matriz; también, se encarga de centrar y posicionar todo el troquel.
Módulo 5	Sistema matriz
	El movimiento vertical ascendente y descendente, está determinado por la prensa de tornillo del laboratorio; igualmente la forma de montar la matriz a la prensa está definida por las perforaciones que contiene.

3.3.2 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Una vez determinadas todas las funciones que intervienen en el proceso de obtención del producto se procede a proyectar posibles soluciones, que permitan desarrollar estas funciones de una manera satisfactoria y eficiente, para después de un análisis, mediante el método de criterios ponderados realizar la selección y evaluación de la solución más factible.

3.3.2.1 Módulo 1

El sistema de corte está compuesto por dos elementos principales: la placa matriz y el punzón; en la placa matriz se talla la forma de la pieza que se desea obtener, para lograr un corte libre de rebabas se considera la holgura adecuada.

3.3.2.1.1 Cortar chapa metálica.

Para realizar el corte se necesita tener en cuenta los elementos que producen la transformación de la tira de material y permiten obtener piezas de forma y medida requerida, de una manera ágil y sencilla que genere beneficios económicos en su producción, la figura 3.5 muestra un punzón circular de cabeza mecanizada y de sección constante.

Punzón circular con cabeza mecanizada



Figura 3.5 Punzón circular con cabeza mecanizada y perfil constante

Ventajas	Desventajas
Buena sujeción y posicionamiento en la matriz	Riesgo de rotura a tracción
Alta resistencia al desgaste y compresión	Presencia de aristas vivas
Económico de producir	Se tiene que rectificar los bordes.

Punzón circular

En la figura 3.6, se puede observar al mismo punzón circular sin cabeza mecanizada, lo que le permitirá adquirir mayor resistencia.

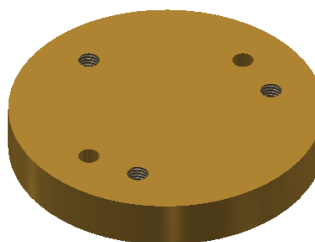


Figura 3.6 Punzón circular

Ventajas	Desventajas
Mayor durabilidad y resistencia	Necesita más elementos de sujeción
Fácil de montar y desmontar del troquel	Aplicable a chapas de espesor grande
El mecanizado a realizar es sencillo.	No recomendable para diámetros pequeños

Punzón con cambio de sección

La figura 3.7, muestra un punzón con intersección de aristas de cabeza cilíndrica.



Figura 3.7 Punzón de intersección con aristas de cabeza cilíndrica

Ventajas	Desventajas
Alta durabilidad y resistencia	Necesita mayor espacio para su fijación.
Facilidad de montaje y aseguramiento	Costo de fabricación mayor.
Fácil mantenimiento	Forma geométrica variable.

Placa matriz circular

La placa matriz de forma circular; que se indica en la figura 3.8A, tiene 4 perforaciones, que permite el ingreso de 2 pernos allen y 2 pasadores cilíndricos que se encargan de fijar y centrar este elemento.

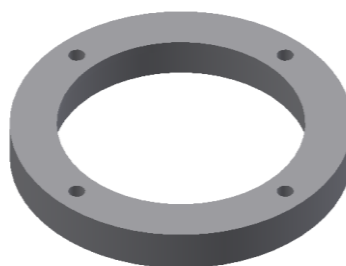


Figura 3.8A Placa matriz de forma circular

La placa matriz de forma circular que se indica en la figura 3.8 B, tiene 5 perforaciones visibles para obtener 4 pernos avellanados y un tope fijo; también posee 5 perforaciones adicionales al reverso de la placa, que permiten el ingreso de 3 pernos allen y 2 pasadores cilíndricos.

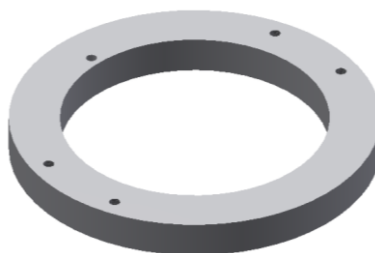


Figura 3.8B Placa matriz de forma circular

Ventajas	Desventajas
Fácil fabricación y recambio	Dificultad en acoplar guía de material.
Facilidad de montaje y seguro	Menor número de puntos de sujeción.
Fácil mantenimiento	Forma de sujeción limitada.

Placa matriz rectangular

En la figura 3.9 se puede observar la placa matriz de forma rectangular; así como la cantidad de perforaciones necesarias para garantizar su fijación.

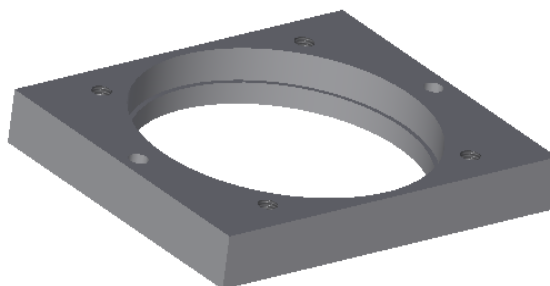


Figura 3.9 Placa matriz rectangular

Ventajas	Desventajas
Mayor seguridad y fuerza en la sujeción.	Necesita mayor espacio para su fijación.
Inmoviliza totalmente la placa matriz.	Costo elevado en su producción.
Fácil acople a las guías de material.	Mayor número de operaciones de mecanizado

3.3.2.1.2 Alternativas de solución módulo 1

Para determinar las diferentes alternativas del módulo 1 se relacionan entre sí las soluciones de cada función encontrada, como es muestra en la tabla 3-5. Es necesario recordar que no todas las combinaciones son aceptadas como soluciones, sino aquellas cuyos componentes sea posible asociarlos entre sí.

Tabla 3-5 - Alternativas de solución para el módulo 1

Función	Componente
Ejercer presión de corte (cuchilla móvil)	<p>Punzón con cambio de sección Punzón circular Punzón de Cabeza mecanizada</p>
Moldear la pieza y permitir el corte (cuchilla fija)	<p>Matriz circular Placa matriz circular Placa matriz rectangular</p> <p>Alternativa 1 Alternativa 2 Alternativa 3</p>

Las figuras 3.10, 3.11 y 3.12 señalan las diferentes alternativas de solución para realizar el corte de la chapa metálica, todas muestran un punzón con su respectiva matriz de corte.

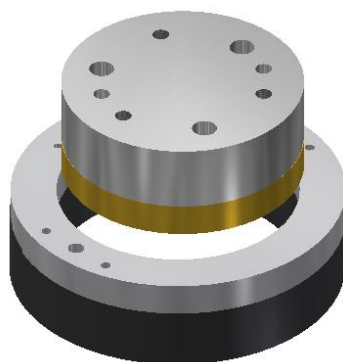


Figura 3.10 Elementos de corte circular, alternativa 1

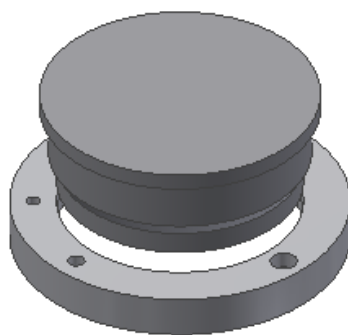


Figura 3.11 Elementos de corte circular, alternativa 2

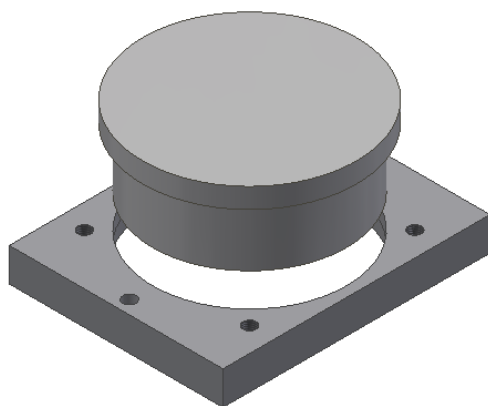


Figura 3.12 Elementos de corte, alternativa 3

3.3.2.1.3 Evaluación y selección de los módulos

Para establecer el módulo apropiado, se recurre al método de criterios ponderados en el que se nombran los criterios de evaluación más concluyentes en el diseño.

Mantenimiento reducido, para cumplir esto, se utiliza un punzón de cambio rápido; que reduce el tiempo de montaje, al evitar desmontar la matriz de la prensa

Volumen, se toma en cuenta el conjunto de partes que forman la matriz, debe ser portátil y manejable que permita maniobra de sus partes al realizar el montaje.

Mecanizado sencillo, permite conocer el grado de dificultad en la fabricación del elemento, lo que incide directamente en el costo de producción del componente.

Fiabilidad de los componentes para evitar que se de paros imprevistos y fallas.

Precio, para saber qué tipo de elemento es el más económico de obtener y se encuentre al alcance del presupuesto.

La evaluación de los criterios y módulos se detalla en las tablas siguientes; 3-6, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10 y 3-11.

Tabla 3-6 - Criterios de evaluación

CRITERIO	Mantenimiento	Volumen	Mecanizado sencillo	Fiabilidad	Precio	$\Sigma +1$	Ponderación
Mantenimiento		1	1	0,5	0	3,5	0,218
Volumen	0		1	0	1	3	0,187
Mecanismo sencillo	0	1		0	1	3	0,187
Fiabilidad	0,5	1	0,5		1	4	0,250
Precio	0	0,5	0	1		2,5	0,156
						Suma	16
Fiabilidad> Mantenimiento> Volumen= Mecanizado sencillo> Precio							

En seguida de evalúan cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3-7 - Criterio: mantenimiento

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,40
Solución 2	0,5		0,5	2	0,27
Solución 3	0,5	1		2,5	0,33
			Suma	7,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-8 - Criterio: volumen

Volumen	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,33
Solución 2	1		1	3	0,40
Solución 3	0,5	0,5		2	0,27
			Suma	7,5	1

SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3

Tabla 3-9 - Criterio: mecanizado sencillo

Mecanizado sencillo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,42
Solución 2	0,5		0,5	2	0,29
Solución 3	0,5	0,5		2	0,29
			Suma	7	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3

Tabla 3-10 - Criterio: fiabilidad

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,33
Solución 2	1		1	3	0,33
Solución 3	1	1		3	0,33
			Suma	9	1

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3

Tabla 3-11 - Criterio: precio

Precio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,40
Solución 2	0,5		1	2,5	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,27
			Suma	7,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3

Finalmente se presenta la tabla 3-12 de conclusiones:

Tabla 3-12 - Conclusiones

Conclusiones	Mantenimiento	Volumen	Mecanismo sencillo	Fiabilidad	Precio	Σ	Mejor
Solución 1	0,40*0,218	0,33*0,187	0,42*0,187	0,33*0,25	0,40*0,156	0,37	1
Solución 2	0,27*0,218	0,40*0,187	0,29*0,187	0,33*0,25	0,33*0,156	0,33	2
Solución 3	0,33*0,218	0,27*0,187	0,29*0,187	0,33*0,25	0,27*0,156	0,30	3

En la tabla 3-12, se puede observar que la solución adecuada es la número 1.

3.3.2.2 Módulo 2

El objetivo de este sistema es de extraer la pieza cortada de manera sencilla del interior del troquel; sin necesidad de desmontar sus componentes, de esta forma evitar paros innecesarios cada vez que se realice un corte, al mismo tiempo aumentar la seguridad; además, este sistema debe permitir retirar el material sobrante de la chapa metálica.

3.3.2.2.1 Guía de punzón y prensa chapa.

Para obtener un corte exacto de la pieza, se necesita garantizar que el punzón y la matriz estén perfectamente guiados, esto se logra tanto con los elementos normalizados de sujeción como con un elemento que guíe el perfil exterior del buril.

Placa circular prensa chapa

La figura 3.13 indica la forma y la cantidad de agujeros necesarios para sujetar el prensa chapa a la placa matriz y a la base inferior.

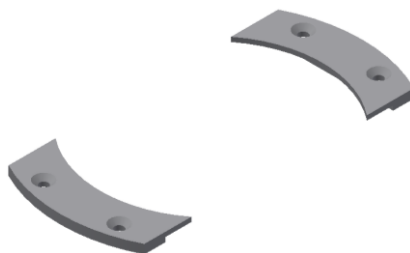


Figura 3.13 Placa circular prensa chapa

Ventajas	Desventajas
Es más ligera y versátil	Menor fuerza de sujeción
Es más económica de producir.	Planitud de las caras de trabajo
El mecanizado a realizar es sencillo.	Área de sujeción menor

Placa rectangular prensa chapa

En la figura 3.14, se puede observar el perfil rectangular de la placa prensa chapa.

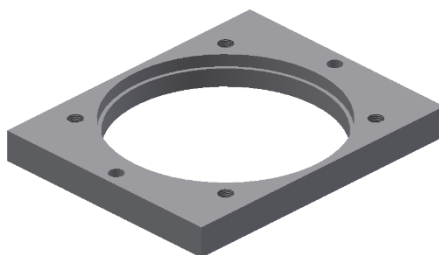


Figura 3.14 Placa rectangular prensa chapa

Ventajas	Desventajas
Área de contacto mayor entre la tira metálica y el prensa chapas	Mayor número de elementos de sujeción
Evita las ondulaciones de la banda de material.	Mecanizado a realizar en la placa es más complejo.
Guía adecuada del punzón en su interior.	Mayor costo de construcción

3.3.2.2.2 Guía de material

Para asegurar que la pieza requerida sea cortada correctamente, se necesita que la chapa metálica este perfectamente guiada tanto en sentido transversal como en el sentido longitudinal, para cumplir con este propósito se utiliza regletas guía. Estas regletas deben permitir un avance continuo de la tira, por lo que se debe proporcionar una separación entre ellas de 1 o 2 mm mayor al ancho de la banda.

Regletas guía circular

La figura 3.15 indica la forma de media luna que tienen las regletas y la cantidad de agujeros necesarios para sujetarla a la placa matriz.

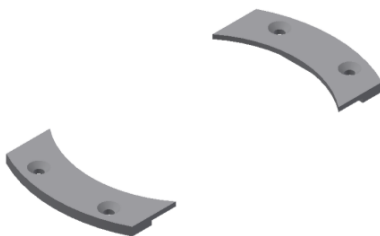


Figura 3.15 Placa guía de material circular

Ventajas	Desventajas
Componentes ligeros y manipulables	Se necesita materia prima de forma circular
Montaje y desmontaje fácil	El mecanizado a realizar tiene su grado de complejidad
Es más económica de producir.	Área de contacto guía menor

Regletas guía rectangular

La figura 3.16, señala la forma de regletas guía rectangulares

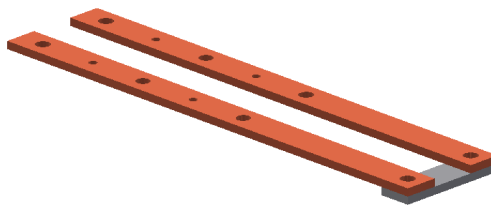


Figura 3.16 Regleta guía rectangular

Ventajas	Desventajas
Elementos ligeros y versátiles	Dimensiones requeridas mayores
El mecanizado a realizar es sencillo.	Espacio longitudinal mayor

3.3.2.2.3 Alternativas de solución del módulo 2

Las alternativas de solución del módulo 2 se relacionan entre sí, como es muestra en la tabla 3-13. Es necesario recordar que no todas las combinaciones son admitidas como soluciones, sino solo aquellas cuyos componentes se complementen entre sí.

Tabla 3-13 - Alternativas de solución para el módulo 2

Función	Componente
Guiar el punzón y retener la chapa metálica	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: 150px;">Prensa chapa rectangular</div> <div style="color: green; font-size: 20px; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: 150px;">Regleta guía rectangular</div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: 150px;">Prensa chapa y regleta circular</div> <div style="color: orange; font-size: 20px; margin: 5px 0;">↓</div> </div> </div>
Posicionar y conducir la tira de material	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p style="color: green;">Alternativa 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="color: orange;">Alternativa 2</p> </div> </div>

Las figuras 3.17 y 3.18 señalan las diferentes alternativas de solución para realizar el corte de la chapa metálica, todas muestran un punzón con su respectiva matriz de corte.

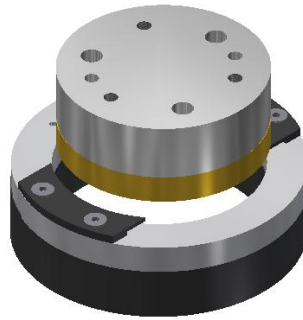


Figura 3.17 Prensa chapa y regletas guías circulares

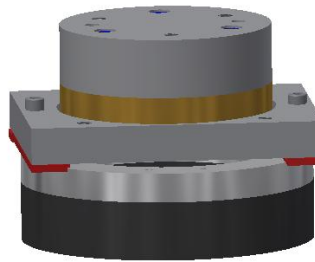


Figura 3.18 Prensa chapa y regletas guías rectangulares

3.3.2.2.3 Evaluación y selección de los módulos

Con la finalidad de determinar el módulo que resulte más conveniente de las varias alternativas planteadas, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados. Se listan a continuación los criterios de valoración más determinantes en el diseño:

Fijación y posicionamiento, es necesario que las placas guías estén paralelas entre sí, de este modo se garantiza el posicionamiento longitudinal.

Peso, el conjunto que forman las placas guías y el prensa chapa, debe ser versátil y manejable, confiriendo mayor facilidad en el montaje y puesta a punto.

Fácil mecanizado, permite conocer el grado de dificultad y complejidad que tiene la construcción del componente, de esta forma seleccionar el más adecuado.

Estabilidad de los componentes, se refiere a que no se presentan mayores cambios, al aumentar: las revoluciones de la prensa, la fuerza de corte, el espesor de la chapa metálica y modificar las condiciones iniciales de operación.

Precio, permite evaluar que solución encontrada es adecuada económicamente.

La evaluación de los criterios y módulos se detalla en las tablas de siguientes; 3-14, 3-15, 3-16, 3-17, 3-18 y la tabla 3-19.

Tabla 3-14 - Criterios de evaluación

CRITERIO	Fijación y Posicionamiento	Peso	Fácil Mecanizado	Estabilidad	Precio	$\Sigma +1$	Ponderación
Fijación y Posicionamiento		0,5	0,5	1	0	3	0,20
Peso	0		1	0,5	1	3,5	0,23
Fácil Mecanizado	0	1		0	1	3	0,20
Estabilidad	0,5	0,5	0		0,5	2,5	0,17
Costo de fabricación	0	1	1	0		3	0,20
						Suma	15
							1

Peso > Fijación y posicionamiento = Fácil Mecanizado = Costo de fabricación > Estabilidad.

En seguida de evalúan cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3-15 - Criterio: fijación y posicionamiento

Fijación y posicionamiento	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1,5	0,429
Solución 2	1		2	0,571
			Suma	3,5
				1

SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 1

Tabla 3-16 - Criterio: Peso

Peso	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-17 - Criterio: fácil mecanizado

Mecanismo sencillo	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-18 - Criterio: estabilidad

Estabilidad	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1,5	0,50
Solución 2	0,5		1,5	0,50
		Suma	3	1

SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 1

Tabla 3-19 - Criterio: costo

Costo	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Finalmente se presenta la tabla 3-20 de conclusiones.

Tabla 3-20 - Conclusiones

Conclusiones	Fuerza de sujeción	Peso	Mecanismo sencillo	Fiabilidad	Precio	Σ	Prioridad
Solución 1	0,429*0,20	0,571*0,23	0,571*0,20	0,5*0,17	0,571*0,20	0,531	1
Solución 2	0,571*0,20	0,429*0,23	0,429*0,20	0,5*0,17	0,429*0,20	0,469	2

3.3.2.3 Módulo 3

Estos elementos permiten extraer la pieza cortada de manera sencilla del interior del troquel, sin necesidad de desmontar sus componentes; de esta forma se evita paros innecesarios cada vez que se realice un corte y se aumenta la seguridad.

3.3.2.3.1 Sistema de expulsión con alzas.

La figura 3.19; muestra la forma que posee un par de alzas, de las cuales una estará fija; mientras que la otra se encuentra sujeta por un pivote que le permite girar, de esta manera el alza empuja al disco para que salga fácilmente.



Figura 3.19 Alzas móviles circulares

Ventajas	Desventajas
Fácil de montar y desmontar del troquel.	Desgaste por rozamiento.
Alzas fáciles de construir.	Perfil de acople complejo.
Se puede fabricar en cualquier taller.	Requiere de mayor espacio para su funcionamiento.

3.3.2.3.2 Sistema de expulsión con resortes.

La figura 3.20 señala la disposición de 4 resortes alrededor del disco expulsor; también se puede observar el montaje de los resortes, mediante 4 tornillos que son roscados la placa que sostienen.

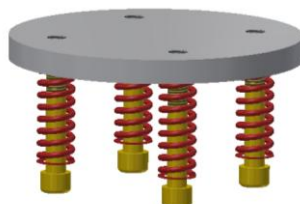


Figura 3.20 Placa circular con apoyo de 4 resortes

Ventajas	Desventajas
Extrae la pieza cortada de manera instantánea.	Sistema más costoso
Sistema confiable y preciso	No se usa en producción en serie

3.3.2.3.3 Alternativas de solución del módulo 3

Las alternativas de solución para el módulo 3 se relacionan entre sí, como se muestra en la tabla 3-21

Tabla 3-21 - Alternativas de solución para el módulo 3

Función	Componente
Extraer la pieza cortada	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Sistema de resortes</p> <p>Alternativa 1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Sistema de alza móvil circular</p> <p>Alternativa 2</p> </div> </div>

Las figuras 3.21 y 3.22 señalan las diferentes alternativas de solución para realizar la expulsión del disco metálico, el sistema de resortes o el sistema de alza móvil respectivamente.

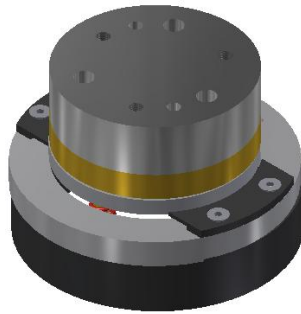


Figura 3.21 Sistema de resortes expulsores

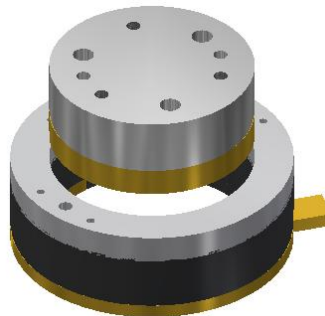


Figura 3.22 Alza circular

3.3.2.3.4 Evaluación y selección de los módulos

Se describen los criterios de evaluación más importantes en el diseño; montaje y desmontaje, confiabilidad, mecanizado, disponibilidad y precio.

Montaje y desmontaje, referente a la facilidad de manipular y tratar los elementos

Confiabilidad y precisión, el sistema de expulsión debe poseer exactitud y seguridad de manera que se evite atascamientos bruscos del material a trabajar.

Mecanizado de las piezas, permite conocer que componente resulta más sencilla de producir; pues reduce los tiempos de fabricación de los elementos, y disminuye el costo de la mano de obra y alquiler del equipo y herramientas.

Disponibilidad de los componentes, permite conocer si se puede proporcionar repuesto de manera inmediata en caso de falla o avería de algún componente.

Precio, es un factor importante debido a que se busca que los componentes funcionen de forma adecuada y a un costo de adquisición conveniente.

La evaluación de los módulos según los criterios planteados se detallan enseguida en las tablas: 3-22, 3-23, 3-24, 3-25, 3-26 y 3-27.

Tabla 3-22 - Criterios de evaluación

CRITERIO	Montaje y Desmontaje	Confiabilidad y precisión	Mecanizado	Disponibilidad	Precio	$\Sigma +1$	total
Montaje y Desmontaje		1	0,5	0	0	2,5	0,172
Confiabilidad	0,5		0,5	0	1	3	0,207
Mecanizado	0	1		0,5	1	3,5	0,241
Disponibilidad	0	0	0,5		1	2,5	0,172
Precio	0	0,5	1	0,5		3	0,207
					Suma	14,5	1

Mecanizado > Confiabilidad = Precio > Montaje y desmontaje = Disponibilidad

En seguida de evalúan cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3-23 - Criterio: montaje y desmontaje

Montaje y desmontaje	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-24 - Criterio: confiabilidad

Confiabilidad	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,50
Solución 2	1		2	0,50
		Suma	4	1

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 2

Tabla 3-25 - Criterio: mecanizado

Mecanizado	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-26 - Criterio: disponibilidad

Disponibilidad	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-27 - Criterio: precio

Precio	Solución 1	Solución 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,571
Solución 2	0,5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Finalmente se presenta la tabla 3-28 de conclusiones.

Tabla 3-28 - Conclusiones

CONCLUSIONES	Fuerza de sujeción	Peso	Mecanismo sencillo	Fiabilidad	Precio	Σ	Mejor opción
SOLUCIÓN 1	0,517*0,172	0,50*0,207	0,571*0,241	0,571*0,172	0,571*0,207	0,547	1
SOLUCIÓN 2	0,429*0,172	0,50*0,207	0,429*0,241	0,429*0,172	0,429*0,207	0,443	2

3.3.2.4 Módulo 4

Este módulo está compuesto por dos sistemas; el primero debe cumplir con la función de contener en su interior todos los elementos que conforman la matriz de corte; además, de transmitir el movimiento de la prensa al punzón para que este realice el conformado de la chapa metálica; mientras que, el segundo sistema tiene como función principal garantizar la concentricidad entre las bases superior e inferior de la matriz; también, se encarga de centrar y posicionar todo el troquel.

3.3.2.4.1 Sistema de armazón o soporte

Los elementos de armazón son aquellos que completan la estructura mecánica de la matriz, contienen en su interior el resto de placas que forman el troquel, estos elementos pueden ser normalizados para matrices de tamaño pequeño y mediano; en general se tiende a usar la base inferior para el montaje de las columnas guía.

Soportes de forma rectangulares

La figura 3.23 se indican dos ejemplos de matrices rectangulares con formas distintas, en ellas se puede observar las diferentes maneras de sujeción de las que se puede disponer, así mismo se puede visualizar acabados que facilitan el transporte del troquel, esto disminuye el riesgo de soltar los elementos.

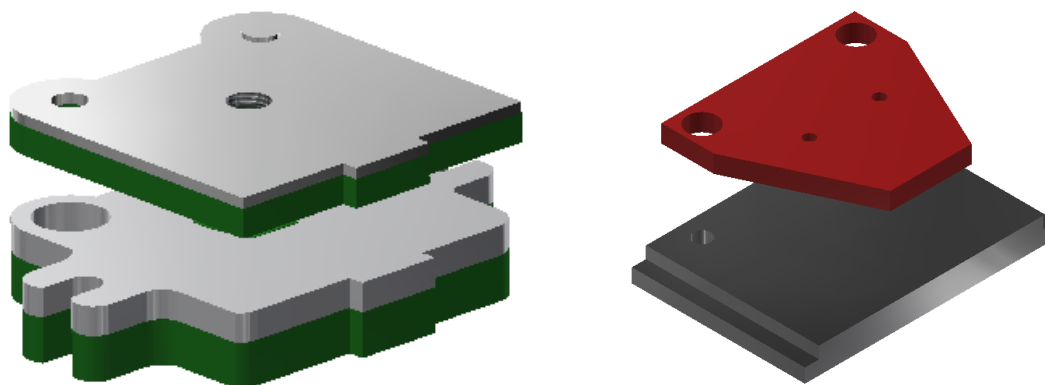


Figura 3.23 Placa armazón de forma rectangular.

Ventajas	Desventajas
Mayor seguridad y fuerza en la sujeción	Necesita mayor espacio para su fijación.
Facilidad de montaje y aseguramiento	El mecanizado de este elemento es tedioso.
Es más económica de producir.	Se emplea para producciones bajas

Soportes de forma circular

La tercera propuesta de solución, está relacionada con un soporte circular mostrado en la figura 3.24, además se detallan varias ventajas y desventajas de la forma de las bases con respecto a las placas de forma rectangular.

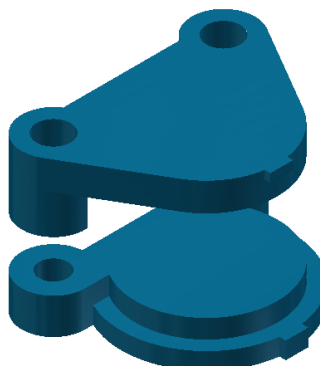


Figura 3.24 Placa armazón de forma circular.

Ventajas	Desventajas
Es más ligera y versátil	Menor puntos de sujeción
El proceso de obtención es por fundición	Área de contacto entre placas menor
Montaje sencillo	Costo de fabricación mayor

3.3.2.4.2 Sistema guiado de columnas y casquillos.

El objetivo principal de este sistema es de asegurar la concentricidad y alineamiento entre las bases que forman el armazón de la matriz; para lograr con este propósito se disponen de dos métodos: el de guiado con rozamiento (columnas – casquillos) y el guiado con rozamiento por rodadura (jaula de bolas).

Sistema por rodadura compuesto por columnas, jaula de bolas y casquillos

En la figura 3.25 se puede observar el montaje de los tres elementos que forman este sistema; la columna guía, el casquillo y la jaula de bolas se encuentran montados sobre la base inferior.

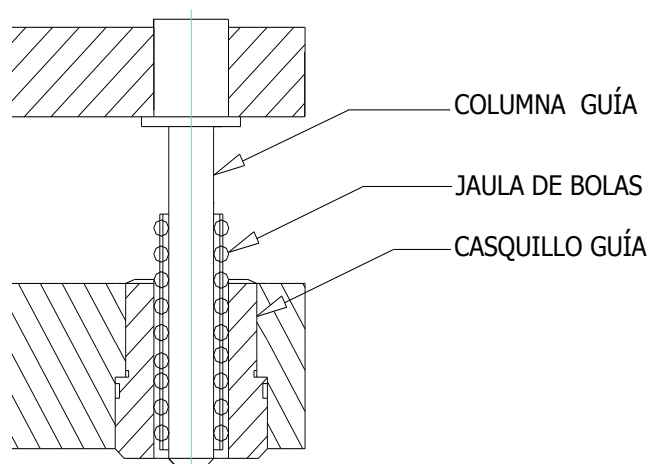


Figura 3.25 Placa porta punzón circular

Ventajas	Desventajas
Se emplea en útiles que requieren de exactitud y precisión	Generalmente este sistema es utilizado en matrices pequeñas
Trabaja con altas velocidades	Se trata de un sistema más costoso
Desgaste por rozamiento bajo.	Dificultad en el montaje

Sistema de guía con rozamiento formado por columnas y casquillos

La figura 3.26, muestra el montaje del sistema por rozamiento columnas-casquillos, donde se puede observar la columna montada sobre la base inferior, mientras que el casquillo guía está dispuesto en la base superior.

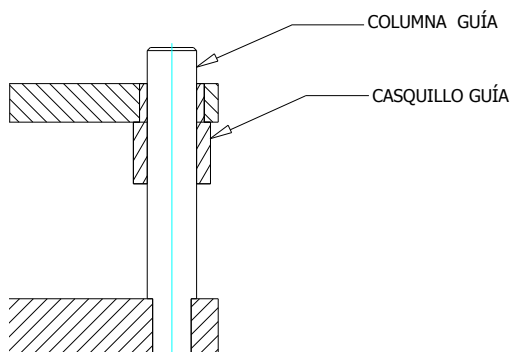


Figura 3.26 Placa porta punzón rectangular

Ventajas	Desventajas
Este sistema es más económico	Trabaja con bajas velocidades
Ofrece exactitud y concentricidad	Mayor desgaste por rozamiento
Amplia holgura de ajuste	Velocidades de trabajo bajas y medias

La figura 3.27, se puede observar dos tipos diferentes de porta-troqueles rectangulares

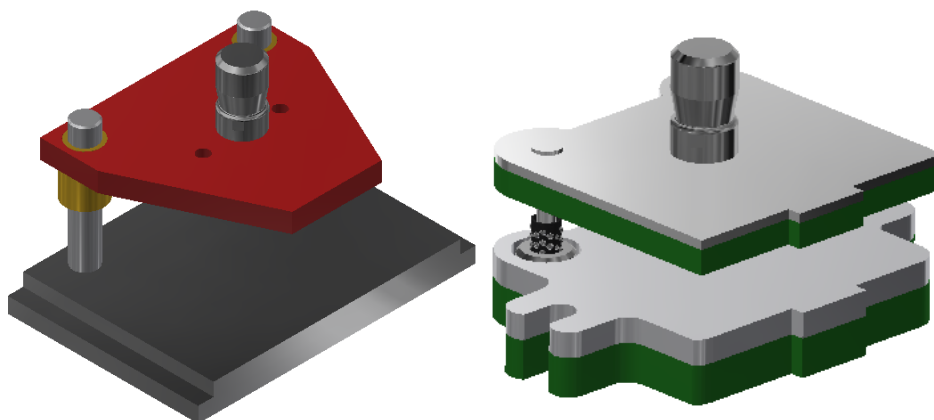


Figura 3.27 Porta troqueles rectangulares alternativa 1 y 2

En el grafico 3.28, se indica la solución de porta – troquel circular alternativa 3

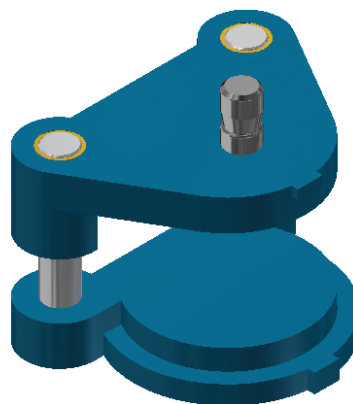


Figura 3.28 Porta troquel circular

3.3.2.4.3 Evaluación y selección de los módulos

Con la finalidad de determinar la solución más adecuada al módulo planteado de las varias alternativas planteadas, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados. Se listan a continuación los criterios de valoración más determinantes en el diseño.

Sujeción y posicionamiento, durante el proceso de conformado del troquel, sus elementos activos deben estar correctamente sujetos y posicionados.

Peso, el conjunto de las piezas que conforman la matriz, debe ser versátil y manejable, confiriendo mayor facilidad al momento del montaje y puesta a punto.

Fabricación, permite conocer el grado de dificultad y complejidad que tiene la construcción del componente, de esta forma seleccionar el más adecuado.

Estabilidad de los componentes, se refiere a que no se presentan mayores cambios, al aumentar: las revoluciones de la prensa, la fuerza de corte, el espesor de la chapa metálica y modificar las condiciones iniciales de operación.

Precio, permite evaluar si la solución encontrada resulta económica.

La evaluación de los criterios y módulos se detalla en las tablas de siguientes; 3-29, 3-30, 3-31, 3-32, 3-33 y la tabla 3-34.

Tabla 3-29 - Criterios de evaluación

CRITERIO	Sujeción y Posicionamiento	Volumen	Fabricación	Fiabilidad	Precio	$\Sigma +1$	Total
Sujeción y posicionamiento		0,5	0,5	1	0,5	3,5	0,200
Volumen	0,5		0,5	0	1	3	0,171
Fabricación	0	1		0,5	1	3,5	0,200
Fiabilidad	0,5	0	0,5		1	3	0,171
Precio	0,5	1	1	1		4,5	0,258
					Suma	17,5	1

Precio > sujeción y posicionamiento = Fabricación > Volumen = fiabilidad

En seguida de evalúan cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3-30 - Criterio: Sujeción y posicionamiento

Sujeción y posicionamiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,4
Solución 2	0,5		0,5	2	0,27
Solución 3	0,5	1		2,5	0,33
			Suma	7,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-31 - Criterio: volumen

Volumen	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	2,5	0,357
Solución 2	0,5		0	1,5	0,214
Solución 3	1	1		3,0	0,429
			Suma	7,0	1

SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

Tabla 3-32 - Criterio: fabricación

Fabricación	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3,0	0,462
Solución 2	0,5		0,5	2,0	0,308
Solución 3	0	0,5		1,5	0,230
			Suma	6,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3

Tabla 3-33- Criterio: fiabilidad

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,33
Solución 2	1		1	3	0,33
Solución 3	1	1		3	0,33
			Suma	9	1

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3

Tabla 3-34 - Criterio: precio

Precio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,40
Solución 2	0,5		0,5	2	0,27
Solución 3	0,5	1		2,5	0,33
			Suma	7,5	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 2

Finalmente se presenta la tabla 3-35 de conclusiones:

Tabla 3-35 - Conclusiones

Conclusiones	Sujeción posición	Volumen	Fabricación	Fiabilidad	Precio	Σ	Mejor opción
Solución 1	0,40*0,200	0,357*0,171	0,462*0,200	0,33*0,171	0,40*0,258	0,39	1
Solución 2	0,27*0,200	0,214*0,171	0,308*0,200	0,33*0,171	0,27*0,258	0,28	3
Solución 3	0,33*0,200	0,429*0,171	0,230*0,200	0,33*0,171	0,33*0,258	0,33	2

Del análisis de la tabla anterior se obtiene como resultado; que la solución preferente es la número 1, esta alternativa se muestra en la figura 3.29.

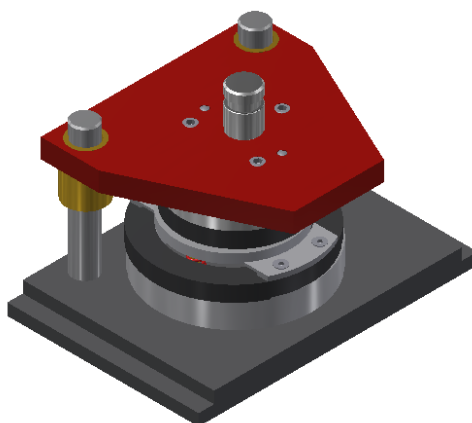


Figura 3.29 Diseño de la matriz de corte prioritario

3.3.2.5 Módulo 5

Este módulo cumple con la función de dar a conocer el mecanismo que permita comunicar el movimiento vertical ascendente y descendente con que trabaja el troquel de corte, este desplazamiento se determina por la prensa de tornillo del laboratorio; además la prensa debe permitir el acople adecuado de la matriz de corte diseñada, se debe tomar en consideración los alojamientos roscados que presenta la prensa, a ellos serán acoplados mordazas de fijación que sujeten e inmovilicen la base inferior, también se debe permitir un acople entre la prensa y la base superior, esto se logra mediante el vástago de la matriz.

3.3.2.5.1 Fijar y ajustar la base inferior a la matriz

La manera más práctica de efectuar esta tarea es mediante la colocación de elementos de sujeción. Encargados de impedir el movimiento o desplazamiento de la base respecto a la bancada de la prensa.

3.3.2.5.2 Sujetar rígidamente la espiga a la prensa

La espiga se encuentra acoplada al troquel por medio de un agujero roscado hecho en la base superior, este elemento realiza la función de enlace entre la parte móvil de la matriz y la prensa. La figura 3.30 muestra la prensa disponible en el laboratorio la cual cuenta con perforaciones en su asiento, realizadas para impedir el movimiento de la base inferior con la ayuda de mordazas de fijación y un agujero en su brazo móvil para permitir el ingreso de un eje roscado en un extremo que permite realizar la unión entre el vástago y la prensa. Se toma como solución del módulo dichas formas de posicionamiento.

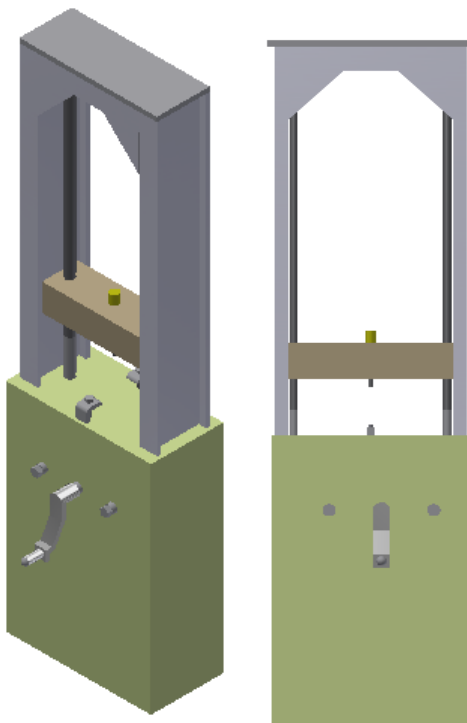


Figura 3.30 Solución para el módulo 5

3.3.2.6 Solución obtenida

Mediante el análisis funcional se pudo obtener alternativas de solución para cada módulo definido y mediante el análisis de criterios ponderados se pudo encontrar la solución más factible al diseño de la matriz. La figura 3.31 representa el diseño de la matriz más adecuado; mientras que la figura 3.32 se representa el montaje.

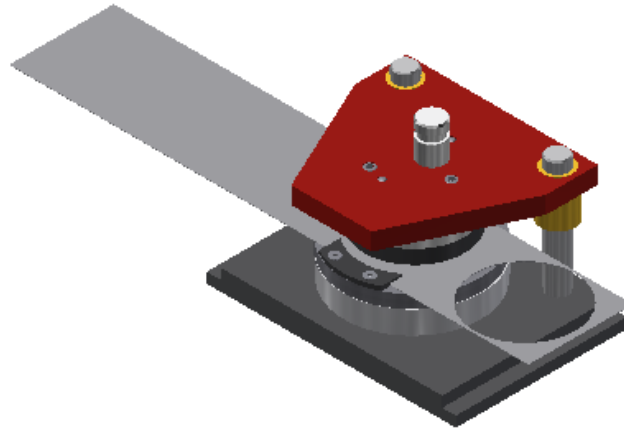


Figura 3.31 Solución de la matriz de corte.

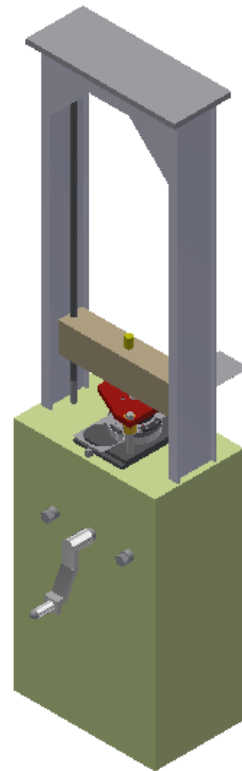


Figura 3.32 Montaje de la solución obtenida en la prensa

3.4 DISEÑO DE LA MATRIZ DE CORTE

Cada uno de los elementos que componen la matriz de corte o punzonado cumple con una función específica, de manera que al garantizar el correcto desempeño individual de cada una de las partes, se logra que todo el conjunto trabaje de forma adecuada. También es importante realizar un análisis de los materiales, dimensiones, tratamientos térmicos y acabados superficiales a utilizar en el diseño y construcción de estos elementos, para obtener un funcionamiento con un alto rendimiento y al mismo tiempo extender la vida útil de la matriz; además, se debe poner atención a los distintos elementos normalizados que servirán de referencia fundamental en el diseño de nuestro troquel de punzonado.

3.4.1 DISCO CON LAS DIMENSIONES REQUERIDAS.

Para realizar el diseño de la matriz de corte se debe empezar por dibujar la forma de la pieza que se desea obtener con sus respectivas dimensiones, esto permite orientar el proceso de producción que se debe seguir. En la figura 3.33 se representa las dimensiones de la pieza, mientras que en la figura 3.34 su esquema en 3D.

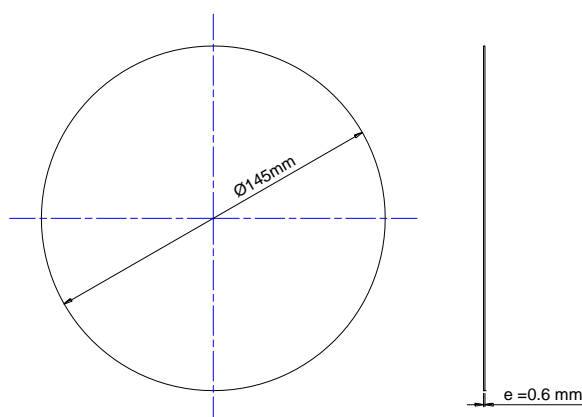


Figura 3.33 Dimensiones principales del disco a cortar

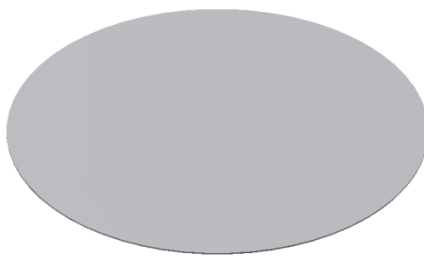


Figura 3.34 Modelo en 3 dimensiones del disco conformado

3.4.2 SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS Y LA SEPARACIÓN ENTRE PIEZAS Y TIRA DE MATERIAL.

Es conveniente que exista una separación mínima entre piezas consecutivas; así mismo se debe tener una separación conveniente entre la tira de material y la pieza a obtener, de tal manera se precisa calcular esta separación mínima, en base al método analítico y al método gráfico; métodos de resolución que son expuestos más adelante.

3.4.2.1 Disposición normal.

Esta disposición se utiliza para cortar piezas, cuyo perfil exterior se puede inscribir cerca de su totalidad en un paralelogramo rectangular 1-2-3-4, fig. 3.35.

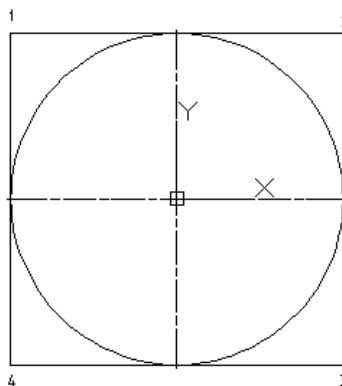


Figura 3.35 Pieza de forma regular inscrita en un paralelogramo cuadrangular

3.4.2.2 Arreglo de la pieza a fabricar.

3.4.2.2.1 Arreglo simple

Se utiliza en pequeñas series, debido a que el costo inicial de la matriz no compensa un arreglo múltiple. En esta disposición, simplemente se trabaja con una tira de material es decir una fila de piezas, fig. 3.36.

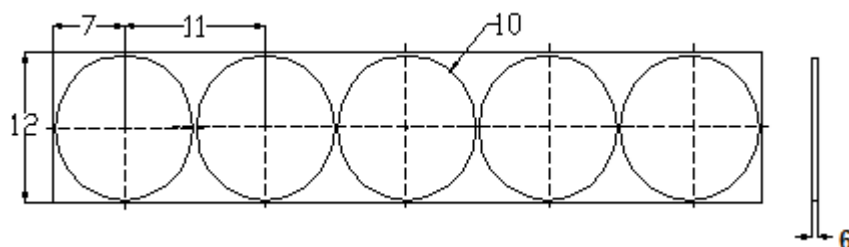


Figura 3.36 Disposición simple de la pieza a cortar.

3.4.2.3 Material de las tiras.

La materia prima disponible en el mercado ecuatoriano permite seleccionar de una gama extensa, el material empleado es una aleación de aluminio A1050 H14, sus especificaciones, propiedades mecánicas y composición química se encuentran en el catálogo suministrado por el fabricante en el Anexo D.

3.4.2.4 Separación entre piezas.

Para realizar una correcta disposición, hay que tomar en consideración la separación mínima que debe existir entre dos piezas contiguas, para evitar cortes imperfectos o imprecisos, piezas rechazadas y tropezos del material. La separación mínima entre dos figuras debe ser como mínimo igual al espesor de la chapa. Además en ningún caso la separación debe ser menor de 1 mm, aún si se trata de chapas con espesores muy finos; existen dos métodos para calcular esta separación: método gráfico y el analítico.

a) Método Gráfico.

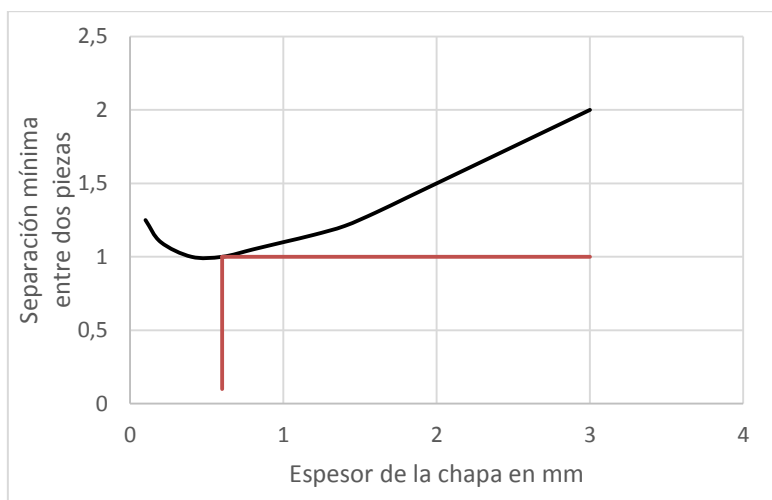


Figura 3.37 Gráfica para determinar la separación mínima entre dos piezas para un material de espesor conocido.

Fuente: López Tomás, 1975, pag. 32.¹⁶

Conocido el espesor de la plancha de aluminio a utilizar $e = 0,6$ mm y con la ayuda de la representación gráfica de la figura 3.37; la cual indica la curva de variación de la separación mínima entre piezas según el espesor a punzonar, se obtiene como resultado que la separación mínima entre dos piezas es de 1 mm.

b) Método analítico.

Se precisa más este valor con la fórmula:

$$s = \frac{5e+9}{12} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Dónde: s : separación mínima entre piezas en mm.
 e : espesor de la chapa en mm.

Utilizando la ecuación 3.1 para el cálculo de la separación entre piezas se obtiene:

¹⁶ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

$$s = 1 \text{ [mm]}$$

El valor que se calcula es la distancia mínima que se debe considerar como separación entre piezas, entonces para asegurar que la pieza a ser punzonada cumpla con la medida exterior requerida se aumenta la distancia mínima a 3 mm. Se debe considerar que la distancia a obtener de la fórmula es la separación mínima entre dos piezas consecutivas, en casos como el de la fig. 3.38 A, Esta separación entre piezas se da un punto aislado, donde se recomienda una separación igual al espesor de la chapa a ser cortada.

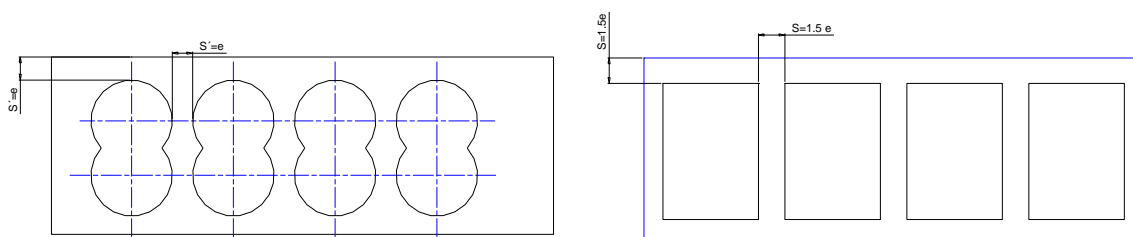


Figura 3.38 Separación mínima entre piezas: A puntos aislados y B Línea alargada

Si la distancia mínima se toma a lo largo de línea, como en la fig. 3.38B, Se aconseja ampliar la separación, a una vez y media el espesor del material.

3.4.2.5 Separación entre la pieza y el lado de la tira.¹⁷

Para determinar está separación, se debe volver a los razonamientos usados en la separación entre piezas; si la distancia mínima se mide desde el borde de la tira a un punto aislado más cercano de la figura a ser cortada (Fig. 3.38A) entonces se recomienda una separación igual al espesor de la chapa (Ec.3.2), mientras que, si la distancia mínima es medida desde el borde de la tira al lado paralelo de la pieza más cercano. (Fig. 3.38B). Se suele utilizar una separación igual a una y media vez el espesor del material (Ec. 3.3).

¹⁷ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

$$s' = e \geq 1mm \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$s' = 1,5e \geq 1mm \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Se tiene un contacto puntual entre pieza y filo de la tira por lo que el valor de s es:

$$s' = 1 \text{ [mm]}$$

Se recuerda que en ningún caso esta separación debe ser menor a un milímetro.

3.4.2.6 Paso

Es la distancia desde una arista o un punto de corte hasta la misma del siguiente corte, o a su vez la distancia axial recorrida por la tira de material a cada golpe de prensa, fig. 3.39.

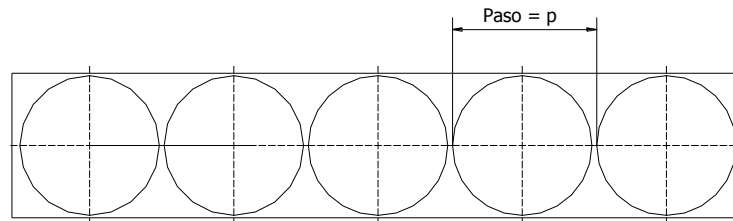


Figura 3.39 Paso en el corte de piezas

El valor del paso se establece: de la suma de la separación mínima entre dos piezas en la dirección horizontal, con la longitud máxima de la pieza, tomada en igual orientación, fig. 3.40

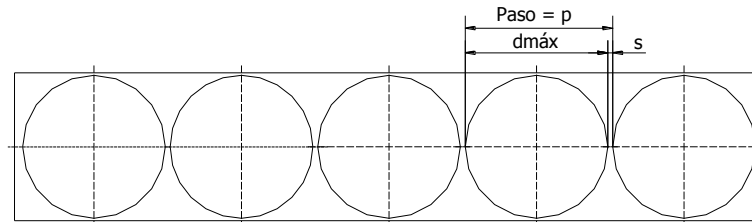


Figura 3.40 Determinación del paso

$$p = s + dm_{\text{máx}} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Dónde: s : separación mínima entre piezas en mm.
 $dm_{\text{máx}}$: distancia máxima longitudinal de la pieza a cortar.

Al utilizar la ecuación 3.4 para el cálculo del paso y considerar que la distancia máxima longitudinal de la pieza a cortar es igual al diámetro de la pieza se obtiene:

$$p = 148 \text{ [mm]}$$

Otra forma de determinar el paso es dibujar las piezas a cortar a escala real, figura 3.41, considerando la separación mínima y posteriormente se debe medir la longitud total desarrollada entre dos puntos homólogos de piezas consecutivas.

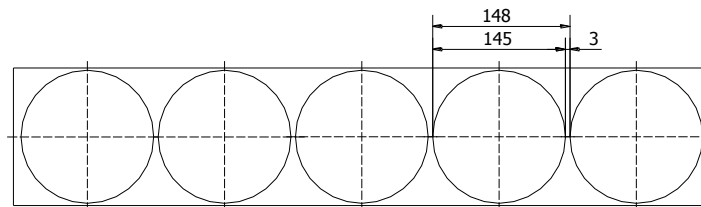


Figura 3.41 Paso entre piezas consecutivas

3.4.3 ORIENTACIÓN DE LA PLANCHA DE 1220 X 2440 EN DISPOSICIÓN NORMAL DEL ELEMENTO A CORTAR.

La disposición de la pieza a fabricar respecto a la plancha de material adquirida, es un factor importante; además de esto es importante identificar la correcta orientación de la plancha de aluminio, pues proporciona una mayor cantidad de piezas por lámina, esto permitirá reducir el desperdicio y aumentar la producción.

3.4.3.1 Disposición normal horizontal

La figura 3.42 presenta la disposición de la pieza en forma normal, con la plancha de material a cortar orientada horizontalmente.

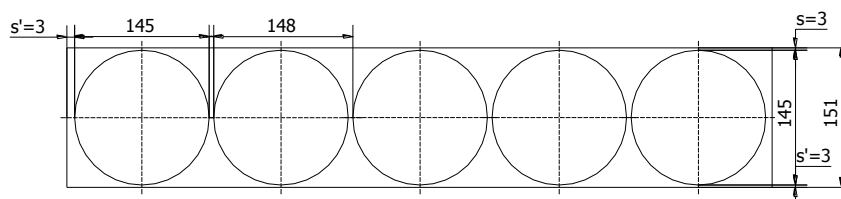


Figura 3.42 Disposición normal de la pieza con la plancha en sentido horizontal.

En la práctica en ingeniería se recomienda utilizar valores mayores de separación entre piezas, y separación entre pieza y filo de la tira, debido a que mientras se aumenta la tolerancia de estas distancias, se facilita producir las figuras en chapa metálica y consecuentemente disminuye el costo de construcción de la matriz, en este caso particular se aumenta estos valores a 3 [mm]

Ancho de la tira:

$$B = s' + \phi \text{ de la pieza} + s'$$

$$B = 151 \text{ [mm]}$$

El número de piezas por cada plancha adquirida se calcula como:

$$\frac{\# \text{ tiras}}{\text{plancha}} = \frac{\text{ancho de la plancha}}{B} = 8,08$$

$$\frac{\# \text{ Piezas}}{\text{tira}} = \frac{\text{largo de la plancha} - s'}{p} = 16,47$$

$$\frac{\# \text{ Piezas}}{\text{plancha}} = 128$$

3.4.3.2 Disposición normal vertical

La figura 3.43 indica la disposición de la pieza en forma normal, con la plancha de material a cortar orientada verticalmente.

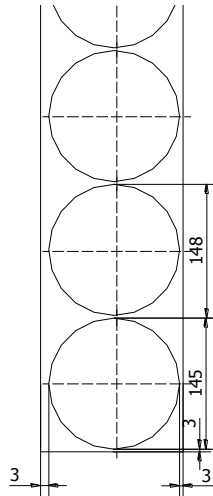


Figura 3.43 Disposición normal de la pieza con la plancha en sentido vertical.

Ancho de la tira:

$$B = 151$$

Paso:

$$p = 148$$

Número de piezas obtenidas por plancha.

$$\# \text{ Tiras} = 14,83$$

$$\frac{\# \text{ Piezas}}{\text{tira}} = 8,22$$

$$\frac{\# \text{ Piezas}}{\text{plancha}} = 112$$

De la resolución de estas dos posibles disposiciones de las piezas se concluye que la mejor disposición normal es con la plancha ubicada en sentido horizontal, en un caso de realizar una producción en serie.

3.4.4 JUEGO ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.

Entre el punzón y la matriz de corte tiene que existir una holgura de corte adecuada, que garantice un corte limpio, libre defectos superficiales y con dimensiones exactas de la pieza requerida, que depende de varios factores como espesor del material, dureza del material y comportamiento del material a tratarse.

Una holgura adecuada y uniforme entre el punzón y la matriz, figura 3.44, permite obtener piezas precisas y libres de relieves; si el juego existente entre ellas es irregular, es decir si existe un desalineamiento entre el punzón y la placa matriz se produce esfuerzos laterales que aumentan el desgaste provocado por fricción sobre las guías que desgastan prematuramente la matriz de corte.

Para materiales de carácter pastoso y graso como es el caso del aluminio se debe considerar una holgura mayor debido al alargamiento que sufre este material al ser deformado, entonces si la holgura es pequeña, el material empieza a alargarse después del corte producido deformarse al quedar atrapado en las paredes laterales de la matriz, dando como resultado piezas con imperfecciones y con un mal acabado superficial.

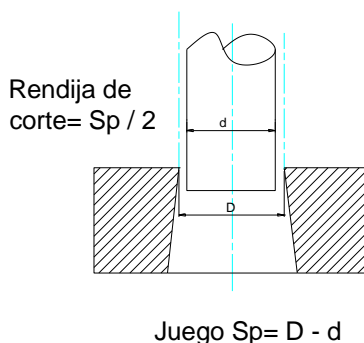


Figura 3.44 Juego entre el punzón y matriz.

Para determinar la holgura entre el punzón y la matriz se utiliza los datos de la tabla 3-36, conocido el espesor de la chapa metálica y el tipo de material a cortar.

Tabla 3-36 - Tolerancias admisibles entre punzones y placas¹⁸

Espesor de la chapa [mm]	Juego entre matriz y punzón			
	Latón y acero dulce	Acero medio duro	Acero duro	Aluminio
0,25	0,01	0,015	0,020	0,02
0,50	0,025	0,03	0,035	0,05
0,75	0,04	0,045	0,05	0,07
1	0,05	0,06	0,07	0,10
1,25	0,06	0,075	0,09	0,12
1,50	0,075	0,09	0,10	0,15
1,75	0,09	0,10	0,12	0,17
2	0,10	0,12	0,14	0,20
2,25	0,11	0,14	0,16	0,22
2,50	0,13	0,15	0,18	0,25
2,75	0,14	0,17	0,20	0,28
3	0,15	0,18	0,21	0,30
3,25	0,17	0,20	0,23	0,33
3,50	0,18	0,21	0,25	0,35
3,75	0,19	0,23	0,27	0,38
4	0,20	0,24	0,28	0,40
4,25	0,22	0,26	0,30	0,43
4,50	0,23	0,27	0,32	0,45
4,75	0,24	0,29	0,34	0,48
5	0,25	0,3	0,36	0,50

Fuente: López Tomás, 1975, pág. 22

¹⁸ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

Donde se puede obtener el valor de la holgura realizando una interpolación.

e	juego
0,5	0,05
0,6	x
0,75	0,07

0,25	0,02
0,15	x

$$S_p = 0,058 \text{ [mm]}$$

Aproximándola a 0,060 [mm]

3.4.5 DIMENSIONES DE PUNZÓN Y MATRIZ.

Una vez encontrada la holgura entre el punzón y la matriz, se procede a dimensionar a estos dos elementos, se considera que para este caso se debe conservar la dimensión exterior de la pieza; entonces se procede a restar el juego al punzón, mientras la dimensión de la matriz de corte se mantiene.

CASO DE CORTE:

Dimensiones de la matriz representada en la figura 3.45.

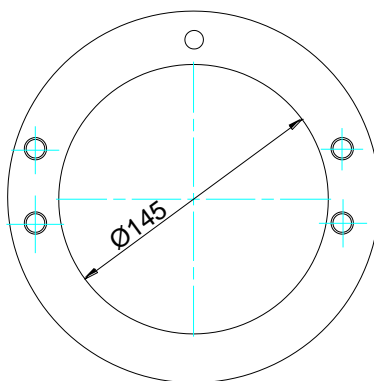


Figura 3.45 Dimensión de la matriz de corte

Dimensiones del punzón representada en la figura 3.46.

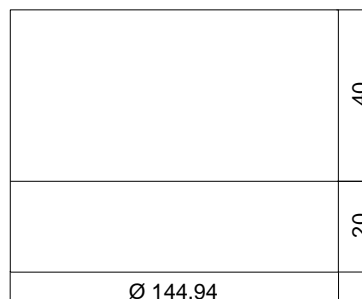


Figura 3.46 Dimensión del punzón de corte.

3.4.6 FUERZA DE CORTE TOTAL REQUERIDA.¹⁹

Es la fuerza necesaria para generar un esfuerzo, que permita romper la resistencia por cizalladura del material; al descender la prensa y hacer contacto con el material se genera sobre la chapa metálica una fuerza de compresión, que produce una reacción de empuje del material sobre el punzón, si el esfuerzo de compresión ejercido por el punzón supera la resistencia del material a ser cizallado, se genera sobre el material un corte y queda separada la pieza de la tira de materia, la figura 3.47 muestra la variación de la fuerza respecto al espesor de la chapa a cortar.

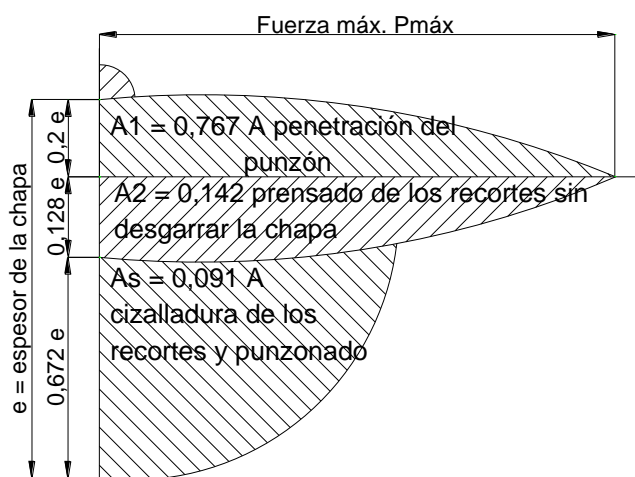


Figura 3.47 Variación de la fuerza en el corte de una pieza.

Fuente: López, 1975, pág. 23

¹⁹ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

La fuerza requerida depende de la superficie a ser cizallada [mm^2] y de la resistencia de cizallamiento del material [$\frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$]. La superficie de corte se calcula como la longitud del perímetro de corte por el espesor del material, mientras que la resistencia de cizallamiento está tabulada (tabla 3-37) o se puede llegar a ella mediante una aproximación tomándola como los 4/5 de la resistencia a la tracción del material.

Ecuación para determinar la fuerza de corte requerida:

$$F_C = \sigma_T \cdot l \cdot e \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Dónde: F_C = esfuerzo o fuerza requerida para el corte

l = longitud del perímetro de corte [mm]

e = espesor de la chapa a cortar [mm]

σ_T = Resistencia a la cizalladura [Kgf/mm^2]

Tabla 3-37 - Resistencia a la cizalladura (σ_T) de los materiales que pueden ser cortados por troquel, determinados por SCHULER

Material	Resistencia al cizallado σ_T en Kgf/mm^2		Resistencia a la rotura a tracción en Kgf/mm^2	
	Dulce	Duro	Dulce	Duro
Plomo	2-3	--	25-4	--
Estaño	3-4	--	4-5	--
Aluminio	7-11	13-16	8-12	17-22
Aluminio duro	22	38	26	48
Zinc	12	20	15	25
Cobre	12-18	25-30	22-28	30-40
Latón	22-30	35-40	28-35	40-60
Bronce Laminado	32-40	40-60	40-50	50-75
Chapa de hierro	--	40	--	45
Chapa de Fe embutible	30-35	--	32-38	--
Chapa de acero	45-50	55-60	--	60-70
Acero con 0,1 % C	25	32	32	40
Acero con 0,2 % C	32	40	40	50
Acero con 0,3 % C	36	48	45	60

Fuente: López Tomás, 1975, pág. 22

El material a trabajar es aluminio dulce, de la tabla 3-31 se obtiene la resistencia a la cizalladura σ_T para el aluminio tiene un rango comprendido de

$$\sigma_T = 7 - 11 \left[\frac{Kgf}{mm^2} \right]$$

De este intervalo de valores se selecciona un valor promedio.

$$\sigma_T = 9 \left[\frac{Kgf}{mm^2} \right]$$

3.4.6.1 Fuerza de corte

$$F_c = 2.459,87 \text{ kgf} = 24.106,70 \text{ [N]}$$

3.4.7 CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MATRIZ.

Es sumamente importante, determinar el centro de presión media de la matriz de corte; es decir, el punto donde se ubica el esfuerzo que se genera al punzonar la chapa metálica, el cuál coincide con el centro de gravedad (c.d.g) del punzón, la figura 3.48, indica la disposición del punzón y la ubicación de su centro de gravedad. Si se localiza erradamente el c.d.g se tiene problemas de desalineamiento del troquel, lo que ocasiona desgaste de los bordes de corte tanto del punzón como de la matriz; de la misma manera se produce flexión en las columnas guía lo que acorta su tiempo de vida útil, finalmente se obtiene piezas defectuosas.

Para el cálculo del c.d.g. de longitudes se tienen las siguientes fórmulas.²⁰

$$XG = \frac{LiXi}{L} \quad \mathbf{Ec (3.6)}$$

$$YG = \frac{LiYi}{L} \quad \mathbf{Ec (3.7)}$$

²⁰ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

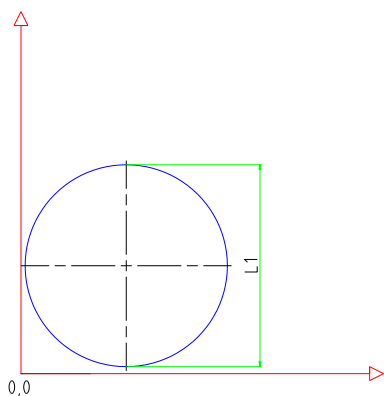


Figura 3.48 Gráfico de disposición del punzón de corte.

Tabla 3-38 - Datos del gráfico de disposición de los punzones

	xi	yi	li	Lixi	liyi
L1	75,5	75,5	455,53	34.392,52	34.392,52
		SUMA	455,53	34.392,52	34.392,52

XG =	75,5
YG =	75,5

3.4.8 LONGITUD DE PANDEO DEL PUNZÓN.

Los punzones están sometidos a esfuerzos de flexión lateral denominado pandeo, que hace que se comporten como una columna sometida a compresión. El punzón debe trabajar dentro de la zona elástica sin que se produzca deformación permanente.

Para calcular la carga crítica (F) axial se recurre a la fórmula de Euler.²¹

$$F = \frac{\pi^2 * E * I_g}{L_p^2} \quad \text{Ec (3.8)}$$

²¹ López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

Los términos encontrados en la ecuación indican.

E: Módulo de elasticidad (Kgf /mm²)

I_g: Momento de inercia de la sección transversal del punzón con respecto al eje que pasa por su centro de gravedad (mm⁴).

L_p: Longitud de pandeo (mm).

Despejando de la ecuación 3.8 la longitud de pandeo se obtiene:²²

$$L_p = \pi \sqrt{\frac{E * I_g}{F}} \quad \text{Ec (3.9)}$$

Al considerar que el material a trabajar es aluminio liso.

$$E = 7.000 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

La figura 3.49, muestra la forma de cálculo de las inercias presentes para la matriz de corte:

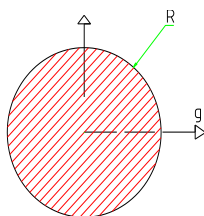


Figura 3.49 Momento de inercia de una circunferencia.

$$I_g = \frac{\pi}{4} R^4 \quad \text{Ec(3.10)}$$

$$I_g = 21'699.109,31[\text{mm}^4]$$

Cálculo de la longitud de pandeo de la ecuación 3.9, entonces:

$$L_p = 25.402,50 [\text{mm}]$$

²² López, T.; Troquelado y estampación; Barcelona; Ed. Gustavo Gill; 1975

Se recuerda que la longitud de pandeo calculada es la longitud máxima que debe tener el punzón para sufrir pandeo.

3.4.9 POTENCIA REQUERIDA PARA EL TRABAJO DE LA PRENSA.

En el caso de que el troquel tenga muelles extractores o dispositivos semejantes, se debe tener en cuenta la fuerza de extracción que es el 7% de la fuerza de corte, y la fuerza de expulsión que es el 1,5% de la fuerza de corte. Por lo tanto se tiene:

$$P_{ef} = F_C + F_{EXT.} + F_{EXP.} \quad \text{Ec (3.11)}$$

$$P_{ef} = 2.668,96 \text{ Kgf} = 2,67 \text{ T}$$

3.4.9.1 Potencia real de la prensa

Es la potencia de la prensa considerando un rendimiento del 75%, entonces:

$$P_{real} = \frac{P_{ef}}{\eta} \quad \text{Ec (3.12)}$$

$$P_{real} = 3,56 \text{ Ton}$$

Por lo tanto se requiere una prensa de por lo menos 5 Toneladas, para realizar el corte del disco de aluminio; con esto se garantiza que la prensa del laboratorio posee la potencia de corte requerida.

3.4.10 DISEÑO DE LAS PLACAS DE LA MATRIZ DE CORTE.

Para el diseño de las placas que conforman el troquel de corte, se recurre a enfatizar el diseño obtenido en el análisis funcional, con una idea clara de la forma circular que tendrán las placas, además se procede a añadir las tolerancias y el tipo de material que cada elemento tiene; así como el tratamiento térmico al que está sometido.

3.4.10.1 Placa de choque o sufridera

La placa sufridera mostrada en la figura 3.50, es circular de acero AISI 1045 y tiene como medidas; un diámetro exterior de 145mm, un diámetro interior de 90 mm y 2mm de profundidad, un espesor $e = 40$ mm; se taladran 2 agujeros $\varnothing 8$ para ajustar 2 pasadores cilíndricos DIN 6325 y 3 agujeros $\varnothing 10$ para que pasen los 3 tornillos M10 DIN 912 que unen el postizo del punzón, la sufridera y la placa base superior.

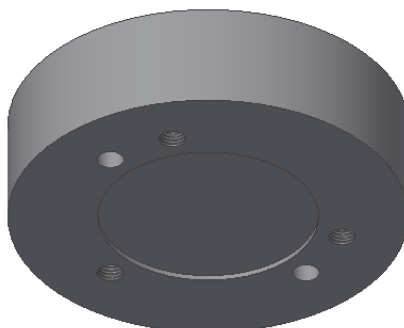


Figura 3.50 Placa sufridera

3.4.10.2 Punzón circular

El punzón de la figura 3.51, es de acero BOEHLER K-100 cilíndrico, la zona activa es plana y perpendicular a la dirección de avance de corte, las dimensiones del punzón son: diámetro exterior de 144,94 mm y un espesor e de 20 mm; además

cuenta con un diámetro interior de 90mm y 2 mm de espesor que sobresalen, esta forma permite centrar la sufridera y el punzón formando el cuerpo del buril con una altura h de 60 mm que en general es la altura más utilizada para su construcción. El punzón se ha de someter a un tratamiento térmico de temple y revenido para obtener una dureza de 52 HRC. Se recomienda ver el mecanizado y tratamiento térmico para el acero BOEHLER K -100 en el catálogo proporcionado por *aceros boehler* del Anexo D.

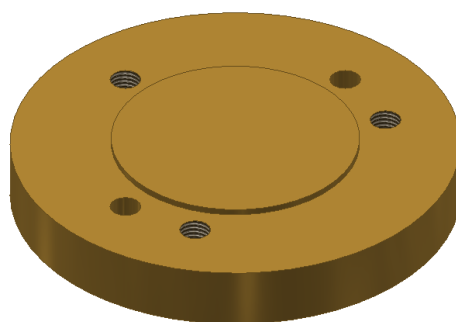


Figura 3.51 Punzón de corte.

3.4.10.3 Placa matriz

La placa matriz de la figura 3.52, es de acero BOEHLER K-100 y tiene como medidas un diámetro exterior \varnothing de 200mm y un agujero de diámetro 145 mm para contener el cuerpo del punzón, se puede aproximar el espesor recomendado para la placa matriz como 15 veces el espesor de la banda de chapa, lo que da un espesor recomendado de 9mm, pero por motivo de desgaste, se ha escogido un espesor de 20mm. A un lado se taladrarán 4 agujeros \varnothing 6 para que pasen 4 tornillos avellanados y 1 agujero \varnothing 8 para ajustar 1 pasador DIN 6325, que servirá como tope para regular el paso, mientras que por el otro lado se taldran 2 agujeros de diámetro 8mm para que pasen 2 pasadores cilíndricos DIN 6325; que permitirán centrar la placa matriz, su alza circular y la base inferior, se debe recordar rectificar el plano superior de la placa y afilar el perímetro de corte. Se ha de someter a la placa matriz a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga una dureza 52 HRC. Ver

las recomendaciones sobre mecanizado y tratamientos térmicos del acero BOEHLER K 100 en el catálogo facilitado por *aceros boehler* del Anexo D.

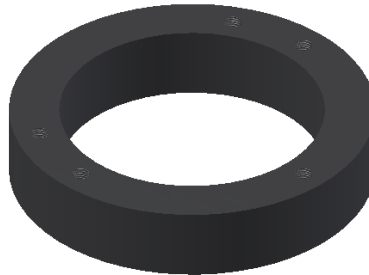


Figura 3.52 Placa matriz.

3.4.10.4 Sistema de extracción con resortes.

Para extraer la pieza cortada se utiliza un sistema expulsor compuesto por 4 resortes guiados por 4 pernos de diámetro 8 mm, roscados a un disco expulsor de acero AISI 1045 con un diámetro de 144.94 mm y 15mm de espesor, este conjunto se presenta en la figura 3.53

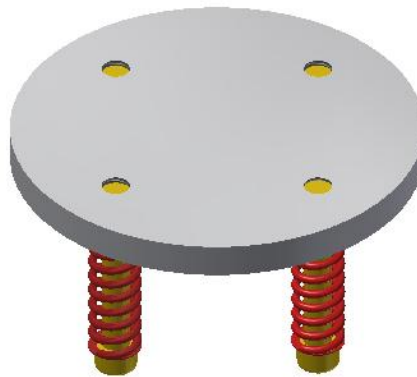


Figura 3.53 Sistema de extracción con resortes

Para determinar las características principales de los resortes, utilizados para expulsar el disco de aluminio se necesita conocer el tipo de material del que están fabricados, de esta forma se procede a determinar su límite elástico y

posteriormente determinar el diámetro de alambre necesario, en la tabla 3-39 se indica las propiedades mecánicas de algunos alambres para resortes.

Tabla 3-39 - Propiedades mecánicas de los alambres para fabricar resortes ²³

Material	Límite elástico, porcentaje de Sut tensión , torsión		Diámetro d, mm	E	G
				Gpa	Gpa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	< 0,8	203,4	82,7
			0,8-1,6	200	81,7
			1,625-3,175	196,5	81,0
			> 3,175	193	80,0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	< 0,8	198,6	80,7
			0,8-1,6	197,9	80,0
			1,625-3,175	197,2	79,3
			> 3,175	196,5	78,6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		196,5	77,2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		203,4	77,2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		203,4	77,2
Cromo vanadio A232	88-93			203,4	77,2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		203,4	77,2
Acero inoxidable					
A313	65-75	45-55		193	69,0
17-7PH	75-80	55-60		208,4	75,8
414	65-70	42-55		200	77,2
420	65-75	45-55		200	77,2
431	72-76	50-55		206	79,3
Bronce fosforado B159	75-80	45-50		103,4	41,4
Cobre al berilio B197	70	50		117,2	44,8
	75	50-55		131	50,3
Aleación inconel x-750	65-70	40-45		213,7	77,2

Fuente: Richard B., 1999, pág. 508

²³ Richart, B.; Diseño en ingeniería mecánica de Shigley ; México; Ed. Mc Graw Hill; 8va. Ed; 1999.

El material del resorte es acero al Cr – V (ASTM A232, SAE 6150), en la tabla 3.40 se muestran las constantes, correspondientes a los principales tipos de aceros para realizar resortes. De la tabla anterior se observa que el límite de elasticidad a tracción para un resorte de alambre A232 varía entre 88 - 93 Kg/mm², de acuerdo al tamaño, medida, composición y tratamiento que se le aplique; debido a que la carga de resistencia de los aceros suele ser de 30% a 65% superior al límite de elasticidad, un valor frecuente de la resistencia máxima de un resorte es de 1520 Mpa. Reemplazando los valores conocidos en la ecuación 3.13 se obtiene el diámetro d.

3.4.10.4.1 Diámetro del alambre circular helicoidal ²⁴

De la tabla 3-40 se puede obtener los coeficientes m y A correspondientes al acero Cr – V templado y revenido para determinar el diámetro del alambre del resorte.

Tabla 3-40 - Constantes para el cálculo del esfuerzo máximo del alambre circular del resorte.

Material	Exponente m	Coeficiente A	
		Ksi	Mpa.mm ^{mm}
Alambre de cuerda de piano	0,145	186	2211
Alambre de acero templado en aceite y revenido	0,187	146	1855
Alambre estirado en frío	0,190	137	1783
Acero al Cr-V templado en aceite y revenido	0,168	173	2005
Acero al Cr - Si templado en aceite y revenido	0,108	218	1974

Fuente: Richard B, 1999, pág. 507

$$d = \sqrt[m]{\frac{A}{S_{ut}}} = \sqrt[0.168]{\frac{2005}{1520}} = 5,20 \text{ mm} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

$$d \approx 5 \text{ [mm]}$$

²⁴ RICHARD B.; Diseño en ingeniería mecánica de Shigley ; México; Ed. Mc Graw Hill; 8va. Ed; 1999.

3.4.10.4.2 Cálculo del coeficiente: $(K)^{25}$

$$k = \frac{4c+2}{4c-3} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Dónde:

K – Se refiere al coeficiente que tiene en cuenta las tensiones de corte, el ángulo de elevación y la curvatura de las espiras; mientras que el valor de la constante C se obtiene de la tabla 3-41.

Tabla 3-41- Rango de valores para el índice del resorte C, según varios autores.

Shigley	Deutchman	Hamrock	Mott	Norton	Joerres	Mc Kee	Faires
$4 < c < 12$	$5 < c$	$3 < c < 12$	$5 < c < 12$	$4 < c < 12$	$5 < c < 9$	$5 < c < 18$	$5 < c$

Fuente: Propia

Al reemplazar en la ecuación 3.13, el valor de $C = 6$ se obtiene el coeficiente (K)

$$k = 1,24$$

3.4.10.4.3 Cálculo del diámetro medio del resorte D

$$D = c * d = 30 [mm] \quad \text{Ec. (3.15)}$$

3.4.10.4.4 Cálculo de la fuerza de trabajo final en (Kgf)

$$P_f = 2 a 10 P_i \quad \text{Ec.(3.16)}$$

Siendo:

²⁵ RICHARD B.; Diseño en ingeniería mecánica de Shigley ; México; Ed. Mc Graw Hill; 8va. Ed; 1999.

Pi - Fuerza de trabajo inicial en (Kgf).

$$P_f = 1.229,94 \text{ [Kgf]}$$

3.4.10.4.5 *Cálculo de la fuerza que produce la tensión en el material igual al límite de elasticidad en (Kgf), P_{lim}*

$$p_{lim} = 1.15 \text{ a } 1.25 P_f \quad \text{Ec.(3.17)}$$

$$p_{lim} = 1.475,93 \text{ [Kgf]}$$

3.4.10.4.6 *Cálculo de la carrera de regulación: H_f-H_d*

$$H_f - H_d = F_3 \frac{P_{lim} - P_f}{P_f - P_i} \quad \text{Ec.(3.18)}$$

Siendo

F3 - Recorrido de trabajo en (mm).

$$H_f - H_d = 16$$

3.4.10.4.7 *Cálculo de la deformación total en (mm): F2*

$$F_2 = F_3 \frac{p_f - p_i}{p_f} = 20 \quad \text{Ec.(3.19)}$$

3.4.10.4.8 *Cálculo del número de espiras activas: n*

$$n = 10^4 \frac{F_2 * d}{P_f * C^3} = 4 \quad \text{Ec.(3.20)}$$

3.4.10.4.9 Cálculo del número de espiras totales: nt

$$nt = n + 2 = 6 \quad \text{Ec.(3.21)}$$

3.4.10.4.10 Cálculo del paso del resorte en (mm): h

$$h = \frac{F2+(Hf-Hd)}{n} + d = 14 \quad \text{Ec.(3.22)}$$

3.4.10.4.11 Cálculo de la longitud del resorte hasta que se toquen las espiras en (mm):

$$Hd = nt - 0.5 * d = 27.5 \quad \text{Ec.(3.23)}$$

3.4.10.4.12 Cálculo de la altura libre del resorte en (mm): Ho

$$Ho = h * n + 1,5 * d = 63 \quad \text{Ec.(3.24)}$$

3.4.10.5 Guías de chapa metálica

La figura 3.54, muestra las guías que permiten conducir de una manera correcta el material dentro de la matriz de corte, la altura recomendada es de cuatro veces el espesor de la chapa a ser cizallada, la altura es determinada por la ecuación 3.25., su forma es de semi luna, con un espesor total de 6mm y con 4 agujeros perforados para alojar 4 tornillos avellanados.

$$h = 4s \quad \text{Ec. (3.25)}$$

$$h = 2,4 [mm]$$

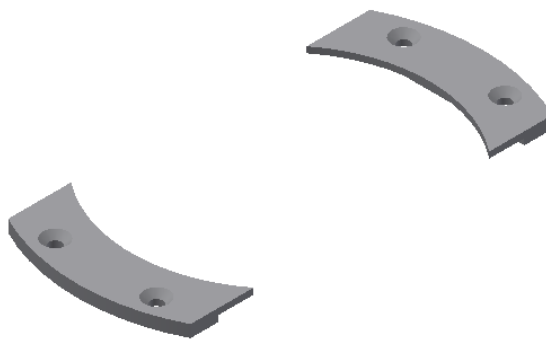


Figura 3.54 Guía de chapa metálica.

3.4.10.6 Base inferior

La base inferior es de acero AISI 1045, para el dimensionamiento del armazón inferior se parte de medidas normalizadas, proporcionadas por el catálogo LEMPCO especialistas en la construcción de porta troqueles, sus longitudes principales son de 360x248x30 mm; en esta base se taladra 2 agujeros de 25 mm que sirven para sujetar las columnas guía, también se taladran 4 agujeros de diámetro 13mm con un cambio de sección a 8mm para contener 4 pernos allen necesarios para posicionar los recortes de compresión y 3 perforaciones de 16mm con un cambio de sección a 10mm que sirven para alojar 3 pernos allen DIN 912 que se encargan de sujetar el armazón inferior a la placa matriz, para terminar se taladran 2 agujeros para contener 2 pasadores cilíndricos DIN 6325 encargados de centrar y posicionar los elementos que contiene la base inferior, la figura 3.55 señala la forma de la placa inferior.

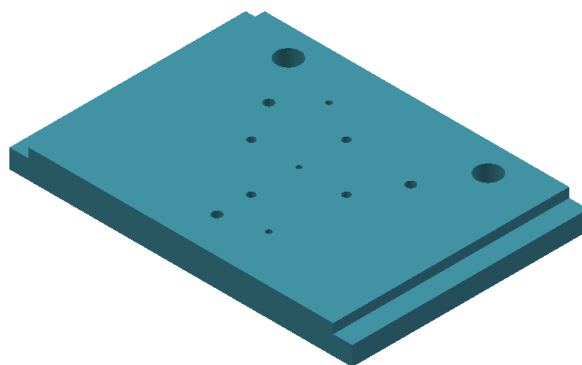


Figura 3.55 Base superior.

3.4.10.7 Base superior

El armazón superior es fabricado de acero AISI 1045 , para el dimensionamiento del armazón superior se parte de medidas normalizadas, proporcionadas por el catálogo LEMPCO especialistas en la construcción de porta troqueles, sus longitudes principales son de 280x250x25 mm, se empieza por taladrar 2 agujeros de diámetro 42 mm que sirven para alojar los casquillos guía, se continua con perforar 3 agujeros de diámetro 10mm con un abocardado de 16 mm de diámetro por 10 mm de profundidad, para finalizar se taladran 2 agujeros para alojar 2 pasador cilíndricos DIN 6325 de posicionamiento. En la figura 3.56 se representa la forma de la placa superior.

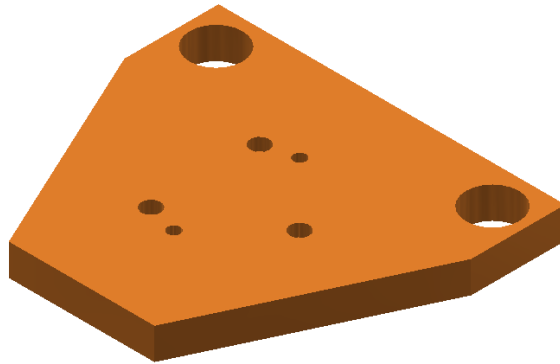


Figura 3.56 Base inferior.

3.4.10.8 Columnas guía

La columna guía mostrada en la figura 3.57 es de acero AISI 4340, con un diámetro de 25mm en un extremo que le permite ajustarse a la base inferior y 32mm en el otro extremo que le permite acoplarse al casquillo guía dispuesto sobre la base superior. Llevan ranuras que admite estacionar el lubricante durante su funcionamiento de esta forma el casquillo se auto engrasa durante su deslizamiento, la altura está determinada por la carrera de trabajo y es de 200mm. Ver las recomendaciones

sobre mecanizado y tratamientos térmicos del acero BOEHLER AISI 4340 en el catálogo facilitado por *aceros boehler* del Anexo D.



Figura 3.57 Columnas guía.

3.4.10.9 Casquillos

El casquillo guía mostrado en la figura 3.58 es de acero AISI 4340; con un diámetro interior de 32mm, diámetro exterior de 42mm y una altura de 70mm. Ver las recomendaciones sobre mecanizado y tratamientos térmicos del acero BOEHLER AISI 4340 en el catálogo facilitado por *aceros boehler* del Anexo D.



Figura 3.58 Casquillos guía.

3.4.10.10 Elementos normalizados

Pasadores

Los pasadores utilizados son cilíndricos, se muestran en la figura 3.59, cumplen con la función de posicionar los distintos elementos sobre los que van montados, dentro de un agujero escariado y ajustados a presión. Se utilizarán 4 pasadores DIN 6325 (2 $\text{Ø}8 \times 50$ y 2 $\text{Ø}8 \times 45$) de acero aleado indeformable templado con dureza 58 ± 2 HRC, ver Anexo E.

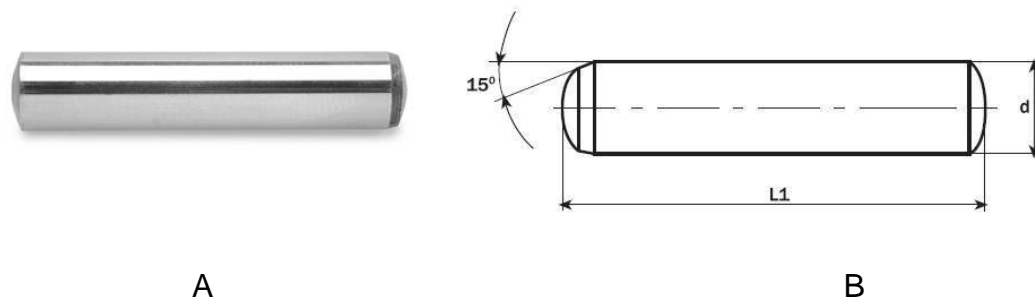


Figura 3.59 Pasador cilíndrico DIN 6325

Tornillos

Se utilizarán 3 tornillos DIN 912 (M10x70) de acero 8.8, 3 tornillos DIN 912 (M10x80) de acero 8.8 y 4 tornillos DIN 912 (M8x70) de acero 8.8, ver Anexo E. El hexágono interior para el asentamiento de la llave es de gran resistencia y rigidez. Se representa en la figura 3.60.

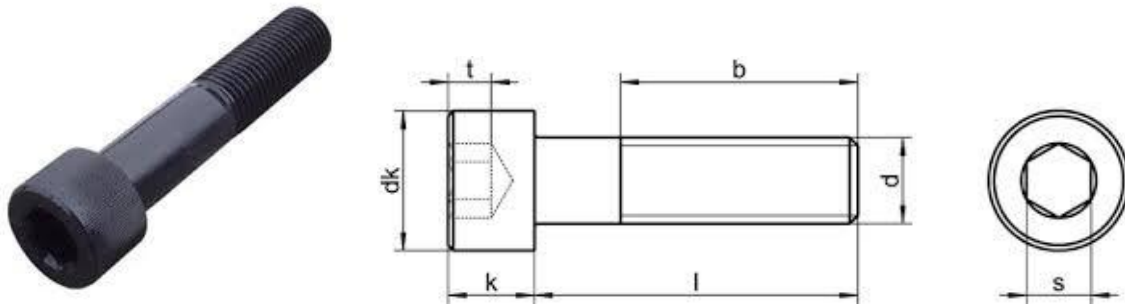


Figura 3.60 Tornillo DIN 912

La figura 3.61, muestra la representación gráfica de un tornillo DIN 7991, además de sus dimensiones características, ver Anexo E.

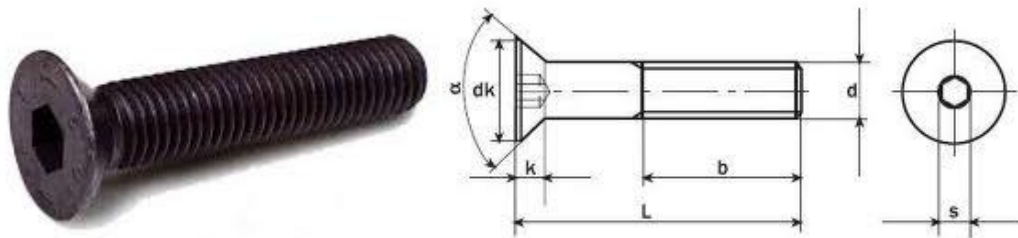


Figura 3.61 Tornillo DIN 7991

3.5 SIMULACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.

Para simular los esfuerzos y deformaciones que se presentan en los elementos del troquel, se examinan aquellos componentes sometidos al mayor desgaste ya sea por impacto, rozamiento, abrasión, adhesión. Se utiliza el método de elementos finitos, apoyado por el programa AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2013, el cual permite obtener una simulación de las deformaciones y los esfuerzos que se presentan en las principales partes del troquel.

3.5.1 SUPUESTOS REALIZADOS EN LA SIMULACIÓN

El programa de Autodesk Professional Inventor para realizar el estudio del comportamiento estático y lineal, asume que la simulación se desarrolla bajo las siguientes condiciones.

El esfuerzo y el rozamiento son linealmente proporcionales a la carga aplicada.

El material simulado se comporta en todo momento de forma lineal; es decir, el comportamiento del material se mantiene de forma lineal, aunque el esfuerzo exceda el límite elástico.

La carga aplicada siempre tiene la misma dirección y magnitud; además debe aplicarse paulatinamente y no se consideran efectos de choque.

El comportamiento de los materiales analizados no depende de la temperatura de trabajo.

Los efectos de pandeo no son considerados.

Las suposiciones realizadas para en el análisis de esfuerzos y desplazamientos requeridos no afectan de manera significativa a la simulación. Por lo que se valida el análisis; la simulación tiene como objetivo principal ubicar y conocer el esfuerzo máximo aplicado a los elementos en análisis y verificar si el material puede resistirlo sin llegar a fracturarse.

3.5.2 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE LAS PARTES PRINCIPALES.

Para realizar el análisis de esfuerzo estático con modelo de material lineal a los componentes primordiales de la matriz y estimar el rendimiento que poseen los materiales del que están conformados; se utiliza el entorno de análisis de esfuerzo y deformación; el cuál para su resolución utiliza el método de elementos finitos. Primero se tiene que realizar un modelo 3D de la pieza a estudiar, se introducen las condiciones de contorno y, a continuación, se puede visualizar los resultados,

posterior a la evaluación de los resultados obtenidos se toma la decisión; en caso de ser necesario; modificar el modelo y proceder a realizar un nuevo análisis y constatar el correcto funcionamiento de los elementos.

3.5.3 PROCESO PARA CREAR UNA SIMULACIÓN DE ANÁLISIS ESTÁTICO.

Se realiza el modelo 3D de los componentes de la matriz, se procede a seleccionar el tipo de material, las restricciones del movimiento, las fuerzas que intervienen sobre el elemento, se realiza un mallado del elemento y posteriormente el programa procede a calcular los valores de esfuerzos y deformaciones producida por las fuerzas actuantes.

3.5.3.1 Crear el modelo

En primer lugar se debe crear un boceto en 2D de la pieza, A partir de operaciones como: extrusión, revolución, barrido y transición se puede transformar el boceto en un objeto tridimensional por muy complejo que sea, la figura 3.62 muestra el modelo del punzón de corte.

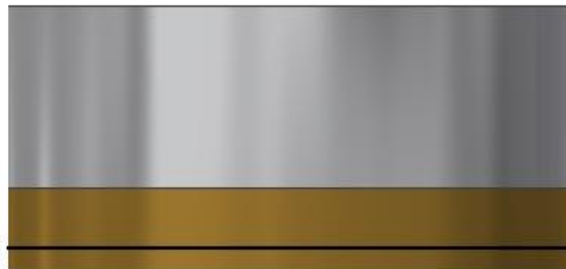


Figura 3.62 Punzón de corte

3.5.3.2 Asignar el tipo de material.

Los materiales en inventor se pueden gestionar a través del editor de estilos y normas; en caso, de no existir en la biblioteca, se puede modificar los materiales existentes o definir otros nuevos de acuerdo con las necesidades. En la tabla 3-42, se especifican algunas de las propiedades más relevantes del acero K100 utilizado, ver anexo D.

Tabla 3-42 - Propiedades físicas y mecánicas del acero K 100




Nombre	Acero K-100	
General	Densidad	7,85 g/cm ³
	Resistencia ultima a la tracción	2200 Mpa
Esfuerzos	Módulo de Young	210 Gpa
	Coficiente de Poisson	0,3 ul
	Módulo de corte	80,7692 GPa
Propiedades Térmicas	Coficiente de expansión	0,000012 ul/c
	Conductividad térmica	56 W/(m K)
	Calor especifico	460 J/(kg c)
Nombre del componente	Punzón circular	

Fuente: <http://www.acerosboehler.com.ar/>

3.5.3.3 Añadir las restricciones a las que se encuentra sometido.

Las restricciones son añadidas al modelo para reproducir con precisión las condiciones físicas donde se desarrolla su funcionamiento, existen tres tipos de restricciones que se pueden aplicar a nuestro modelo, estas son mencionadas en la tabla 3-43; además, se indica una breve descripción de su aplicación.

Tabla 3-43 - Tipos de restricciones disponibles

Representación	Restricción	Descripción
	fija	Aplique a una cara, una arista o un vértice de la pieza. Una restricción fija permite establecer un desplazamiento igual a cero o distinto de cero en una pieza.
	de pasador	Aplique en las caras cilíndricas. Las restricciones de pasador impiden que las caras cilíndricas se desplacen o se deformen en combinaciones de direcciones radiales, axiales o tangenciales.
	sin fricción	Aplique a una superficie plana o cilíndrica de la pieza. Las restricciones sin fricción impiden que la superficie se desplace o se deforme en la dirección normal respecto a la superficie.

Fuente: <http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2014>

En la figura 3.63 y 3.64, presentan las restricciones encontradas en el punzón.

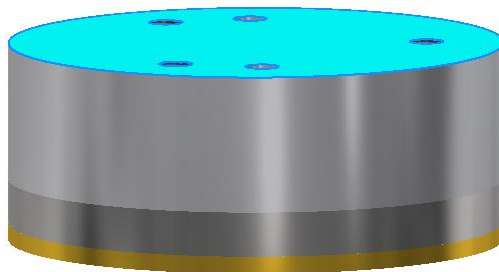


Figura 3.63 Restricción fija impuesta al punzón de corte

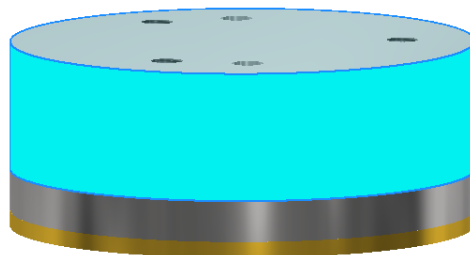


Figura 3.64 Restricción de pasador impuesta al punzón de corte

3.5.3.4 Agregar las cargas actuantes.

Para determinar las fuerzas que actúan sobre cada elemento de la matriz, se estudia el triángulo rectángulo, mostrado en la figura 3.65, el cual está formado por el espesor de la chapa metálica y el juego entre el punzón – matriz.

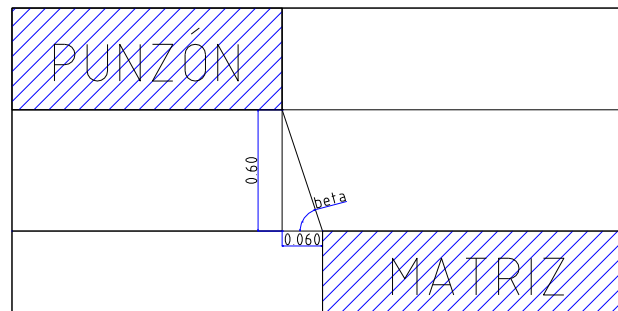


Figura 3.65 Triángulo rectángulo formado por el espesor de la chapa metálica y la holgura entre el punzón – matriz

Utilizando el teorema de pitágoras para el triángulo rectángulo indicado en la figura 3.66 conocido los catetos, se obtiene el valor del ángulo beta (β).

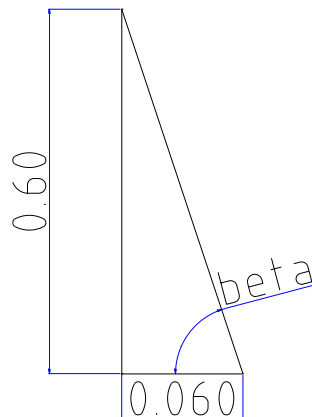


Figura 3.66 Triángulo rectángulo encontrado por las distancias.

$$\tan \beta = \frac{L_{opuesto}}{L_{adyacente}}$$

$$\beta = 84,30^\circ$$

El triángulo encontrado es el mismo al de fuerzas, la fuerza de corte F_c en el sentido vertical, crea una componente de fuerza en el sentido horizontal F_t , el triángulo se indica en la figura 3.67.

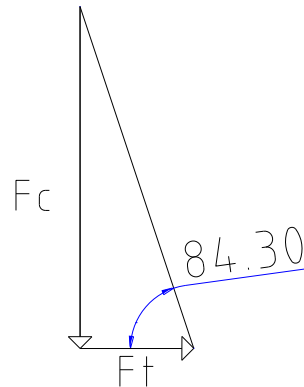


Figura 3.67 Triángulo rectángulo resultante de fuerzas

3.5.3.5 Análisis de esfuerzos y deformaciones del punzón

Teniendo como dato conocido la fuerza de corte F_c y el ángulo (β), se puede encontrar la fuerza horizontal F_t , aplicando el teorema de Pitágoras.

$$\tan \beta = \frac{F_c}{F_t}$$

$$F_t = 2.406,17 \text{ [N]}$$

La fuerza horizontal calculada es aplicada a la cara transversal del punzón que corta la chapa metálica. La figura 3.68 muestra las fuerzas de corte y horizontal que se aplican sobre el punzón, así como las restricciones en su movimiento. Para permitir colocar la carga el programa requiere de la presión ejercida por la fuerza lateral aplicada al elemento que se esté analizando, esta presión se registra en Mpa.

$$Pt = \frac{Ft}{A}$$

$$Pt = 1,06 \frac{N}{mm^2} = 1,06 \text{ Mpa}$$

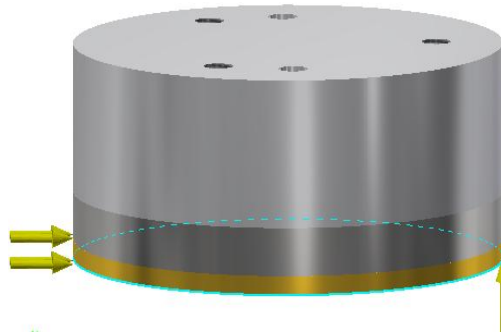


Figura 3.68 Fuerzas aplicadas sobre el punzón

3.5.3.6 Especificar el mallado a aplicar al elemento.

Puede aceptar la configuración de malla por defecto e ir directamente a la simulación o se puede especificar la configuración de malla que se desea usar en la simulación; definida la malla, pulsar vista de malla para generar la malla, se forma como un calco situado sobre la geometría del modelo. En este caso, la misma pieza se descompone en elementos pequeños, cada uno con comportamientos bien definidos que es posible sumar (resolver) e interpretar fácilmente, la figura 3.69 muestra

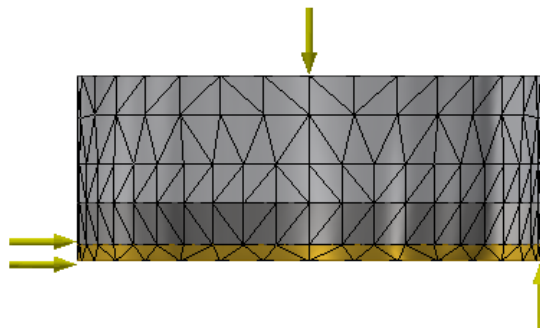


Figura 3.69 Mallado aplicado al punzón

3.5.3.7 Ejecutar la simulación.

Definidas las condiciones de contorno al que está sujeto el modelo, se prosigue a ejecutar la simulación, en el cuadro de diálogo simular, expanda la sección más para comprobar si existe algún proceso relacionado con las notificaciones; cuando esté listo, pulsar ejecutar para iniciar los cálculos de la simulación.

3.5.3.8 Visualizar e interpretar los resultados.

Se realiza un análisis al modelo con las condiciones físicas que se haya definido, finalmente se puede comprobar visualmente los resultados de la solución, la figura 3.70, representa los resultados de los esfuerzos de Von Mises encontrados.

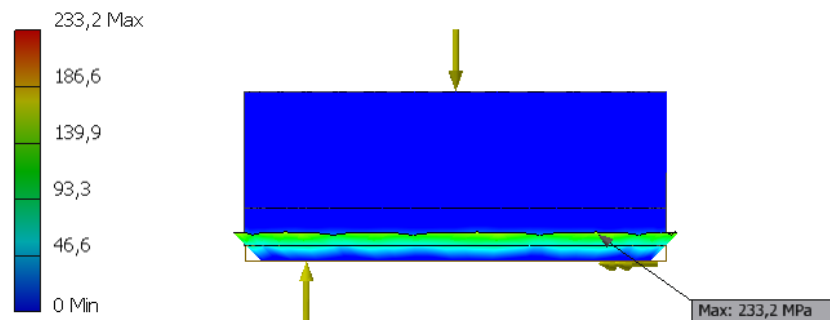


Figura 3.70 Esfuerzos de Von Mises del punzón de corte

Al realizar cambios al modelo o introducir nuevos datos para la simulación, es necesario actualizar la malla, y todas las condiciones de contorno que han sido añadidas; un icono en forma de relámpago de color rojo señala los lugares en donde se necesita realizar actualizaciones, se debe pulsar actualizar para incorporar la información de las modificaciones realizadas a la nueva simulación.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ.

Una vez realizado el diseño de la matriz de corte se procede a su construcción de acuerdo a las dimensiones, materiales y requerimientos que se han determinado, además se realiza el montaje de la matriz en la prensa de tornillo del Laboratorio de Conformado Mecánico con sus respectivas pruebas de funcionamiento y así garantizar su perfecto uso.

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ

Para la construcción de los diferentes elementos que conforman la matriz de corte, ver tabla 4-1, se han elaborado los siguientes planos de acuerdo a los requerimientos establecidos:

Tabla 4-1- Planos elaborados de la matriz de corte

DENOMINACIÓN	N° PLANO
PLANO DE CONJUNTO MATRIZ	3119.001
BASE INFERIOR	3119.101
BASE SUPERIOR	3119.109
COLUMNAS	3119.110
CASQUILLO	3119.111
PLACA PORTA MATRIZ	3119.102
PLACA MATRIZ	3119.103
PUNZÓN CIRCULAR	3119.107

Tabla 4-2- Planos elaborados de la matriz de corte (Continuación)

SUFRIDERA	3119.108
GUÍA DE MATERIAL	3119.106
PLACA EXPULSORA	3119.104
TOPE	3119.105

Todos los planos elaborados se encuentran detallados en el Anexo I.

Las máquinas y herramientas necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman la matriz de corte diseñada son: torno, fresadora universal, rectificadora, brocas, machuelos, cuchillas para tornear, fresa frontal y fresa de vástago.

Los instrumentos de medición y verificación que se han empleado son: calibrador digital, reloj palpador y escuadra.

4.1.1 BASE SUPERIOR

La base superior de la matriz es construida de acuerdo a los requerimientos de la matriz de corte, el procedimiento a seguir para su obtención se encuentra en la hoja de proceso N° 1, ver el Anexo J. En la figura 4.1 se puede observar la base superior.



Figura 4.1 Base superior

4.1.2 BASE INFERIOR

La base inferior de la matriz está directamente relacionada con la base superior y su construcción cumple los mismos requerimientos. El procedimiento para su construcción se encuentra en la hoja de proceso N° 2, ver en el Anexo J. En la figura 4.2 se puede observar la base inferior obtenida.



Figura 4.2 Base inferior

4.1.3 COLUMNAS

La construcción de las columnas se realizó de acuerdo a las características del porta troquel, además en la hoja de proceso N° 3, ver Anexo J, se encuentra el procedimiento detallado para su obtención. En la figura 4.3 se muestra la columna en su proceso de construcción.



Figura 4.3 Construcción columna

4.1.4 CASQUILLO

De acuerdo a los parámetros establecidos en el diseño, fue seleccionado para la construcción el sistema de guiado columna – casquillo, el respectivo procedimiento para su elaboración se encuentra en la hoja de proceso N° 4, ver Anexo J, en la figura 4.4 se puede observar el casquillo obtenido.



Figura 4.4 Casquillo

4.1.5 PLACA PORTA MATRIZ

La placa porta matriz permite alojar el sistema de expulsión del material cortado y sirve como base de apoyo para la placa matriz, por esta razón su dimensionamiento se lo considera tomando en cuenta estos antecedentes; su respectivo procedimiento para su construcción se encuentra detallado en la hoja de proceso N° 5, ver Anexo J, en la figura 4.5 se muestra la placa obtenida.



Figura 4.5 Placa porta matriz

4.1.6 PLACA MATRIZ

La placa matriz se construye en función de los parámetros obtenidos y de acuerdo a su funcionalidad, el proceso de construcción se encuentra detallado en la hoja de proceso N° 6, ver Anexo J, en la figura 4.6 se puede observar la placa matriz obtenida.



Figura 4.6 Placa matriz

4.1.7 PUNZÓN CIRCULAR

El punzón circular se construye de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño, el procedimiento para su obtención se encuentra en la hoja de proceso N° 7, ver Anexo J. En la figura 4.7 se puede observar el punzón en su fase de construcción.



Figura 4.7 Punzón circular

4.1.8 SUFRIDERA

La construcción de la placa sufridera se realizó según los parámetros establecidos, además en la hoja de proceso N° 8, ver Anexo J, se encuentra el procedimiento detallado para su obtención. En la figura 4.8 se muestra la placa sufridera en su proceso de construcción.



Figura 4.8 Construcción de placa sufridera

4.1.9 GUÍA DE MATERIAL

La guía de material se construye en base a su funcionalidad y su procedimiento para su obtención se encuentra detallado en la hoja e proceso N° 9, ver Anexo J. En la figura 4.9 se puede observar la guía de material obtenida.



Figura 4.9 Guías de material

4.1.10 PLACA EXPULSORA

La elaboración de la placa expulsora se encuentra paso a paso en la hoja de procesos N° 10, ver Anexo J. En la figura 4.10 se puede ver la placa expulsora construida.

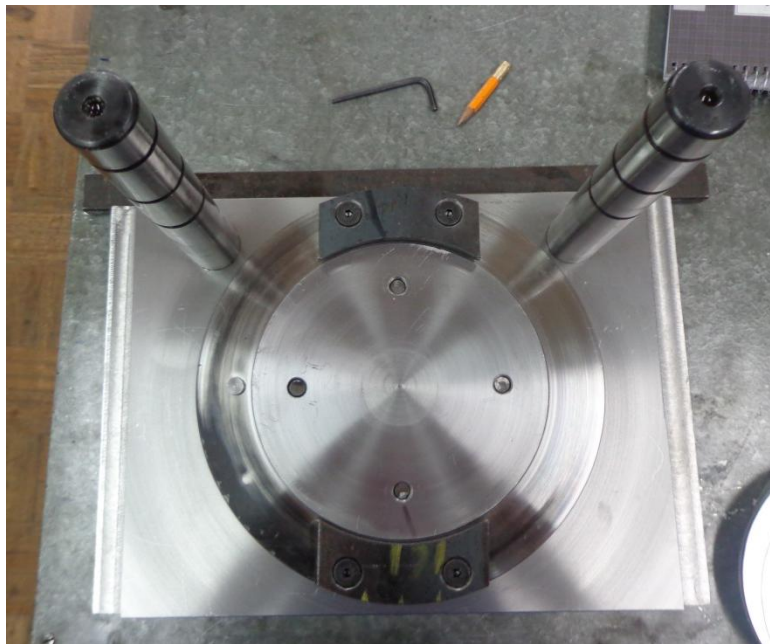


Figura 4.10 Placa expulsora

4.1.11 TOPE

El tope es un elemento cilíndrico que va sobre la placa matriz, su construcción se encuentra detallada en la hoja de proceso N° 11, ver el anexo J. En la figura 4.11 se puede observar el tope construido y montado sobre la placa matriz.



Figura 4.11 Tope

4.2 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ

El montaje de los elementos de sujeción, centradores y componentes de la matriz de corte se detalla a continuación:

En la figura 4.12 se encuentra el montaje de la base inferior con las columnas y la base superior con los casquillos, los mismos que forman el porta troquel.

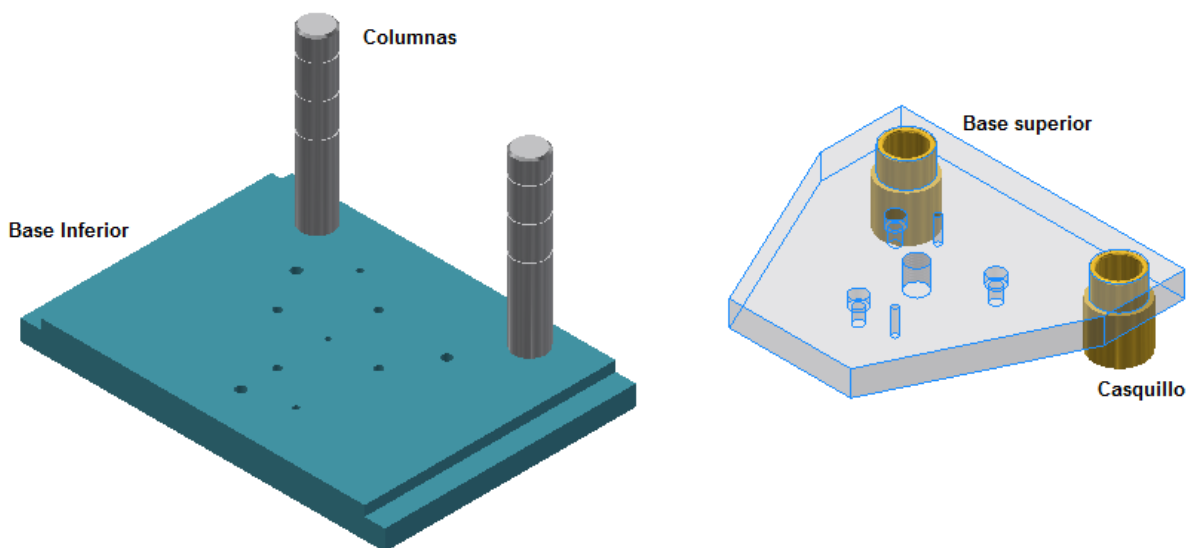


Figura 4.12 Montaje base superior – inferior

En la figura 4.13 aparece la sufridera y el punzón circular, los mismos deben estar perfectamente alineados.

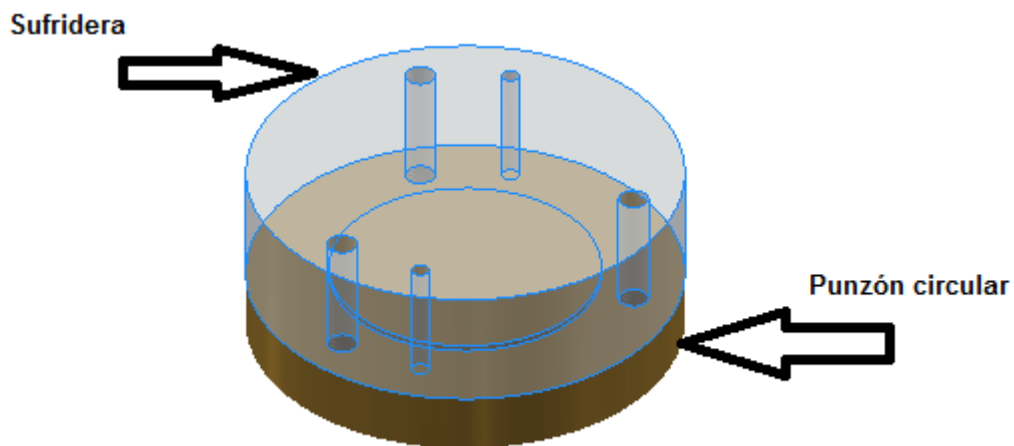


Figura 4.13 Disposición del punzón y sufridera

En la figura 4.14 se tiene la disposición de la parte móvil de la matriz con elementos de sujeción y centradores.

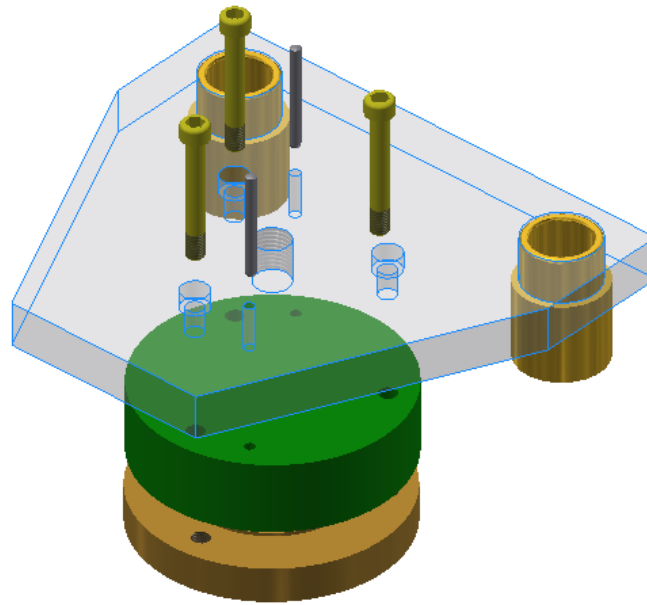


Figura 4.14 Disposición de los elementos en la parte móvil de la matriz

En la figura 4.15 aparece la disposición de montaje de los elementos fijos de la matriz de corte.

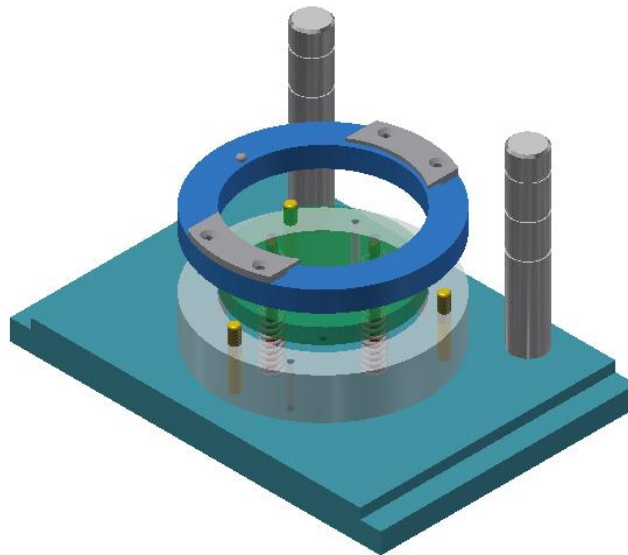


Figura 4.15 Montaje de la matriz, parte fija

En la figura 4.16 se muestra el montaje completo de la matriz de corte con todos sus elementos.

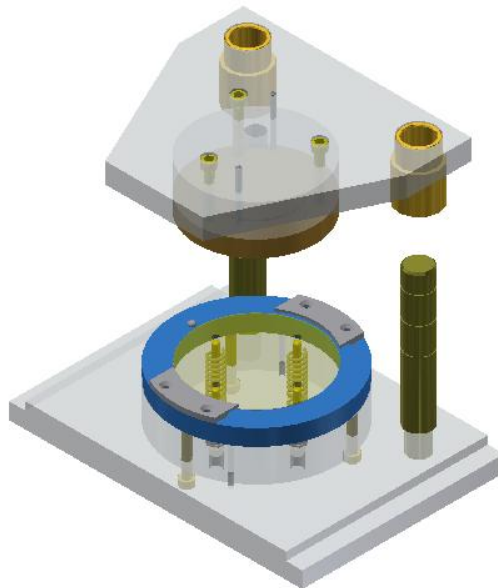


Figura 4.16 Montaje completo de la matriz de corte

A continuación en la figura 4.17 y 4.18 se muestran la matriz de corte construida con sus elementos, lista para realizar las pruebas de funcionamiento.

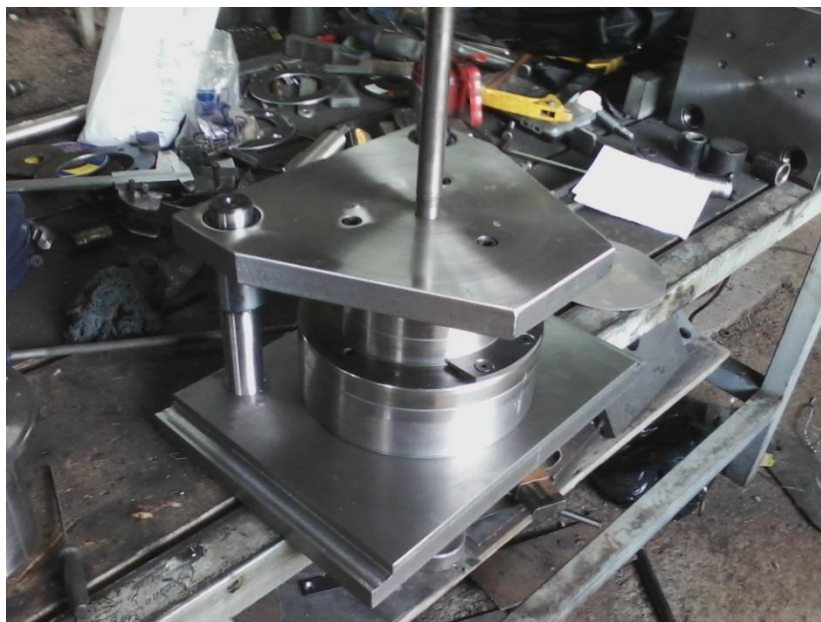


Figura 4.17 Matriz de corte construida



Figura 4.18 Matriz construida

4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para realizar las pruebas de funcionamiento se desarrolla el protocolo de pruebas, que es un documento que describe los diversos ensayos efectuados al troquel construido, que determinan la fiabilidad del diseño y su construcción respectiva; además, tiene el objetivo de verificar el correcto funcionamiento y montaje de las partes que forman la matriz de corte; así como analizar los parámetros principales del mecanismo descrito en las especificaciones técnicas.

4.3.1 NOMBRE DEL ENSAYO 1: Prueba en vacío

4.3.1.1 Objetivo

Probar la concentricidad entre el punzón y la placa matriz.

4.3.1.2 Dueño del proceso

Ayudante del laboratorio

4.3.1.3 Conjunto de actividades

Para determinar el centrado y alineado de los componentes principales de la matriz, se tiene que considerar el siguiente procedimiento; primero se debe sujetar el conjunto móvil mediante el vástago de eje roscado, a continuación se alinea los casquillos guía con las columnas, descendiendo paulatinamente el conjunto móvil, antes de insertar el punzón a la matriz, se debe observar que el punzón este perfectamente alineado y su filo no tope con el contorno de la matriz, en la figura 4.19 se observa el acople entre el punzón y la matriz.



Figura 4.19 Concentricidad entre la placa matriz - punzón

En esta posición se inmoviliza el conjunto inferior, mediante 2 mordazas de fijación rectangulares sujetadas por 2 pernos DIN 912 de diámetro 10mm, ajustados con la llave hexagonal adecuada y respetando el par máximo de apriete.

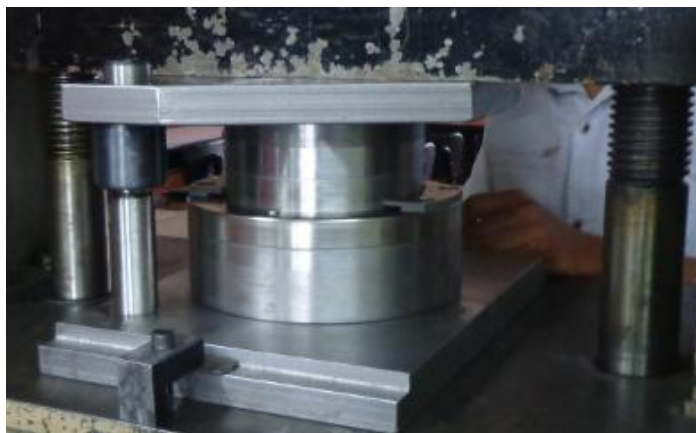


Figura 4.20 Concentricidad entre la placa matriz - punzón

Para finalizar se inicia el ascenso de la parte móvil hasta su punto muerto superior enseguida empieza el descenso lento de la prensa, acercando paulatinamente el punzón a la placa matriz, se debe constatar que el punzón no choque, ni sufra rozamiento con esta placa, garantizando de esta manera el centrado de las piezas constituyentes de la matriz, para terminar con el procedimiento se debe regresar la base superior a su posición inicial.

Tabla 4-3 - Actividades para verificar el alineamiento entre placas

No	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	PERSONA A CARGO	LUGAR
1	Sujetar el conjunto móvil a la prensa.	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
2	Posicionar las columnas guía bajo los casquillos.	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
3	Iniciar el descenso del troquel y verificar el correcto alineamiento	Manualmente Prensa	Ayudante	Laboratorio de conformado
4	Insertar el punzón en la matriz	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
5	En esta posición fijar el conjunto inferior	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
6	Ascender y descender la parte móvil y corroborar la concentricidad entre las partes.	Manualmente Prensa Inspección Visual	Ayudante	Laboratorio de conformado

4.3.1.4 Entradas

Prensa

Matriz de corte

Energía manual y mecánica.

4.3.1.5 Salidas

Montaje de la matriz.

4.3.2 NOMBRE DEL ENSAYO 2: Cortar la tira metálica.

4.3.2.1 Objetivo

Probar el correcto funcionamiento de todos los elementos que componen el troquel de corte.

4.3.2.2 Dueño del proceso

Ayudante del laboratorio

4.3.2.3 Conjunto de actividades

Para la realización del ensayo 2, se procede considerando que el troquel se encuentra montado sobre la prensa; primero se conduce la tira metálica entre las dos guías de material y se verifica que se encuentre correctamente posicionada por el tope fijo ubicado a la salida del material. La figura 4.21 muestra la correcta ubicación que debe tener la chapa metálica para iniciar el descenso del punzón.

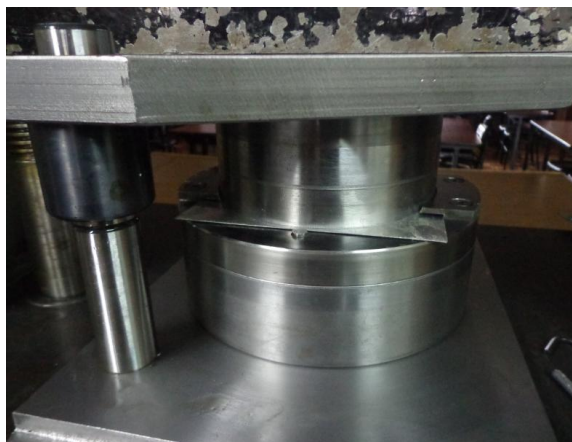


Figura 4.21 Guía y posicionamiento de la tira metálica

Posteriormente se inicia el giro del brazo impulsor de la máquina y empieza el descenso progresivo del punzón, que continúa hasta que se produce el corte (caracterizado por un fuerte sonido); entonces se prosigue con la subida del punzón hasta separarlo del resto de la chapa metálica. En este ascenso se puede escuchar otro sonido provocado por el sistema de resortes-botador al expulsar el disco, para terminar se procede a retirar el disco cortado.

Tabla 4-4 - Actividades para comprobar el funcionamiento de la matriz.

No	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	PERSONA A CARGO	LUGAR
1	Posicionar la tira metálica	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
2	Iniciar la bajada del punzón	Manualmente Prensa	Ayudante	Laboratorio de conformado
3	Cortar la chapa de aluminio	Troquel	Ayudante	Laboratorio de conformado
4	Iniciar la subida del punzón	Manualmente Prensa	Ayudante	Laboratorio de conformado
5	Retirar el disco cortado	Manualmente	Ayudante	Laboratorio de conformado
6	Análisis y corrección de defectos encontrados.	Sustitución de elementos	Ayudante	Laboratorio de conformado

NOTA: Se debe realizar las correcciones para obtener un funcionamiento idóneo de las partes.

4.3.2.4 Entradas

Tira metálica.

Matriz de corte

Energía mecánica de la prensa

4.3.2.5 Salidas

Disco cortado.

4.3.2.6 Prueba # 1

La prueba número 1 no tuvo los resultados esperados; como se puede observar en la figura 4.22 se produjo un atascamiento del disco recortado en el interior de la matriz, una de las razones tiene que ver con la falta de lubricación entre los elementos de corte, así como en los elementos guía.

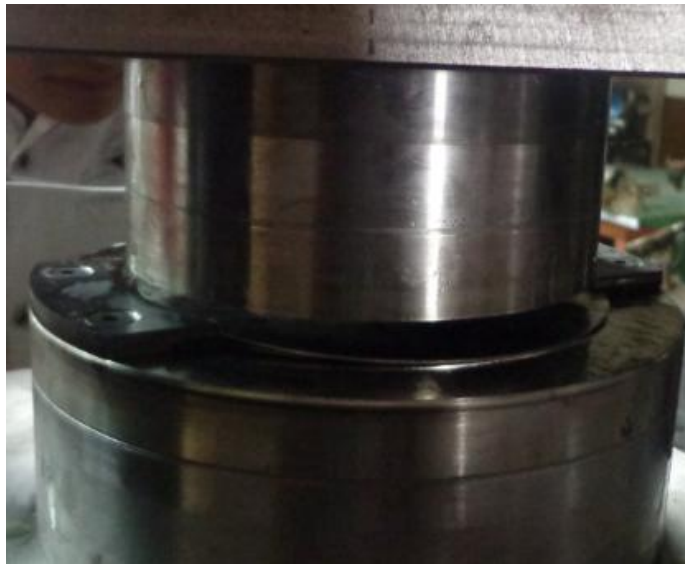


Figura 4.22 Disco atascado sin lubricación de elementos

4.3.2.7 Prueba # 2

En la prueba número 2 se procede con la lubricación de los elementos guía, columnas - casquillos; también se aceita el contorno del punzón y la placa matriz.

La figura 4.23 muestra los elementos anteriormente mencionados sometidos a lubricación.

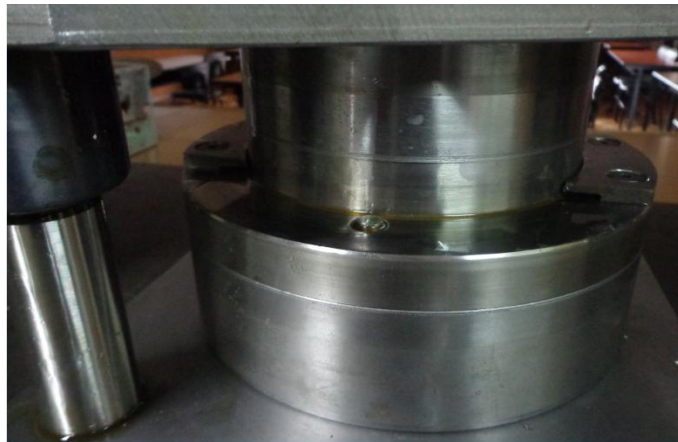


Figura 4.23 Elementos principales lubricados

Al continuar con la prueba de corte, se sigue presentando el mismo inconveniente el disco no es expulsado del interior de la placa matriz, la figura 4.24 indica como el disco queda atrapado.

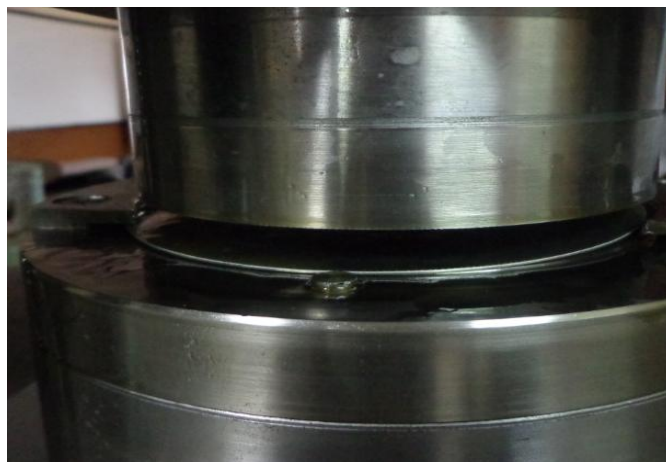


Figura 4.24 Disco de aluminio atrapado

4.3.2.8 Prueba # 3

Como el inconveniente se presenta en la expulsión del disco se llega a la conclusión de que la fuerza realizada por los resortes, no es suficiente para romper la fuerza de fricción generada por la recuperación elástica del material. Entonces se procede al cambio de los resortes expulsores, en la figura 4.25 se puede observar el montaje de los nuevos muelles.



Figura 4.25 Montaje de resortes expulsores con mayor fuerza elástica

Finalmente al continuar con el ensayo se obtiene los resultados esperados, debido a que el sistema de expulsión cumple satisfactoriamente con la función de expulsar el disco con cada ascenso del punzón, de esta manera se puede retirar el disco con facilidad. La figura 4.26 muestra la expulsión del disco recortado.

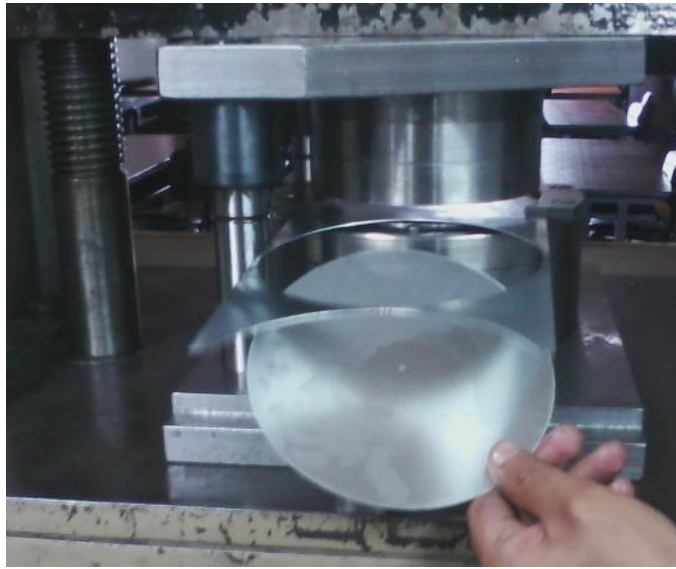


Figura 4.26 Obtención el disco de aluminio

En figura 4.27 se puede observar que tanto las placas guía como el tope trabajan de una manera adecuada, esto permite regular el paso y no desperdiciar la materia prima.



Figura 4.27 Funcionamiento adecuado del tope limitador longitudinal

4.3.3 NOMBRE DEL ENSAYO 3: Medir y verificar dimensiones.

4.3.3.1 Objetivo

Verificar las especificaciones técnicas del mecanismo correspondientes a: diámetro de corte y separación entre piezas.

4.3.3.2 Dueño del proceso

Ayudante del laboratorio

4.3.3.3 Conjunto de actividades

Con la ayuda de un calibrador medir el diámetro del disco cortado, en la figura 4.28 se puede apreciar la lectura de la dimensión del disco.



Figura 4.28 Diámetro del disco cortado.

Continuar con la toma de mediciones, con el calibrador medir la separación entre piezas, en la figura 4.26 se representa el valor registrado.

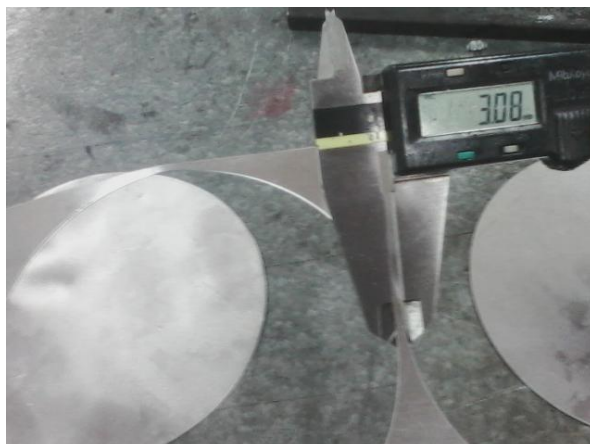


Figura 4.29 Separación entre piezas.

Tabla 4-5 - Actividades para comprobar el diámetro de corte, separación entre piezas

No	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	PERSONA A CARGO	LUGAR
1	Encender y Encerrar el calibrador digital.	Calibrador	Ayudante	Laboratorio de conformado
2	Medir el diámetro del disco	Calibrador	Ayudante	Laboratorio de conformado
3	Medir la separación entre discos.	Calibrador	Ayudante	Laboratorio de conformado
4	Verificar las medidas obtenidas.	Documento escrito	Ayudante	Laboratorio de conformado

4.3.3.4 Entradas

Disco cortado

Desperdicio de la tira metálica

Calibrador

4.3.3.5 Salidas

Datos de medición.

4.4 COSTOS

Se elabora un estudio de los costos que intervienen en la construcción de la matriz y todos sus elementos propuestos en el presente proyecto de titulación, a continuación los costos se agrupan de la siguiente forma: materiales, elementos normalizados, mano de obra, costos de diseño

4.4.1 MATERIALES

Los materiales empleados son de acuerdo a las características de cada elemento que forman la matriz de corte, en la tabla 4-5 se describen los materiales empleados con sus respectivos valores de adquisición.

Tabla 4-6 - Costo de materiales

Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Base superior	AISI 1045	Kg.	15.1	3.02	45.66
Base inferior	AISI 1045	Kg.	23.1	3.04	70.15
Placa porta matriz	AISI 1045	Kg.	10.33	3.13	32.33
Botador - Sufridera	AISI 1045	Kg.	6.1	2.81	17.12
Placa matriz	K-100	Kg.	5.92	13.46	79.68
Punzón circular	k-100	Kg.	3.43	13.06	44.81
Columnas	AISI 4340	Kg.	2.55	4.09	10.42
Casquillo	AISI 4340	Kg.	2.31	3.69	8.53
Placa guías - tope	ASTM-A36	Kg.	3.21	4.47	14.35
				subtotal	323.05
				12% Iva	38.77
				Total	361.82

4.4.2 ELEMENTOS NORMALIZADOS

El empleo de elementos normalizados va de acuerdo al requerimiento de la matriz construida, estos elementos son especialmente de sujeción, posicionamiento y resortes, en la tabla 4-6 se hace una descripción de los costos de todos los elementos normalizados comprados.

Tabla 4-7 - Costos elementos normalizados

Cantidad		P. Unitario	Total
Resortes ISO 10423	6	2.8	16.8
Pernos DIN 912 M10	10	0.5	5
Pernos DIN 912 M8	6	0.4	2.4
Pernos DIN 7991 M6	6	0.4	2.4
Pasador DIN 6325 Cilíndrico	8	0.8	6.4
		Subtotal	33
		12%Iva	3.96
		Total	36.96

4.4.3 MANO DE OBRA

El costo de mano de obra va relacionado con todo el proceso de la obtención de cada elemento que forma parte de la matriz de corte, en la tabla 4-7 se describe el costo de hora hombre máquina que se necesita para la construcción.

Tabla 4-8 - Costo de mano de obra

Máquina		Torno		Fresadora		Taladro		Electroerosionadora		TOTAL
Costo HHM		10		15		8		25		
Pieza	Cantidad	Horas	USD	Horas	USD	Horas	USD	Horas	USD	
Base superior	1	1.5	15	5.33	79.95	3.66	29.28			
Base inferior	1	1.33	13.3	5.33	79.95	5.33	42.64			
Placa porta matriz	1	2.58	25.8			1.5	12			
Botador	1	1.2	12			0.5	4			
Sufridera	1	1.5	15			1.66	13.28			
Placa matriz	1	2.58	25.8			3	24			

Tabla 4-8 - Costo de mano de obra (Continuación)

Punzón circular	1	2.08	20.8			0.83	6.64			
Columnas	2	2.75	55							
Casquillo	2	3.33	66.6							
Placa guías	2		0	2	60			1	50	
Tope	1	0.16	1.6							
TOTAL			250.9		219.9		131.84		50	652.64

4.4.4 COSTO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los elementos que se someten a tratamiento térmico de templado y revenido, se realizaron en Aceros Bohler de Ecuador S.A., ver Anexo H. En la tabla 4-8 se describe los costos de tratamiento térmicos realizados.

Tabla 4-9 - Costos de tratamientos térmicos

Descripción	# De piezas	Unidad (KG)	P. Unitario	Total
Casquillo	2	3.5	4.58	16.03
Columnas	2			
Punzón	1	5.5	4.58	25.19
Matriz	1			
			subtotal	41.22
			12% Iva	4.95
			Total	46.17

4.4.5 COSTOS DE DISEÑO

Implica todo lo relacionado al diseño de la matriz de corte, honorarios e implementos de oficina que se han empleado para obtener los objetivos propuestos en el presente proyecto de titulación. En la tabla 4-9 se detalla el costo de diseño propuesto.

Tabla 4-10 - Costo de diseño

Materiales	Costo (USD)
Implementos de oficina	60
Impresiones y plotters	25
Honorarios	700
Total	785

4.4.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto es la suma total de todos los costos relacionados con la construcción, diseño y funcionamiento del presente proyecto de titulación, en la tabla 4-10 se detalla el costo total del proyecto.

Tabla 4-11- Costo total del proyecto

Rubros	USD
Costo de materiales	361.82
Costo de elementos normalizados	36.96
Mano de obra	652.64
Costo de T.T	46.17
Costo de diseño	785
Costo total	1882.58

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN

Realizada la simulación se procede a evaluar los resultados obtenidos, y constatar si el material a utilizar en la fabricación de los elementos no tiene problemas en su funcionamiento; es decir, si su rendimiento es aceptado y los esfuerzos encontrados no superan el límite elástico del material, para comprobar esto se procede a calcular el factor de seguridad de cada elemento estudiado.

5.1 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL PUNZÓN DE CORTE

Para este análisis se conocen las fuerzas aplicadas al punzón, $F_c = 24.106,70 \text{ N}$ y $F_t = 2.489,87 \text{ N}$, los sectores de aplicación de estas fuerzas y las restricciones del movimiento del elemento se indican en la figura 5.1

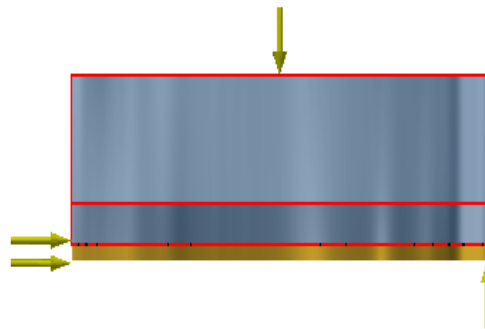


Figura 5.1 La fuerza y Presión aplicadas (Color amarillo) y restricciones (Color rojo)

La figura 5.2, señala la forma tetragonal de mallado que se realiza en el punzón.

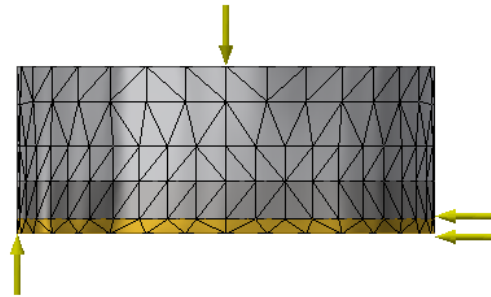


Figura 5.2 Vista del punzón con mallado

Las figuras 5.3 A -B representan los esfuerzos; mientras que las figuras 5.4 A- B las deformaciones soportadas por los elementos estudiados.

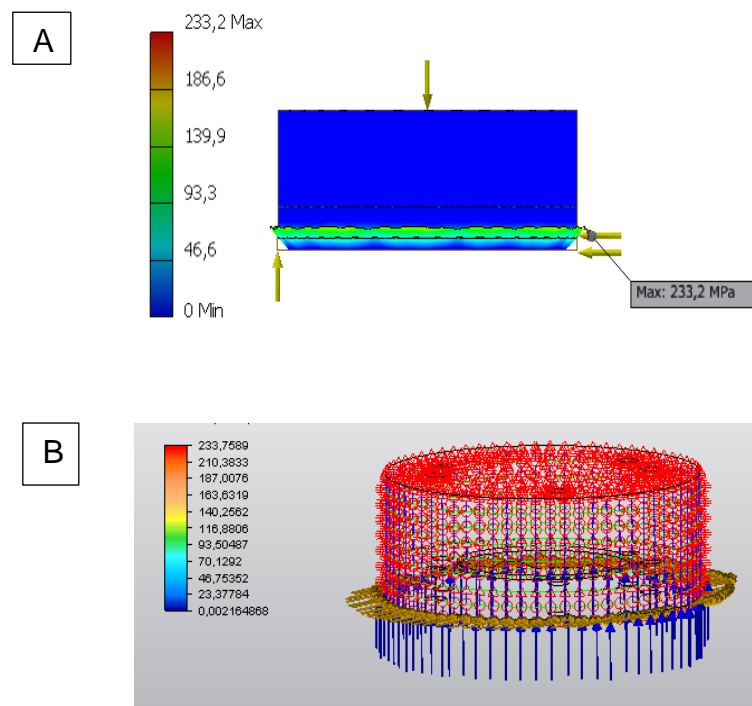


Figura 5.3 Análisis de esfuerzos de Von Mises del punzón de corte

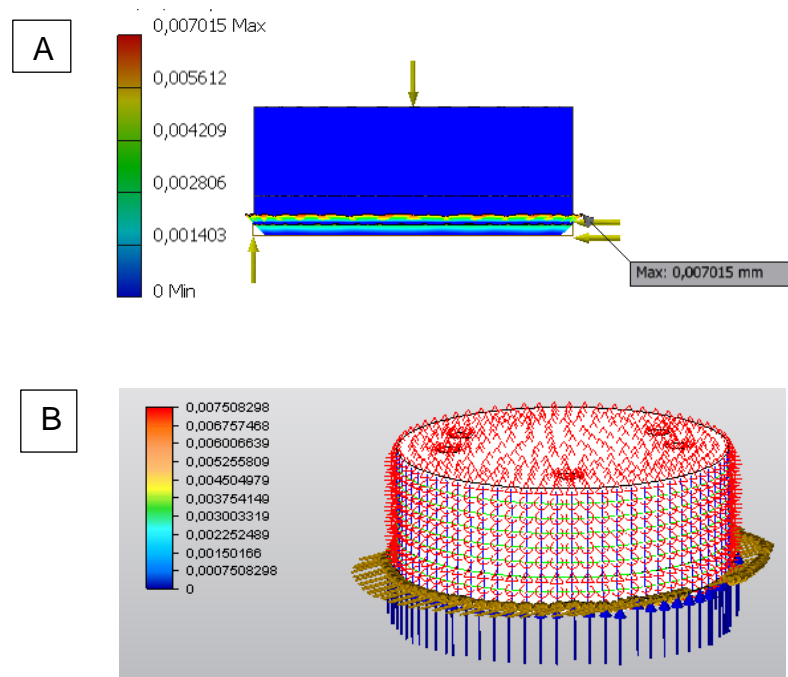


Figura 5.4 Análisis de deformación del punzón de corte

De los resultados obtenidos, por el análisis de esfuerzos se puede afirmar que el mayor esfuerzo está soportado por el filo de corte del punzón, que alcanza un valor máximo de $233,20 \text{ N/mm}^2$, este valor no supera el límite elástico del material Acero BOEHLER K-100 de 2200 N/mm^2 , por lo tanto el material no corre ningún riesgo de fractura. El factor de seguridad calculado en este caso es:

$$\eta = \frac{\text{Resistencia de fluencia}}{\text{Valor requerido real}}$$

$$\eta = 9,43$$

El factor de seguridad mínimo para el elemento calculado es de 9,43 por lo que se concluye que el punzón de corte se encuentra dentro de los parámetros de diseño.

5.2 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA PLACA MATRIZ

Para este análisis se conocen las fuerzas aplicadas a la matriz $F_c = 24.106,70$ N y $F_t = 2.489,87$ N, los sectores de aplicación de estas fuerzas y las restricciones en el movimiento del elemento se indican en la figura 5.5.

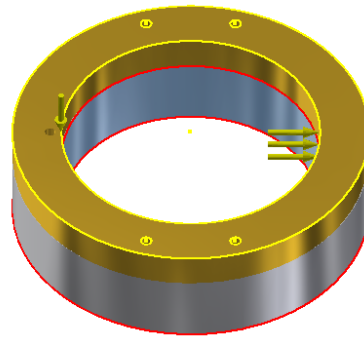


Figura 5.5 La presión y la fuerza aplicada (Color amarillo) y restricciones (Color rojo)

El mallado realizado a la placa matriz se representa en la figura 5.6, así como la fuerza y presión aplicadas.

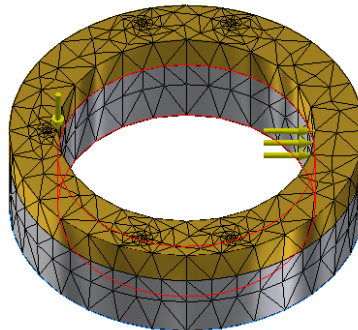


Figura 5.6 Mallado tetragonal en la matriz

Las siguientes figuras 5.7 A-B y figura 5.8 A-B representan los esfuerzos y deformaciones soportados por los elementos estudiados.

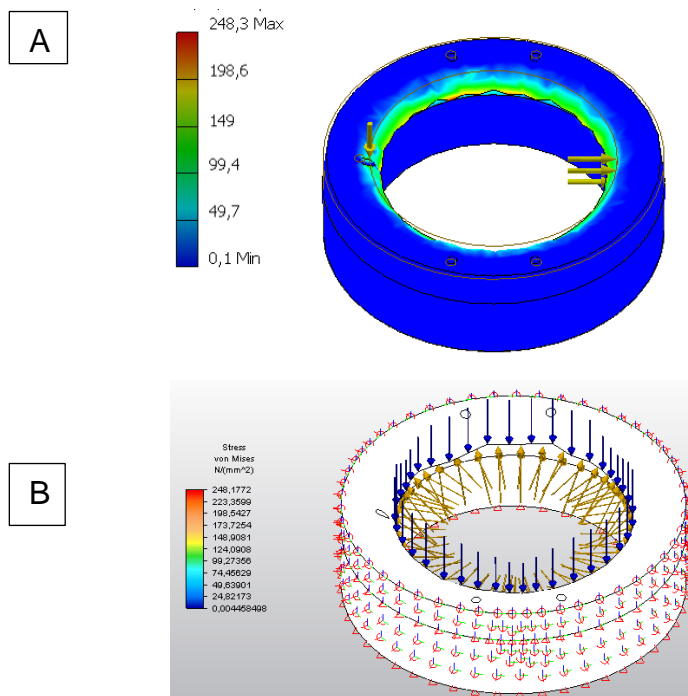


Figura 5.7 Análisis de esfuerzos de Von Mises de la matriz de corte

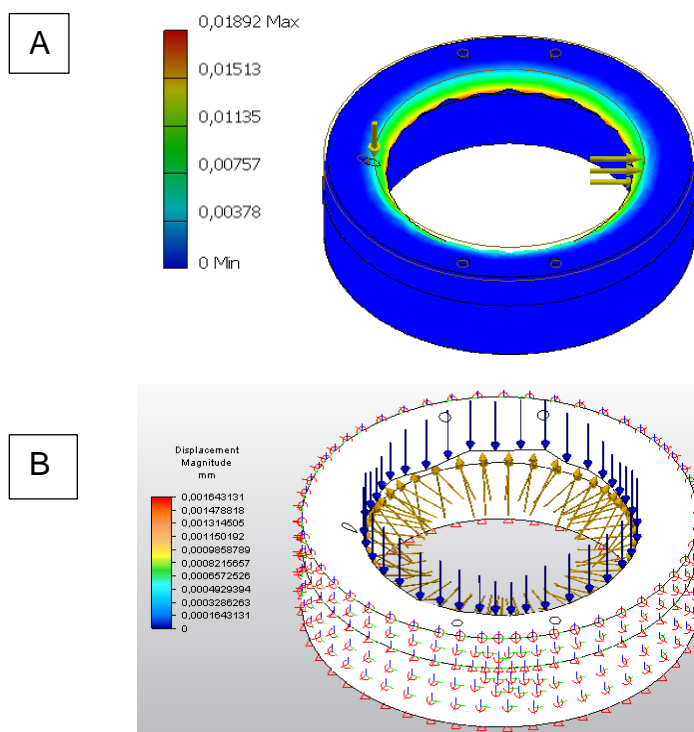


Figura 5.8 Análisis de deformación de la matriz de corte

De los resultados obtenidos, por el análisis de esfuerzos se puede afirmar que el mayor esfuerzo está soportado en el borde interior de la matriz de corte, que alcanza un valor máximo de $248,3 \text{ N/mm}^2$, este valor no excede el límite elástico del acero BOEHLER K-100 de 2200 N/mm^2 , por lo tanto el material no corre ningún riesgo de fractura. El factor de seguridad calculado en este caso es:

$$\eta = \frac{\text{Resistencia de fluencia}}{\text{Valor requerido real}}$$

$$\eta = 8,86$$

El factor de seguridad mínimo para el elemento calculado es de 8,86 por lo que se concluye que la matriz de corte se encuentra dentro de los parámetros de diseño.

5.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL BOTADOR

Para este análisis se conocen la fuerza aplicada a la placa botador $F_c = 24.106,70 \text{ N}$, el sector de aplicación de esta fuerza y las restricciones en el movimiento del elemento se indican en la figura 5.9

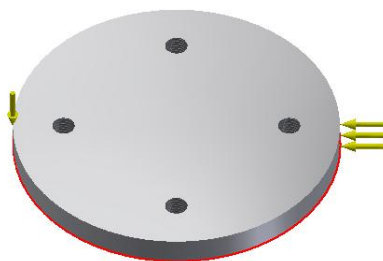


Figura 5.9 Presión aplicada (Color amarillo) y restricciones (Color rojo)

La figura 5.10, indica el mallado tetragonal realizado en la placa botadora.

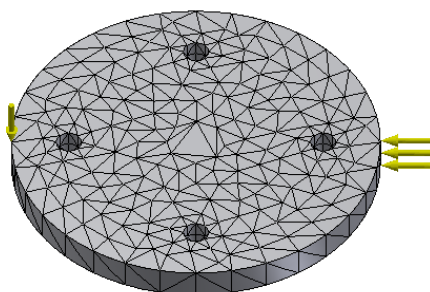


Figura 5.10 Mallado del disco botador

Las siguientes figura 5.11 A-B y figura 5.12 A-B representan los esfuerzos y deformaciones soportados por el elemento estudiado.

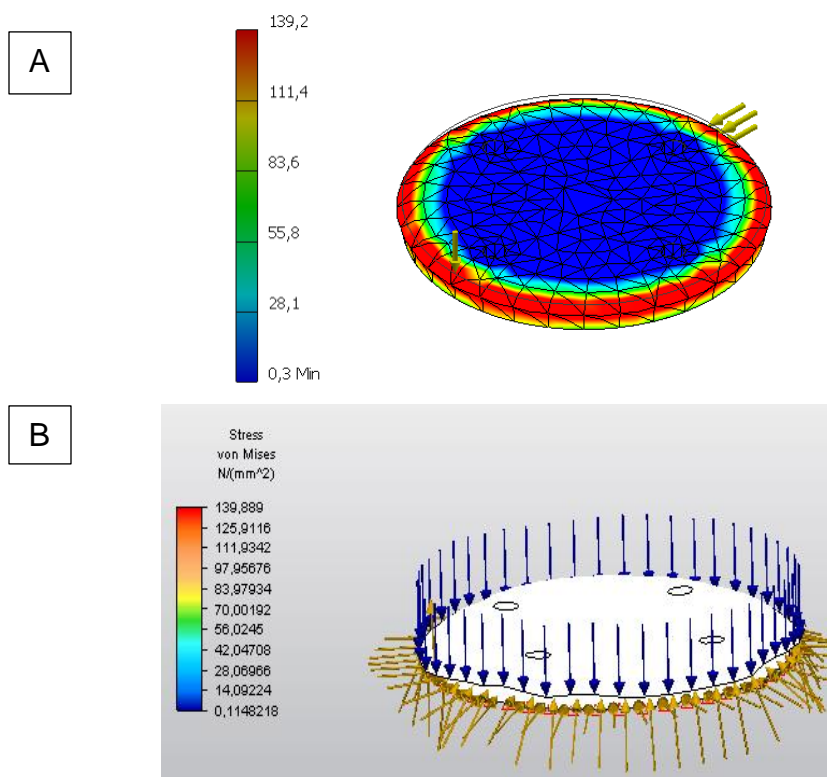


Figura 5.11 Análisis de esfuerzos de Von Mises de la placa sufridera

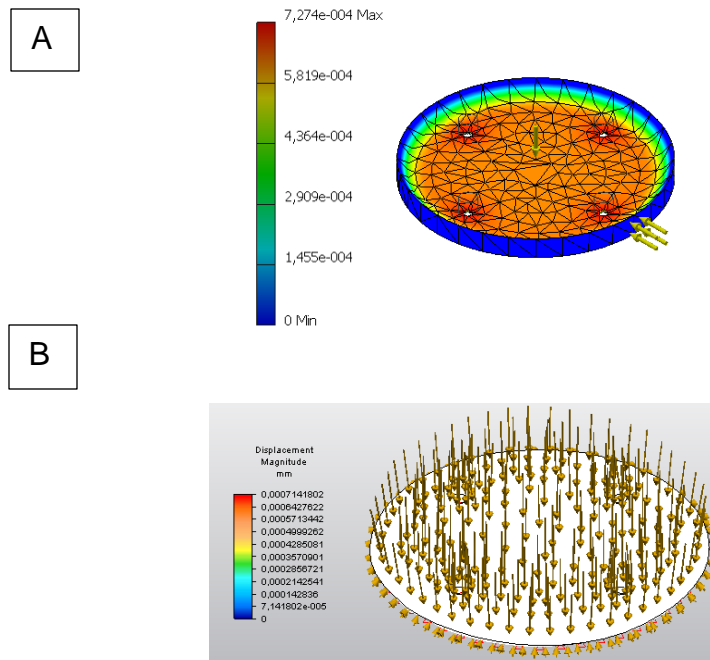


Figura 5.12 Análisis de deformación de la placa matriz

De los resultados obtenidos, por el análisis de esfuerzos se puede afirmar que el mayor esfuerzo está soportado en el borde de la placa de botadora, que alcanza un valor máximo de $19,59 \text{ N/mm}^2$, este valor no sobrepasa el límite elástico del material Acero AISI 1045 de 625 N/mm^2 , por lo tanto el material no corre ningún riesgo de fractura. El factor de seguridad calculado en este caso es:

$$\eta = \frac{\text{Resistencia de fluencia}}{\text{Valor requerido real}}$$

$$\eta = 31,90$$

El factor de seguridad mínimo para el elemento calculado es de 31,90 por lo que se concluye que la placa se encuentra dentro de los parámetros de diseño.

Los resultados de los esfuerzos de von Mises encontrados por el programa mediante el método de elementos finitos indican que la matriz y el punzón son los elementos que están sometidos a los mayores esfuerzos de trabajo en el proceso de corte de la chapa, lo cual coincide con la práctica ya que estos elementos son los que con mayor frecuencia requieren mantenimiento correctivo para un buen desempeño. Sin embargo los resultados del factor de seguridad de cada elemento son altos, esto valida el diseño propuesto del troquel, asegurando un óptimo desempeño en el proceso de corte.

CAPÍTULO VI.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La matriz de corte construida permite cortar láminas de aluminio de 0.6mm de espesor y obtener como resultado discos de 145mm de diámetro, con excelente acabado superficial libre de rebabas, es utilizada de forma didáctica para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes que reciben la materia de conformado mecánico en temas como: la producción de piezas en chapa metálica.

Aplicar la estructura modular en el diseño del troquel, permite subdividir su estructura mecánica compleja en partes más simples que son trabajadas en paralelo lo que reduce el tiempo total de diseño, mejora la fiabilidad del conjunto debido a que se parte de módulos claramente establecidos, además el mantenimiento es más sencillo, ya que simplifica la detección y el diagnóstico de inconvenientes presentes, se facilita el desmontaje y montaje y la puesta a punto es más confiable.

El dimensionamiento de los elementos que conforman la matriz debe ser acorde a los requerimientos de la pieza a obtener y según los parámetros de un estudio previamente realizado, para asegurar y garantizar un sistema fácil, sencillo y eficaz.

Dentro de las consideraciones del diseño un factor importante es el juego entre el punzón y la matriz, ya que de este factor depende la calidad y exactitud de los cortes del disco final obtenido.

La designación de los materiales para cada uno de los elementos que conforman la matriz de corte, se logra haciendo un análisis de la función que desempeña cada

elemento, obteniendo características propias de dicho elemento que se las relaciona con materiales recomendados en base a la experiencia y catálogos.

Para mejorar la vida útil de la matriz de corte, se analizan los elementos que sufren mayor desgaste y se debe realizar un adecuado tratamiento térmico, para mejorar sus propiedades mecánicas y garantizar su función.

La construcción de los elementos que conforman la matriz de corte se dio según los parámetros de las hojas de procesos establecidas, cumpliendo sus indicaciones y logrando los dimensionamientos propuestos.

El programa de Autodesk Inventor Professional modela y simula el funcionamiento del troquel de corte de manera sencilla, permite realizar modificaciones en el diseño de manera instantánea, y además detecta ciertas dificultades presentes en la etapa de diseño que se corrigen antes de llevar la matriz a la etapa de construcción.

Los resultados obtenidos del análisis por elementos finitos señalan que la matriz y el punzón son los componentes que están sujetos a los mayores esfuerzos durante el funcionamiento del troquel, lo que concuerda en la práctica debido a que estos elementos son los que sufren mayor desgaste. No obstante los resultados del factor de seguridad de cada componente son elevados, esto aceptada el diseño propuesto de la matriz, asegurando su correcto desempeño en el proceso de corte.

Utilizar una diversidad de programas de CAD 3D como como Solid Works, Solid Edge, Proying, Pro Engineer e Inventor, entre otros, en el diseño de troqueles, permite tener un mayor entendimiento del comportamiento de estos elementos, además de contar con formatos virtuales que sirven de base para posteriores optimizaciones.

6.2 RECOMENDACIONES

Verificar el estado de la prensa donde se va a adecuar la matriz de corte, para conocer sus condiciones de funcionamiento y así asegurar que se acoplen correctamente con la matriz construida.

La lubricación debe ser la necesaria en los elementos deslizantes y entre la matriz y el punzón, con el objetivo de disminuir el desgaste que se produce entre las partes mencionadas, asegurando la vida útil de la matriz y favoreciendo el corte.

El troquel de corte debe ser utilizado para el espesor de lámina que fue diseñado y por ningún motivo utilizarlo para diferentes espesores, debido a que esto genera un desgaste prematuro de sus elementos de corte.

Al desgastarse los elementos de corte estos deben ser rectificadas, para lo cual es necesario estar al tanto de las tolerancias de afilado adecuadas, pues no afilar el elemento de corte en las décimas apropiadas genera una reducción de su vida útil.

Para tener un buen desempeño del troquel de corte es necesario realizar un mantenimiento periódico de los elementos que la conforman, además de respetar sus parámetros de funcionamiento y mantener una adecuada lubricación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASKELAND, D.; (1987); *Ciencia e ingeniería de los materiales*; México; International Thomson Editores; 3ra edición.
2. BERBÓS, E. & ESPINOZA, J.; *Manual de mecánica industrial*; España; Ed.MMV.
3. GERE & GOODNO; (2009); *Mecánica de Materiales*; México; Cengage Learning Editore; 7ma edición. Obtenido de www.FreLibros.com.
4. JUTZ H.; (1977); *Tablas para la industria metalúrgica*; España; Ed. Reverté; 2da edición.
5. LÓPEZ, T. ; (1975); *Troquelado y Estampación*; Barcelona; Ed. Gustavo Gill.
6. OEHIER K. ; (1981); *Herramientas de troquelar, estampar y embutir*; Mexico; G. Gill S.A.
7. RIBAS, C. ; (2002); *Diseño concurrente*; España: ediciones UPC.
8. RICHARD B. ; (1999); *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* ; México; Ed. Mc Graw Hill; 8va. Edición.
9. ROSSI M.; (1979); *Estampado en frío de la chapa*; Madrid: Ed. Dossat S.A; 9na. Edición.
10. RUIZ, R.; (2012); *Folleto de Matriceria*; Quito; Departamento de materiales. Ecuador, Escuela Politécnica Nacional.
11. SOTO R.; (2012); *Apuntes de método de los elementos finitos*; Ecuador; Escuela Politécnica Nacional.
12. TEGUESTE, I.; Tecnología; Obtenido de http://iesvillalbahervas-tecnologia.files.wordpress.com/2012/02/materiales_propiedades.pdf.
13. TIMINGS, R.; (1994); *Tecnología mecánica, procesos y materiales*; México; Ed. Alfa omega.
14. TOAPANTA, V.; (2000); *Dibujo técnico industrial*; Ecuador; Escuela Politécnica Nacional.
15. VARGAS, J.; (2012); *Apuntes de producción por virutaje*; Ecuador; Escuela Politécnica Nacional.

16. WILLIAM C.; *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*; México; Ed. Reverté.
17. WILLIAM, S; (1998); *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*; Madrid; Ed. Mc Graw Hill; 3ra edición.
18. Professional Inventor. (2014). Obtenido de <http://www.autodesk.es/products/autodesk-inventor-family/features.integrated-cad-simulation>
19. <http://www.rollformingmachine.es/products/4/4-5.jpg>
20. http://www.rollformingmachine.es/4_5hydraulic_press.html
21. <http://www.tahersa.com/en/chapa.html>
22. <http://www.dagsa.com/ecommerce/index.php/catalog/product/view/id/5637/s/19992/category/1125/>
23. <http://www.varillaroscada.com/index.php?pag=products.php&cat=120404161317>
24. <http://www.acerosboehler.com.ar/>
25. <http://www.steinell.com/en/catalogue/product-overview.html>
26. http://www.daytonlamina.com/sites/default/files/doc/Lempco_DieProducts.pdf
27. <http://www.bgespana.com/p/143/muelles-de-troquel-iso-carga-media/>

ANEXOS

ANEXO A
CASA DE LA CALIDAD

ANEXO B

ANÁLISIS FUNCIONAL

ANEXO C

DETERMINACIÓN DE MÓDULOS

ANEXO D

MATERIALES UTILIZADOS



K100



BÖHLER K100

**KALTARBEITSSTAHL
COLD WORK TOOL STEEL**

BÖHLER K100

Warmformgebung

Schmieden:

1050 bis 850°C
Langsame Abkühlung im Ofen oder in wärmeisolierendem Material.

Wärmebehandlung

Weichglühen:

800 bis 850°C
Geregelte langsame Ofenabkühlung mit 10 bis 20°C/h bis ca. 600°C, weitere Abkühlung in Luft.

Härte nach dem Weichglühen:

max. 248 HB.

Spannungsarmglühen:

ca. 650°C
Langsame Ofenabkühlung. Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspaltung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltedauer nach vollständiger Durchwärmung 1-2 Stunden in neutraler Atmosphäre.

Härten:

940 bis 970°C
Öl, Warmbad (220 bis 250°C oder 500 bis 550°C), Druckluft- oder Lufthärtung bis max. 25 mm Dicke bei Härtetemperaturen an der oberen Grenze möglich.
Haltedauer nach vollständigem Durchwärmen 15 bis 30 Minuten.
Erzielbare Härte: 63 - 65 HRC.

Anlassen:

Langsames Erwärmen auf Anlasstemperatur unmittelbar nach dem Härten/Verweildauer im Ofen 1 Stunde je 20 mm Werkstückdicke, jedoch mindestens 2 Stunden/Luftabkühlung.
Richtwerte für die erreichbare Härte nach dem Anlassen bitten wir dem Anlassschaubild zu entnehmen. In bestimmten Fällen ist es zweckmäßig mit abgesenkter Anlasstemperatur und verlängerter Haltedauer vorzugehen.

Hot forming

Forging:

1050 to 850°C
Slow cooling in furnace or thermoinsulating material.

Heat treatment

Annealing:

800 to 850°C
Slow controlled cooling in furnace at a rate of 10 to 20°C/hr down to approx. 600°C, further cooling in air.

Hardness after annealing:

max. 248 HB.

Stress relieving:

approx. 650°C
Slow cooling in furnace; intended to relieve stresses set up by extensive machining, or in complex shapes.
After through heating, hold in neutral atmosphere for 1-2 hours.

Hardening:

940 to 970°C
Oil, salt bath (220 to 250°C or 500 to 550°C), compressed or still air if thickness does not exceed 25 mm and if hardening temperature is on the upper side of the range.
Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes.
Obtainable hardness: 63 - 65 HRC.

Tempering:

Slow heating to tempering temperature immediately after hardening/time in furnace 1 hour for each 20 mm of workpiece thickness but at least 2 hours/cooling in air.
For average hardness figures to be obtained please refer to the tempering chart.
For certain cases we recommend to reduce tempering temperature and increase holding time.

BÖHLER K100

Anlassschaubild:

Härtetemperatur:

— 950°C

- - - - 1000°C

Probenquerschnitt: Vkt. 20 mm

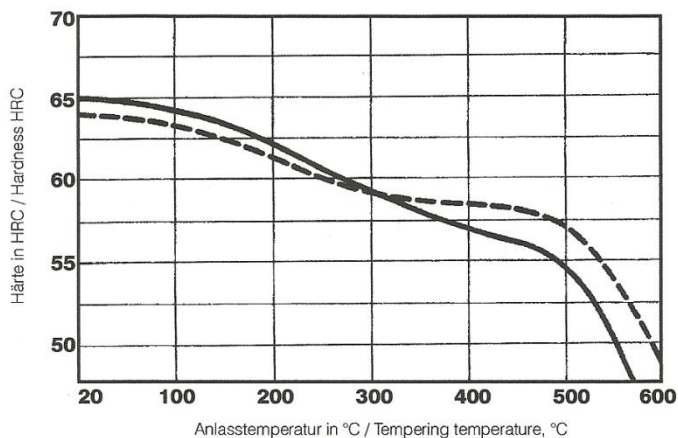
Tempering chart:

Hardening temperature:

— 950°C

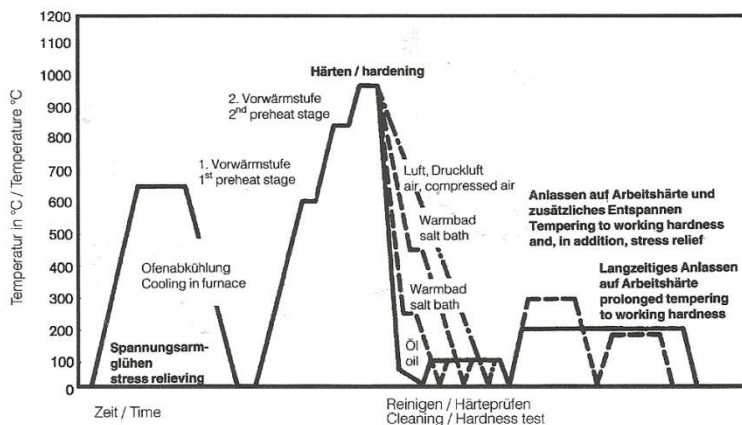
- - - - 1000°C

Specimen size: square 20 mm



Wärmebehandlungsschema

Heat treatment sequence



Reparaturschweißen

Die Gefahr von Rissen bei Schweißarbeiten ist, wie allgemein bei Werkzeugstählen, vorhanden. Sollte ein Schweißen unbedingt erforderlich sein, bitten wir Sie, die Richtlinien Ihres Schweißzusatzwerkstoffherstellers zu beachten.

Repair welding

There is a general tendency for tool steels to develop cracks after welding. If welding cannot be avoided, the instructions of the appropriate welding electrode manufacturer should be sought and followed.

BÖHLER K100

Acero para trabajo en frío

Herramientas para el trabajo en caliente

Núcleos para mazos de martinetes altamente exigidos para la fabricación de guadañas y hoces, también para martinetes de alta velocidad para el fraguado de aceros duros o de alta aleación; además para pequeños cilindros laminadores de alta exigencia técnica; extremos de cilindros calibradores para laminación de anillos; herramientas para estirado en frío; etc.

Parámetros de tratamiento térmico

Fojar: 1050 - 580°C. Enfriamiento en el horno o en material termoaislante.

Recocido: 800 - 850°C. Enfriamiento lento en el horno. Dureza después de recocido: máx. 250 HB.

Relevo de tensiones: 650°C. aprox. Enfriamiento lento en el horno. Para disminuir la tensión después de un mecanizado prolongado o en herramientas complicadas. Tiempo de permanencia después del calentamiento de toda pieza: 1 a 2 horas.

Temple: 940 - 970°C. Enfriamiento en aceite; baño de sales (220-250°C o 500-550°C).

Margen superior para herramientas de forma simple, margen inferior para herramientas de forma complicada.

Esquema de tratamiento térmico

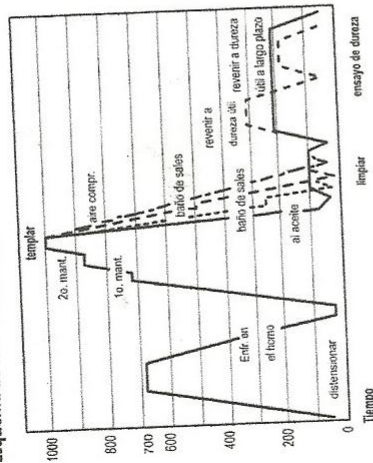
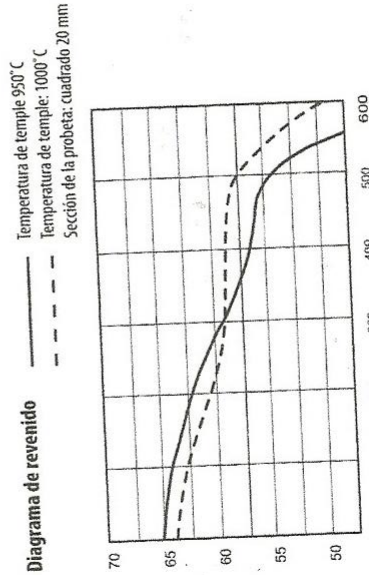


Diagrama de revenido



BÖHLER K100

Acero para trabajo en frío

34CrNiMo6 ~ AISI 4340

Tipo de aleación (valores promedio en %)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0.30-0.38	≤0.40	0.50-0.80	0.035	0.035	1.30-1.70	0.15-0.30	1.30-1.70

Normas No. Mat. 1.6582 DIN 34CrNiMo6 AISI Similar a 4340

Propiedades

Acero bonificado al Cr-Ni-Mo. Especialmente apto donde sean necesarias altas exigencias de resistencia a la torsión y tenacidad en secciones grandes. Gracias a su contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad del revenido.

Aplicaciones

Partes y piezas en la fabricación de aviones, automotores pesados y construcción de maquinaria de trabajo

pesado, por ejemplo: ejes para hélices, bielas, árboles de transmisión, cigüeñales, chasis. Grandes piezas como rotores, ejes y árboles, volantes, discos, porta moldes, etc.

Instrucciones para el tratamiento térmico

Forjar: 1050-850°C. Enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.

Normalizar: 850-880°C. Enfriamiento al aire.



ACERO PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA BONIFICADO 34CrNiMo6 ~ AISI 4340

Recocido: 650-700°C. Enfriamiento regulado en el horno. Dureza después del recocido: máx 248 Brinell.

Relevo de tensiones: En estado bonificado aprox. 30-50°C por debajo de la temperatura de revenido. En estado recocido aprox. 600-650°C. Mantenimiento a temperatura mínimo 1 hora

Temple: 830-860°C. Enfriamiento en aceite o baño de sales.

Revenido: 540-680°C. Enfriamiento al aire. El revenido se debe efectuar inmediatamente después del temple.

Tiempo de mantenimiento a temperatura mínimo 1 hora. Véase diagrama de bonificación.

Nitruración: Es posible la nitruración en gas o en baño de sales.



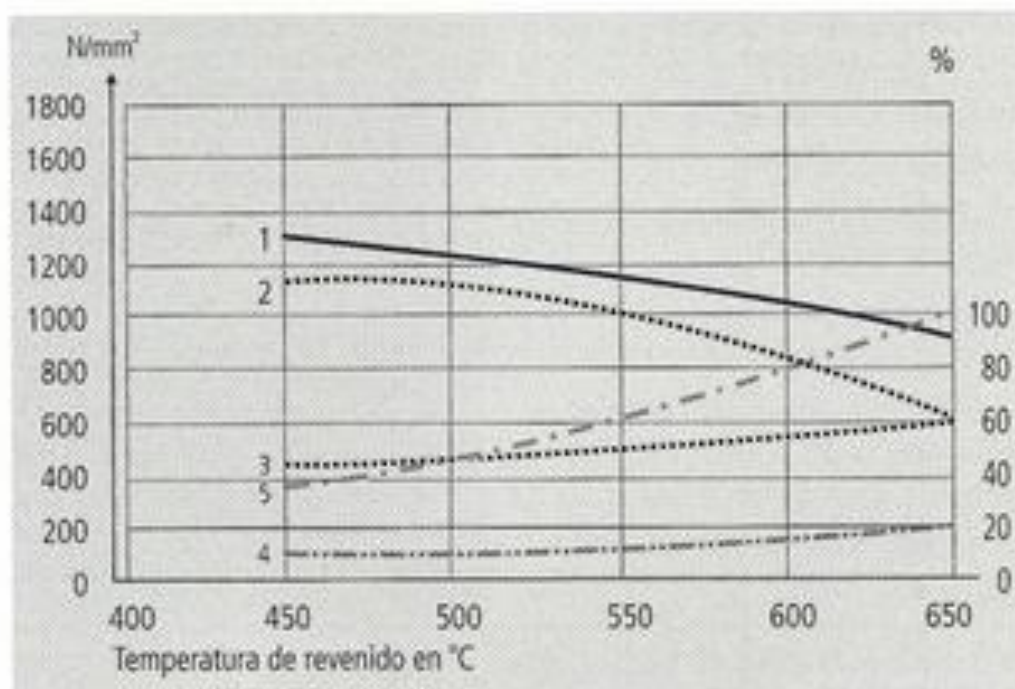
ACERO PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA BONIFICADO 34CrNiMo6 ~ AISI 4340

Diagrama de bonificación

Temperatura de temple 840°C
Sección de probeta: redondo 60 mm.

- 1) Resistencia a la tracción N/mm^2
- 2) Límite de elongación N/mm^2

- 3) Estricción en %
- 4) Dilatación $(L_0 - S_d) \%$
- 5) Resistencia DVM en J.



760=ASI 1045

Acero al carbono para maquinaria



GENERALIDADES: Acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Característica es su alta uniformidad de rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB

ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	P	S
760	0.50	0.30	0.60	—	0.04
ASI1045	0.43-0.50	—	0.60-0.90	0.040	0.050

EQUIVALENCIAS:

ASI	1045
SAE	C1045
W.Nr	1.1820

DIN	CK45
UDDEHOLM	UHB11

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Resistencia a la Tracción	65kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	32kg/mm ²
Elongación, A5	min 10%
Reducción de área	40%
Dureza	220-235

Forjado
 Normalizado
 Temple (agua)
 Temple (aceite)
 Revenido (herramientas de corte)
 Revenido de bonificación

APLICACIONES:

Componentes sencillos, como por ej:

- Pernos
- Chavetas
- Piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

TRATAMIENTO TÉRMICO:

800-1050 °C
830-850 °C
770-810 °C
790-830 °C
100-300 °C
550-650 °C

MEDIDAS EN STOCK

REDONDO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. Kg/m
100	4	61.7
115	4 1/2	81.5
125	5	96.3
150	6	139.0
170	6 11/16	178.0
180	7 1/8	199.0
190	7 1/2	222.3
200	7 7/8	250.1
230	9	326.4
250	9 7/8	383.1
305	12 1/64	576.0
350	13 25/32	756.0

Nota: Laminado en caliente

CUADRADO

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. Kg/m
6x6	1/4x1/4	0.3
8x8	5/16x5/16	0.5
10x10	3/8x3/8	0.8
12x12	1/2x1/2	1.2
16x16	5/8x5/8	2.1
20x20	25/32x25/32	3.2
25x25	1x1	5.0
30x30	1 3/16x1 3/16	7.2
35x35	1 3/8x1 3/8	9.8
40x40	1 9/16x1 9/16	12.6
45x45	1 3/4x1 3/4	15.9
50x50	2x2	19.6
60x60	2 3/8x2 3/8	28.3
70x70	2 3/4x2 3/4	39.0
80x80	3 5/32x3 5/32	50.2
90x90	3 9/16x3 9/16	63.6

Nota: 6x6 ⇔ 12x12 Laminado en frío
 Resto: Laminado en caliente

mm	APROX. PULGADAS	PESO APROX. Kg/m
10x40	3/8x1 9/16	3.2
10x150	3/8x6	11.8
12x40	15/32x1 9/16	3.9
12x60	1/2x2 3/8	5.7
15x100	19/32x3 15/16	11.9
15x150	19/32x6	18.5
20x50	25/32x1 31/32	8.0
20x70	25/32x2 3/4	11.0
20x80	25/32x3 35/32	12.6
20x100	25/32x3 15/16	15.8
20x120	25/32x4 3/4	18.8
20x150	25/32x6 1/6	23.6
25x50	1x1 31/32	9.9
25x80	1x3 5/32	15.7
25x250	1x9 27/32	49.1
30x50	13/16 x 2	11.8
30x70	1 3/16x2 3/4	16.6
30x80	1 3/16x3 5/32	18.8
30x90	1 3/16x3 17/32	21.3
60x100	2 3/8x3 15/16	47.5

Nota: Laminado en caliente

REDONDO

APROX. PULGADAS	PESO APROX. Kg/m
5/8	1.6
3/4	2.2
7/8	3.0
1	4.0
1 1/4	6.2
1 1/2	8.9
1 3/4	12.2
2	15.9
2 1/4	20.1
2 1/2	24.8
2 3/4	30.0
3	35.8
3 1/2	48.7

Nota: Tolerancia h9 - h11



Ulink Industry Limited

Add: Room 304, Building B, Eastern Coast, N°5558, Chuansha Road,
Pudong New Area, Shanghai, China 201200

Tel: +86-21-50432611 Fax: +86-21-50432611

E-mail:Kendy@ulinkindustry.com

Website: www.ulinkindustry.com

Certificate of Inspection

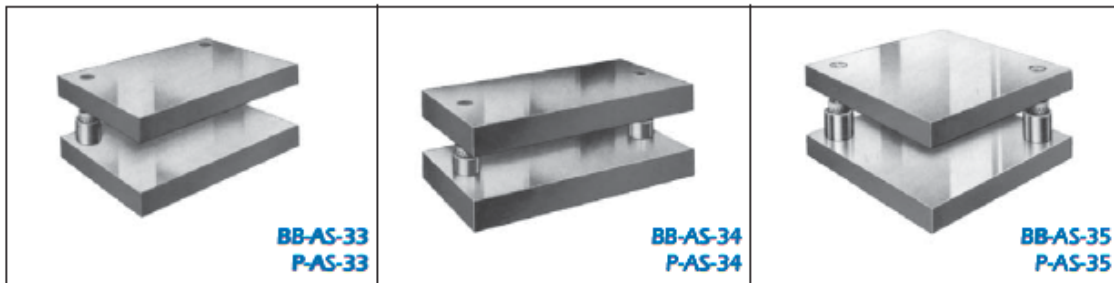
Customer	ACEROS Y ALUMINIO ACERAL CIA.LTDA		Contract N°.		UIL-CL1110490								
Lot N°.	Alloy	Temper	SPEC		WEIGHT (KG)	Mechanical Properties							
			SIZE (mm)	Gauge x Width x Length		Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)	Standard	Actual				
HY1435	A1050	H14		1.25x1000x2000	1993	95-125	112	≥5	10				
HY8496	A1050	H14		2.00x1000x2000	2025	95-125	110	≥5	11				
HY1278	A1050	H14		3.00x1000x2000	2005	95-125	109	≥5	11				
HY1212	A1050	H14		0.70x1220x2440	2026	95-125	108	≥5	7.8				
HY2468	A1050	H14		0.70x1220x2440	3045	95-125	110	≥5	8				
HY2465	A1050	H14		0.70x1220x2440	1995	95-125	109	≥5	10				
HY1293	A1050	H14		0.70x1220x2440	2001	95-125	110	≥5	11				
HY1225	A1050	H14		0.70x1220x2440	2877	95-125	110	≥5	10				
HY1278	A1050	H14		0.70x1220x2440	1993	95-125	113	≥5	12				
H7Y1218	A1050	H14		0.70x1220x2440	2021	95-125	115	≥5	11				
HY1426	A1050	H14		0.70x1220x2440	1903	95-125	110	≥5	14				
ALLOY TEMPER	Chemical Composition (%)	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ni	Ti	Other	Total	Al
A1050 H14	Máx	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05		0.05			0.15	1.00	REMAINDER
	Mín												
	Actual	0.075	0.242	0.003	0.030	0.018		0.017		0.014	0.030	0.419	REMAINDER

ANEXO E

ELEMENTOS NORMALIZADOS

ALL-STEEL DIE SETS

LARGE TWO POST STYLES



SUGGESTED MINIMUM DIMENSIONS

WHEN	A = 6 to 11"				A = 12 to 17"				A = 18 to 23"				A = 24 to 29"			
B=	J	K	O	P	J	K	O	P	J	K	O	P	J	K	O	P
6 to 8"	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/4
9 to 11"	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 1/2	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 1/2
12 to 17"	-	-	1 1/2	1 1/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 1/2	2	2	2	1 3/4	2	2	2	1 3/4
18 to 23"	-	-	1 3/4	1 1/2	-	-	1 3/4	1 1/2	2	2	2	1 3/4	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2
24 to 29"	-	-	2	1 3/4	-	-	2	1 3/4	-	-	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2
30 to 44"	-	-	2 1/2	2	-	-	2 1/2	2	-	-	2 1/2	2	-	-	3	2 1/2
45 to 60"	-	-	3	2 1/2	-	-	3	2 1/2	-	-	3	2 1/2	-	-	3	2 1/2

WHEN	A = 30 TO 44"				A = 45 TO 69"				A = 70 TO 100"			
B=	J	K	O	P	J	K	O	P	J	K	O	P
6 to 8"	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 1/2	2	2	2	1 3/4	2	2	2	1 3/4
9 to 11"	2	2	2	1 3/4	2	2	2	1 3/4	2	2	2	1 3/4
12 to 17"	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2
18 to 23"	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2
24 to 29"	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2	3	3	2 1/2	3	3	3	2 1/2	2
30 to 44"	3	3	2 1/2	2	3	3	3	2 1/2	3	3	3	2 1/2
45 to 60"	-	-	3	2 1/2	3	3	3	2 1/2	3 1/2	3 1/2	3	2 1/2

NOMINAL DIMENSIONS

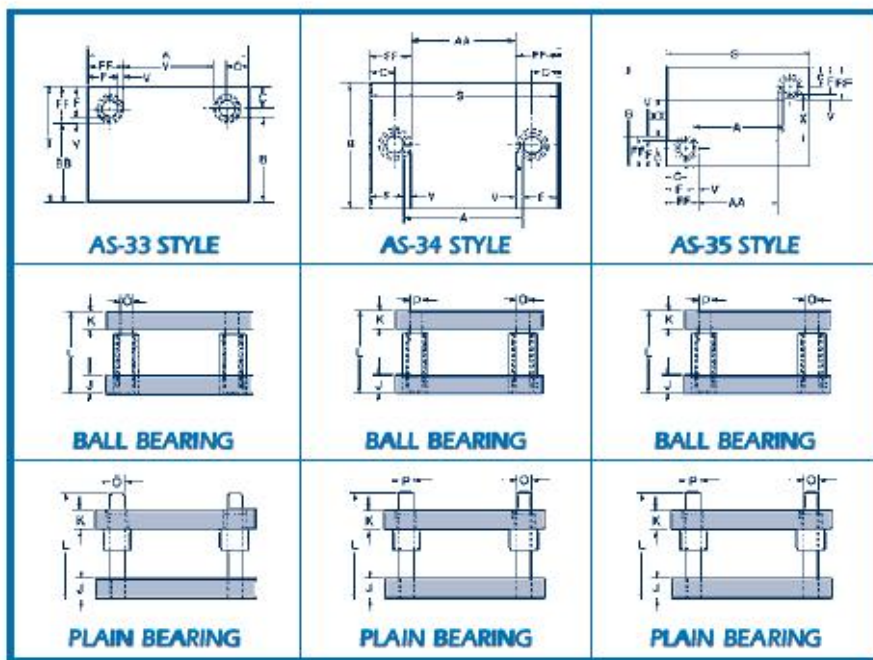
NOMINAL GUIDE POST DIAMETER	BALL BEARING								PLAIN BEARING							
	Sleeve Bushing				Shoulder Bushing				Sleeve Bushing				Shoulder Bushing			
	C	F	V	FF	C	F	V	FF	C	F	V	FF	C	F	V	FF
1	1 1/2	2	3/8	2 3/8	1 1/2	2	1/2	2 1/2	1 1/2	2	1/4	2 1/4	1 1/2	2	3/8	2 3/8
1 1/4	1 3/4	2 3/8	1/2	2 7/8	1 3/4	2 3/8	5/8	3	1 3/4	2 3/8	1/4	2 5/8	1 3/4	2 3/8	3/8	2 3/4
1 1/2	2	2 3/4	1/2	3 1/4	2	2 3/4	5/8	3 3/8	2	2 3/4	1/4	3	2	2 3/4	3/8	3 1/8
1 3/4	2 1/8	3	1/2	3 1/2	2 1/8	3	5/8	3 5/8	2 1/8	3	1/4	3 1/4	2 1/8	3	3/8	3 3/8
2	2 3/8	3 3/8	5/8	4	2 3/8	3 3/8	7/8	4 1/4	2 3/8	3 3/8	1/4	3 5/8	2 3/8	3 3/8	3/8	3 3/4
2 1/2	2 5/8	3 7/8	5/8	4 1/2	2 5/8	3 7/8	7/8	4 3/4	2 5/8	3 7/8	3/8	4 1/4	2 5/8	3 7/8	5/8	4 1/2
3	3	4 1/2	5/8	5 1/8	3	4 1/2	7/8	5 3/8	3	4 1/2	3/8	4 7/8	3	4 1/2	5/8	5 1/8

FORMULAS		PLATE THICKNESSES STOCKED FOR IMMEDIATE FABRICATION				
AA = A - 2V	S = A + 2F T = B + F X = B - 2F	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2
BB = B - V		1 5/8	1 3/4	1 7/8	2	2 1/4
Y = A - 2FF		2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2
XX = B - 2FF		4	4 1/2	5	5 1/2	6
		6 1/2	7			

ALL-STEEL DIE SETS

LARGE TWO POST STYLES

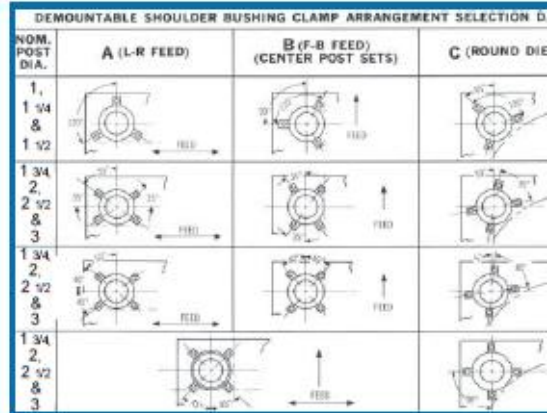
BOLT CIRCLE DIAMETERS	
DEMOUNTABLE BALL BEARING BUSHINGS	
NOMINAL BUSHING DIAMETER	BOLT CIRCLE DIAMETER
1	2.438
1 1/4	2.813
1 1/2	3.125
1 3/4	3.438
2	4.000
2 1/2	4.500
3	5.000
DEMOUNTABLE BALL BEARING PINS	
NOMINAL BUSHING DIAMETER	BOLT CIRCLE DIAMETER
1	1.750
1 1/4	2.000
1 1/2	2.250
1 3/4	2.625
2	2.875
2 1/2	3.375
3	3.875



LEMPCO Large Two Post All-Steel Die Sets are offered in Ball Bearing and Plain Bearing designs, in Back Post, Center Post and Diagonal Post styles. Special machining, torch cutting and welded components are available to the details of your print.

WHEN ORDERING, SPECIFY:

1. Select either Ball Bearing or Plain Bearing in the specified series (EXAMPLE: BB-AS-33 or P-AS-33).
 2. Specify clamp arrangement [L-R feed or F-B feed] from drawing shown at right.
 3. Specify the dimensions "A" and "B".
 4. Specify the thickness of the die holder "J" and the punch holder "K".
 5. Specify the type of bushing. Unless otherwise specified, Ball Bearing Sets will be furnished with Press Fit Steel Sleeve Bushings, and Plain Bearing Sets will be stocked with Lamina Plain Bearing components.
 6. Specify the length "L". For Ball Bearing sets, this is the Minimum Shut Height dimension. For Plain Bearing sets, this is the dimension from the bottom of the die holder to the top of the Guide Post.
 7. Specify the diameter of the Guide Post if other than listed. Larger or smaller diameter guide posts than listed will cause dimensional variations.
 8. Specify "no shank" or "Lempcoshank". Specify the shank diameter and length. If "Lempcoshank", give the catalog number of the kit desired. Specify the exact location of the shank relative to the guide post locations. All shanks are furnished at extra cost.
 9. All shipments are via our designated carrier unless otherwise specified.
- NOTE:** All **LEMPCO** Plain Bearing die sets will be assembled with Lamina Plain Bearing components.



LEMPCO will honor all existing Ball Bearing and Plain Bearing catalog die set part numbers (BT, LT, BF, LF, BB, P).

These die sets may not be returned for credit.

2. Tornillería Allen.

DIN 912

TORNILLO CABEZA ALLEN



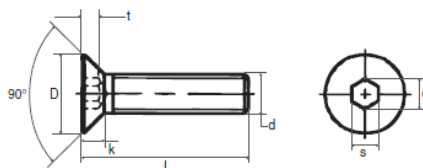
d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19
k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	22	24
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48	52	60
e	-	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	13,72	16,00	16,00	19,44	21,73



Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011099	13011320	13011541	3x8	13011143	13011364	13011585	6x12	13011167	13011408	13011629	8x160
13011100	13011321	13011542	3x8	13011144	13011365	13011586	6x14	13011168	13011409	13011630	10x16
13011101	13011322	13011543	3x10	13011145	13011366	13011587	6x16	13011169	13011410	13011631	10x18
13011102	13011323	13011544	3x12	13011146	13011367	13011588	6x18	13011190	13011411	13011632	10x20
13011103	13011324	13011545	3x14	13011147	13011368	13011589	6x20	13011191	13011412	13011633	10x25
13011104	13011325	13011546	3x16	13011148	13011369	13011590	6x22	13011192	13011413	13011634	10x30
13011105	13011326	13011547	3x20	13011149	13011370	13011591	6x25	13011193	13011414	13011635	10x35
13011106	13011327	13011548	3x25	13011150	13011371	13011592	6x30	13011194	13011415	13011636	10x40
13011107	13011328	13011549	3x30	13011151	13011372	13011593	6x35	13011195	13011416	13011637	10x45
13011108	13011329	13011550	3x35	13011152	13011373	13011594	6x40	13011196	13011417	13011638	10x50
13011109	13011330	13011551	4x8	13011153	13011374	13011595	6x45	13011197	13011418	13011639	10x55
13011110	13011331	13011552	4x8	13011154	13011375	13011596	6x50	13011198	13011419	13011640	10x60
13011111	13011332	13011553	4x10	13011155	13011376	13011597	6x55	13011199	13011420	13011641	10x65
13011112	13011333	13011554	4x12	13011156	13011377	13011598	6x60	13011200	13011421	13011642	10x70
13011113	13011334	13011555	4x14	13011157	13011378	13011599	6x65	13011201	13011422	13011643	10x80
13011114	13011335	13011556	4x16	13011158	13011379	13011600	6x70	13011202	13011423	13011644	10x90
13011115	13011336	13011557	4x18	13011159	13011380	13011601	6x90	13011203	13011424	13011645	10x100
13011116	13011337	13011558	4x20	13011160	13011381	13011602	6x90	13011204	13011425	13011646	10x110
13011117	13011338	13011559	4x22	13011161	13011382	13011603	6x100	13011205	13011426	13011647	10x120
13011118	13011339	13011560	4x25	13011162	13011383	13011604	6x10	13011206	13011427	13011648	10x130
13011119	13011340	13011561	4x30	13011163	13011384	13011605	6x12	13011207	13011428	13011649	10x140
13011120	13011341	13011562	4x35	13011164	13011385	13011606	6x14	13011208	13011429	13011650	10x150
13011121	13011342	13011563	4x40	13011165	13011386	13011607	6x16	13011209	13011430	13011651	10x160
13011122	13011343	13011564	4x45	13011166	13011387	13011608	6x18	13011210	13011431	13011652	10x180
13011123	13011344	13011565	4x50	13011167	13011388	13011609	6x20	13011211	13011432	13011653	12x20
13011124	13011345	13011566	5x8	13011168	13011389	13011610	6x22	13011212	13011433	13011654	12x25
13011125	13011346	13011567	5x10	13011169	13011390	13011611	6x25	13011213	13011434	13011655	12x30
13011126	13011347	13011568	5x12	13011170	13011391	13011612	6x30	13011214	13011435	13011656	12x35
13011127	13011348	13011569	5x14	13011171	13011392	13011613	6x35	13011215	13011436	13011657	12x40
13011128	13011349	13011570	5x16	13011172	13011393	13011614	6x40	13011216	13011437	13011658	12x45
13011129	13011350	13011571	5x18	13011173	13011394	13011615	6x45	13011217	13011438	13011659	12x50
13011130	13011351	13011572	5x20	13011174	13011395	13011616	6x50	13011218	13011439	13011660	12x55
13011131	13011352	13011573	5x22	13011175	13011396	13011617	6x55	13011219	13011440	13011661	12x60
13011132	13011353	13011574	5x25	13011176	13011397	13011618	6x60	13011220	13011441	13011662	12x65
13011133	13011354	13011575	5x30	13011177	13011398	13011619	6x65	13011221	13011442	13011663	12x70
13011134	13011355	13011576	5x35	13011178	13011399	13011620	6x70	13011222	13011443	13011664	12x80
13011135	13011356	13011577	5x40	13011179	13011400	13011621	6x80	13011223	13011444	13011665	12x90
13011136	13011357	13011578	5x45	13011180	13011401	13011622	6x90	13011224	13011445	13011666	12x100
13011137	13011358	13011579	5x50	13011181	13011402	13011623	6x100	13011225	13011446	13011667	12x110
13011138	13011359	13011580	5x55	13011182	13011403	13011624	6x110	13011226	13011447	13011668	12x120
13011139	13011360	13011581	5x60	13011183	13011404	13011625	6x120	13011227	13011448	13011669	12x130
13011140	13011361	13011582	5x65	13011184	13011405	13011626	6x130	13011228	13011449	13011670	12x140
13011141	13011362	13011583	6x8	13011185	13011406	13011627	6x140	13011229	13011450	13011671	12x150
13011142	13011363	13011584	6x10	13011186	13011407	13011628	6x150	13011230	13011451	13011672	12x160

DIN 7991

TORNILLO CABEZA PLANA ALLEN



d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
D	6	8	10	12	16	20	24	27	30	36
s	2	2,5	3	4	5	6	8	10	10	12
k	1,7	2,3	2,5	3,3	4,4	5,5	6,54	7	7,5	8,5
T	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4,4	4,6	4,8	5,3	5,9
e	2,3	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	11,43	13,72

Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011762	13011861	3x6	13011768	13011867	3x18	13011774	13011873	4x12	13011780	13011879	4x30
13011763	13011862	3x8	13011769	13011868	3x20	13011775	13011874	4x14	13011781	13011880	4x35
13011764	13011863	3x10	13011770	13011869	3x25	13011776	13011875	4x16	13011782	13011881	4x40
13011765	13011864	3x12	13011771	13011870	3x30	13011777	13011876	4x18	13011783	13011882	5x8
13011766	13011865	3x14	13011772	13011871	4x8	13011778	13011877	4x20	13011784	13011883	5x10
13011767	13011866	3x16	13011773	13011872	4x10	13011779	13011878	4x25	13011785	13011884	5x12

Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011786	13011885	5x14	13011806	13011905	6x45	13011826	13011925	10x25	13011846	13011945	14x35
13011787	13011886	5x16	13011807	13011906	6x50	13011827	13011926	10x30	13011847	13011946	14x40
13011788	13011887	5x18	13011808	13011907	6x55	13011828	13011927	10x35	13011848	13011947	14x45
13011789	13011888	5x20	13011809	13011908	6x60	13011829	13011928	10x40	13011849	13011948	14x50
13011790	13011889	5x25	13011810	13011909	8x10	13011830	13011929	10x45	13011850	13011949	14x55
13011791	13011890	5x30	13011811	13011910	8x12	13011831	13011930	10x50	13011851	13011950	14x60
13011792	13011891	5x35	13011812	13011911	8x14	13011832	13011931	10x55	13011852	13011951	14x70
13011793	13011892	5x40	13011813	13011912	8x16	13011833	13011932	10x60	13011853	13011952	16x30
13011794	13011893	5x45	13011814	13011913	8x18	13011834	13011933	10x70	13011854	13011953	16x35
13011795	13011894	5x50	13011815	13011914	8x20	13011835	13011934	12x20	13011855	13011954	16x40
13011796	13011895	6x10	13011816	13011915	8x25	13011836	13011935	12x25	13011856	13011955	16x45
13011797	13011896	6x12	13011817	13011916	8x30	13011837	13011936	12x30	13011857	13011956	16x50
13011798	13011897	6x14	13011818	13011917	8x35	13011838	13011937	12x35	13011858	13011957	16x55
13011799	13011898	6x16	13011819	13011918	8x40	13011839	13011938	12x40	13011859	13011958	16x60
13011800	13011899	6x18	13011820	13011919	8x45	13011840	13011939	12x45	13011860	13011959	16x70
13011801	13011900	6x20	13011821	13011920	8x50	13011841	13011940	12x50			
13011802	13011901	6x25	13011822	13011921	8x55	13011842	13011941	12x55			
13011803	13011902	6x30	13011823	13011922	8x60	13011843	13011942	12x60			
13011804	13011903	6x35	13011824	13011923	10x16	13011844	13011943	12x70			
13011805	13011904	6x40	13011825	13011924	10x20	13011845	13011944	14x30			

Consultar para otras dimensiones y calidades

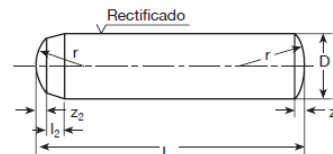
Pasador



DIN 6325
(ISO 8734)

Pasador cilindrico
Tolerancia m6

Acero F155
60 HRc



D m6	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16	20
l_2	0,8	1	1,2	1,5	1,6	1,8	1,9	2	2,5	2,5	2,5	3	4
r	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	16	16	20
z_1	0,45	0,6	0,75	0,9	1,05	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2	2,5	3
z_2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,3	1,3	1,7	2

ISO Die Springs

Associated Spring Raymond Die Springs are manufactured using a wire cross section developed to provide optimum balance between load carrying characteristics and cycle life.

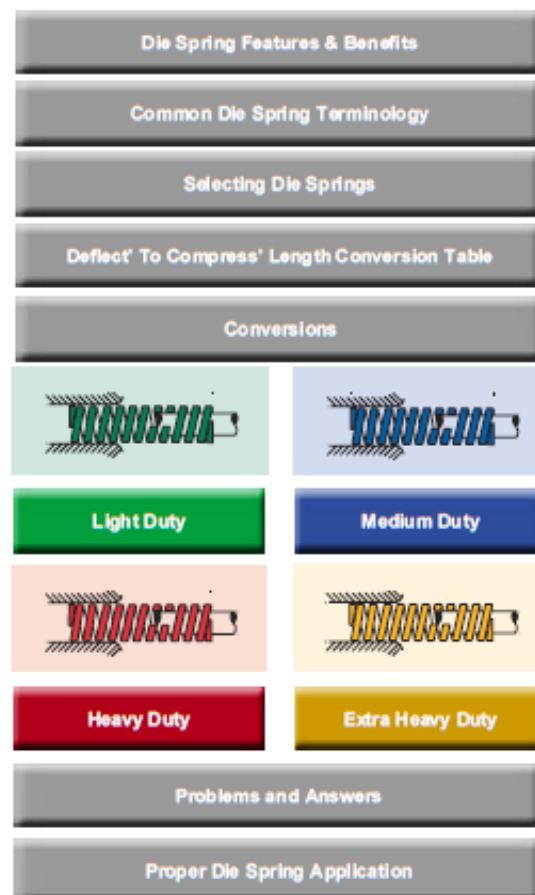
Produced under carefully controlled processes with special equipment developed by Barnes Group, Inc's research and development facilities.

All of the manufacturing steps are closely monitored by rigid quality controls, inspection and testing to ensure that the long service life engineered into every die spring is constant.

Full technical specifications available on request from Associated Spring.

Springs manufactured in accordance with ISO 10243.

Please use the buttons below to navigate through this document:



Muelles de troquel norma ISO

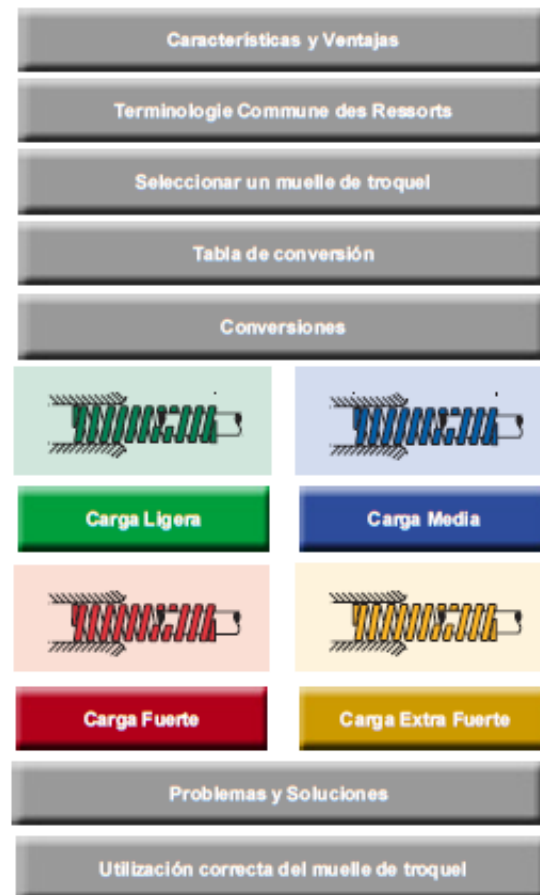
Los muelles de troquel de Associated Spring Raymond se fabrican a partir de un hilo metálico de sección transversal desarrollado para garantizar un equilibrio óptimo entre la capacidad de carga y su duración máxima.

Nuestro proceso de producción se realiza mediante cuidadosos controles y con un equipo especial desarrollado por el equipo de investigación del Grupo Barnes.

Todas las etapas de la fabricación se efectúan bajo un estricto control de calidad, inspección y exámenes del producto para así garantizar una larga vida útil de cada uno de los muelles de troquel.

Detalles técnicos facilitados sobre demanda.

Muelles fabricados de acuerdo con la norma ISO 10243.



Medium Duty
ISO Colour Coded Blue
Carga Media
Azul Código de Color según ISO



Hole Dia. (mm) A	Rod Dia. (mm) B	Free Length (mm) C	CATALOG NUMBER	Load at 1 mm Def. (N)	LOAD DEFLECTION TABLE							
					For Optimum Life (20% of free length)		For Long Life (25% of free length)		Maximum Operating Def. (30% of free length)		*Maximum Deflection	
				Load (N)		Deflection (mm)		Load (N)		Deflection (mm)		
Diam. Orificio (mm) A	Diam. De La Varilla (mm) B	Lo Libre (mm) C	REFERENCIA	Carga a 1 mm de flexión (N)	TABLA DE CARGA DE DEFLEXIÓN							
				Para vida óptima (20% longitud libre)		Para larga vida (25% longitud libre)		Deflexión máxima de operación (30% Longitud libre)		*Deflexión máxima		
				Carga (N)		Deflexión (mm)		Carga (N)		Deflexión (mm)		
				Carga (N)		Deflexión (mm)		Carga (N)		Deflexión (mm)		
32	16	38	R204-606	185.0	1406.0	7.6	1757.5	9.5	2109.0	11.4	2590.0	14.0
		44	R204-607	158.0	1390.4	8.8	1738.0	11.0	2085.6	13.2	2607.0	16.5
		51	R204-608	134.0	1366.8	10.2	1708.5	12.8	2050.2	15.3	2546.0	19.0
		64	R204-610	99.0	1267.2	12.8	1584.0	16.0	1900.8	19.2	2376.0	24.0
		76	R204-612	80.5	1223.6	15.2	1529.5	19.0	1835.4	22.8	2254.0	28.0
		89	R204-614	69.1	1230.0	17.8	1537.5	22.3	1845.0	26.7	2280.3	33.0
		102	R204-616	58.8	1199.5	20.4	1499.4	25.5	1799.3	30.6	2234.4	38.0
		115	R204-618	51.5	1184.5	23.0	1480.6	28.8	1776.8	34.5	2214.5	43.0
		127	R204-620	44.8	1137.9	25.4	1422.4	31.8	1706.9	38.1	2150.4	48.0
		139	R204-622	42.3	1175.9	27.8	1469.9	34.8	1763.9	41.7	2199.6	52.0
		152	R204-624	37.8	1149.1	30.4	1436.4	38.0	1723.7	45.6	2154.6	57.0
		178	R204-628	32.5	1157.0	35.6	1446.3	44.5	1735.5	53.4	2177.5	67.0
		203	R204-632	28.9	1173.3	40.6	1466.7	50.8	1760.0	60.9	2196.4	76.0
		254	R204-640	21.4	1087.1	50.8	1358.9	63.5	1630.7	76.2	2033.0	95.0
		305	R204-648	18.3	1116.3	61.0	1395.4	76.3	1674.5	91.5	2086.2	114.0
40	20	51	R204-708	181.6	1852.3	10.2	2315.4	12.8	2778.5	15.3	3450.4	19.0
		64	R204-710	140.0	1792.0	12.8	2240.0	16.0	2688.0	19.2	3360.0	24.0
		76	R204-712	108.0	1641.6	15.2	2052.0	19.0	2462.4	22.8	3024.0	28.0
		89	R204-714	90.7	1614.5	17.8	2018.1	22.3	2421.7	26.7	2993.1	33.0
		102	R204-716	81.0	1652.4	20.4	2065.5	25.5	2478.6	30.6	3078.0	38.0
		115	R204-718	71.8	1651.4	23.0	2064.3	28.8	2477.1	34.5	3087.4	43.0
		127	R204-720	62.7	1592.6	25.4	1990.7	31.8	2388.9	38.1	3009.6	48.0
		139	R204-722	57.5	1598.5	27.8	1998.1	34.8	2397.8	41.7	2990.0	52.0
		152	R204-724	51.6	1568.6	30.4	1960.8	38.0	2353.0	45.6	2941.2	57.0
		178	R204-728	44.1	1570.0	35.6	1962.5	44.5	2354.9	53.4	2954.7	67.0
		203	R204-732	36.7	1490.0	40.6	1862.5	50.8	2235.0	60.9	2789.2	76.0
		254	R204-740	30.1	1529.1	50.8	1911.4	63.5	2293.6	76.2	2859.5	95.0
		305	R204-748	24.6	1500.6	61.0	1875.8	76.3	2250.9	91.5	2804.4	114.0
50	25	64	R204-810	209.0	2675.2	12.8	3344.0	16.0	4012.8	19.2	5016.0	24.0
		76	R204-812	168.0	2553.6	15.2	3192.0	19.0	3830.4	22.8	4704.0	28.0
		89	R204-814	140.0	2492.0	17.8	3115.0	22.3	3738.0	26.7	4620.0	33.0
		102	R204-816	119.0	2427.6	20.4	3034.5	25.5	3641.4	30.6	4522.0	38.0
		115	R204-818	106.0	2438.0	23.0	3047.5	28.8	3657.0	34.5	4558.0	43.0
		127	R204-820	97.0	2463.8	25.4	3079.8	31.8	3695.7	38.1	4656.0	48.0
		139	R204-822	87.0	2418.6	27.8	3023.3	34.8	3627.9	41.7	4524.0	52.0
		152	R204-824	80.0	2432.0	30.4	3040.0	38.0	3648.0	45.6	4560.0	57.0
		178	R204-828	69.5	2474.2	35.6	3092.8	44.5	3711.3	53.4	4656.5	67.0
		203	R204-832	59.8	2427.9	40.6	3034.9	50.8	3641.8	60.9	4544.8	76.0
		229	R204-836	50.9	2331.2	45.8	2914.0	57.3	3496.8	68.7	4377.4	86.0
		254	R204-840	43.9	2230.1	50.8	2787.7	63.5	3345.2	76.2	4170.5	95.0
		305	R204-848	38.6	2354.6	61.0	2943.3	76.3	3531.9	91.5	4400.4	114.0
63	38	76	R204-912	312.0	4742.4	15.2	5928.0	19.0	7113.6	22.8	8736.0	28.0
		89	R204-914	260.0	4628.0	17.8	5785.0	22.3	6942.0	26.7	8580.0	33.0
		102	R204-916	221.0	4508.4	20.4	5635.5	25.5	6762.6	30.6	8398.0	38.0
		115	R204-918	187.0	4301.0	23.0	5376.3	28.8	6451.5	34.5	8041.0	43.0
		127	R204-920	168.0	4267.2	25.4	5334.0	31.8	6400.8	38.1	8064.0	48.0
		152	R204-924	136.0	4134.4	30.4	5168.0	38.0	6201.6	45.6	7752.0	57.0
		178	R204-928	114.0	4058.4	35.6	5073.0	44.5	6087.6	53.4	7638.0	67.0
		203	R204-932	100.0	4060.0	40.6	5075.0	50.8	6090.0	60.9	7600.0	76.0
		229	R204-936	89.2	4085.4	45.8	5106.7	57.3	6128.0	68.7	7671.2	86.0
		254	R204-940	78.4	3982.7	0.8	4978.4	63.5	5974.1	76.2	7448.0	95.0
		305	R204-948	64.7	3946.7	1.0	4933.4	76.3	5920.1	91.5	7375.8	114.0

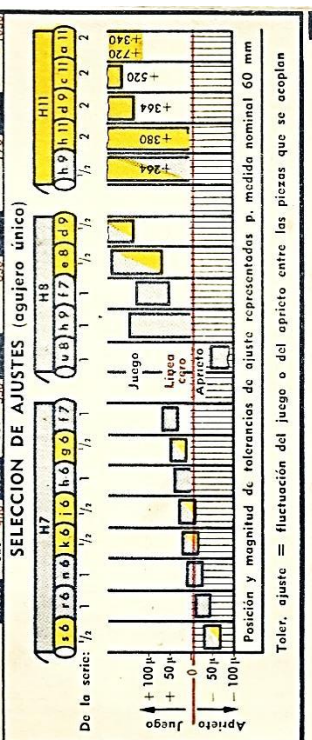
*Tabulated load values shown represent loads near solid and are for design information only.
*Carga a altura sólida, exclusivamente como información.

ANEXO F

TABLAS DE AJUSTES UTILIZADOS

AJUSTES ISO para agujero único
Diferencias nominales en $\mu(1\mu=0,001\text{ mm})$

Diferencias nominales en $\mu(1\mu=0,001\text{ mm})$	Campo de medidas nominales			
	10...40 mm	50...100 mm	160...250 mm	300...500 mm
Diferencia superior, inferior	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0
Diferencia superior, inferior	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23
Diferencia superior, inferior	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3
Diferencia superior, inferior	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9
Diferencia superior, inferior	0 9	0 -11	0 -13	0 -15
Diferencia superior, inferior	+21 0	+24 0	+30 0	+35 0
Diferencia superior, inferior	+48 +35	+59 +43	+72 +53	+87 +71
Diferencia superior, inferior	+41 +28	+51 +34	+65 +41	+80 +58
Diferencia superior, inferior	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23
Diferencia superior, inferior	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13
Diferencia superior, inferior	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3
Diferencia superior, inferior	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9
Diferencia superior, inferior	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22
Diferencia superior, inferior	-7 -20	-9 -25	-12 -34	-14 -39
Diferencia superior, inferior	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71
Diferencia superior, inferior	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0
Diferencia superior, inferior	+87 +54	+99 +60	+133 +87	+178 +124
Diferencia superior, inferior	+81 +48	+109 +70	+148 +102	+198 +144
Diferencia superior, inferior	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87
Diferencia superior, inferior	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71
Diferencia superior, inferior	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126
Diferencia superior, inferior	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -202
Diferencia superior, inferior	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0
Diferencia superior, inferior	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87
Diferencia superior, inferior	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220
Diferencia superior, inferior	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -202
Diferencia superior, inferior	110 -240	140 -300	170 -390	200 -450
Diferencia superior, inferior	-300 -430	-320 -460	-360 -550	-410 -630



AJUSTES ISO para agujero único
Diferencias nominales en $\mu(1\mu=0,001\text{ mm})$

Diferencias nominales en $\mu(1\mu=0,001\text{ mm})$	Campo de medidas nominales			
	10...40 mm	50...100 mm	160...250 mm	300...500 mm
Diferencia superior, inferior	+7 0	+8 0	+9 0	+11 0
Diferencia superior, inferior	+11 +6	+13 +8	+16 +10	+20 +12
Diferencia superior, inferior	+6 1	+7 -1	+7 -2	+8 -3
Diferencia superior, inferior	0 -5	0 -5	0 -6	0 -8
Diferencia superior, inferior	+9 0	+12 0	+15 0	+18 0
Diferencia superior, inferior	+22 +15	+27 +19	+32 +23	+39 +28
Diferencia superior, inferior	+19 +12	+23 +15	+28 +19	+34 +23
Diferencia superior, inferior	+13 +6	+16 +8	+19 +10	+23 +12
Diferencia superior, inferior	+9 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7
Diferencia superior, inferior	+6 -1	+7 -1	+7 -2	+8 -3
Diferencia superior, inferior	0 -7	0 -8	0 -9	0 -11
Diferencia superior, inferior	-3 -10	-4 -12	-5 -14	-6 -17
Diferencia superior, inferior	-7 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34
Diferencia superior, inferior	+14 0	+18 0	+22 0	+27 0
Diferencia superior, inferior	+36 +22	+46 +28	+56 +34	+67 +40
Diferencia superior, inferior	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43
Diferencia superior, inferior	-7 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34
Diferencia superior, inferior	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59
Diferencia superior, inferior	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93
Diferencia superior, inferior	+60 0	+75 0	+90 0	+110 0
Diferencia superior, inferior	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43
Diferencia superior, inferior	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110
Diferencia superior, inferior	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93
Diferencia superior, inferior	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205
Diferencia superior, inferior	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400

1) Esta relación de ajustes tiene por objeto reducir a un mínimo el número de herramientas, operatos de sujeción e instrumentos de medida.

Estos ajustes son los que deben usarse con preferencia. La serie 1 es la serie fundamental. La serie 2 es un complemento de la serie 1. El campo de tolerancia H 11 puede cumplirse sin trabajo alguno posterior con los brocos de espiral corrientes. Los ajustes de aprieto y de paso se han tomado en lo esencial del sistema de agujero único, y los de juego del sistema de eje único. Para los árboles se prevén, sin embargo, también los campos de tolerancia g6, f7, e8, d9, c11 y a11, que dan ajustes de juego con los agujeros H.

Estos campos de tolerancia son empleados en aquellos talleres que prefieren el sistema del agujero único o en aquellos en que no se hacen patentes los ventajos del árbol único por tenerse que desmontar con frecuencia.

2) Hasta medida nominal 24 mm: x 8
por encima de 24 mm: x 8

SIMBOLOS ISO

En los ajustes ISO se añaden a la medida nominal unos símbolos (en vez de las diferencias). Las diferencias se secan de una tabla de ajustes (Pags. 84 ... 89)

Diferencias según tabla de ajustes en μ
 $1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm}$
 $= 20 \phi \pm 0.01$

Diferencias según tabla de ajustes en μ
 $1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm}$
 $= 20 \phi \pm 0.01$

Para los árboles se emplean letras minúsculas dispuestas en la parte superior y por encima de ϕ

Para los agujeros se emplean letras mayúsculas dispuestas en la parte superior y por encima de ϕ

Los NÚMEROS 1 ... 18 caracterizan la MAGNITUD DE LA TOLERANCIA. Esta magnitud es determinativa de la calidad.¹⁾

Los árboles representados exagerados

Calidad	1 ... 4 (muy fina)	5 ... 11 (fina a basta)	12 ... 16 (muy basta)
Aplicación	Construcción de calibres	Construcción de máquinas	Trabajo de laminación

Por ejemplo:

Calidad 2	Calidad 3	Calidad 4	Calidad 5	Calidad 6
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

en caso de AGUJERO UNICO

Los árboles llevan según la clase de ajustes (asientos), es decir según la posición de la tolerancia, distintos letras.

El agujero lleva la letra H

Diferencia inferior = cero
 Medida mínima = medida nominal

Los árboles por debajo de la h caracterizan ajustes de juego y por encima de h' ajustes de aprieto

en caso del ARBOL UNICO

Los agujeros llevan según la clase de ajuste (asiento), es decir, según la posición de la tolerancia, distintas letras.

Diferencia superior = cero
 Medida máxima = medida nominal

Los árboles por debajo de H caracterizan ajustes de juego y por encima de H' ajustes de aprieto

1) Según el proyecto DIN 7151 (enero 63) se prevén 20 series de tolerancias: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18.

AJUSTES ISO

Ajustes ISO

Conceptos fundamentales

Anotación en el dibujo

MEDIDA NOMINAL = Cero del dibujo o la cual se refieren las DIFERENCIAS. Indica la posición de la LINEA CERO.

DIFERENCIA INFERIOR = Diferencia entre la línea cero y la medida mínima.

DIFERENCIA SUPERIOR = Diferencia entre la línea cero y la medida máxima.

TOLERANCIA = Diferencia entre la medida máxima y la mínima.

MEDIDA REAL = Medida efectiva de la pieza acabada.

Arbol único

Para la misma medida nominal de agujero y árbol obtiene el AGUJERO siempre IGUAL DIAMETRO

Para las distintas clases de acoplamientos (asientos) se hace que el AGUJERO SEA MAYOR O MENOR

Ajuste de juego (DIN: Juego de adherencia, de arrastre, etc.)

Ajuste de aprieto (DIN: Juego amplio, ligero, de arrastre, etc.)

Arbol: Diferencia inferior = cero
Medida mínima = línea cero

Emplo en construcciones de máquinas, de automóviles y de locomotoras

Arbol: Diferencia superior = cero
Medida máxima = línea cero

Emplo en construcción de máquinas eléctricas, cojinetes de bolas y transmisiones

ANEXO G

TABLA DE TOLERANCIAS SUPERFICIALES

TABLAS

Nº127

ACABADOS SUPERFICIALES

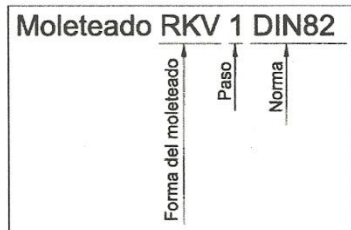
Valor rugosidad, R_a , μm	Nº Calidad	Definición aproximada del estado superficial
50	N12	Sin rebabas
25	N11	
12,5	N10	Desbastado, marcas apreciables a vista y tacto
6,3	N9	
3,2	N8	Fino, marcas visibles poco apreciables al tacto
1,6	N7	
0,8	N6	Muy fino, marcas ni visibles ni apreciables al tacto
0,4	N5	
0,2	N4	Superfino
0,1	N3	
0,05	N2	Superfino
0,025	N1	

INDICACIÓN DE DIRECCIÓN DE RUGOSIDAD

Gratismo	Interpretación
=	Paralelos al plano de la vista
⊥	Perpendiculares al plano de la vista
X	Cruzadas oblicuas respecto al plano
M	Multidireccional
C	Circular
R	Radial
P	Sin dirección

MOLETEADO

- RAA- con estrias paralelas al eje.
- RBL- a la izquierda.
- RBR- a la derecha
- RGE- derecha-izquierda puntas en relieve
- RGV - derecha-izquierda puntas en hondo.
- RKE- cruzado puntas en relieve.
- RKV - cruzado puntas en hondo





Otro proceso es la unión de partes sólidas por *soldadura*, en las que usualmente se tienen pequeñas áreas líquidas localizadas en las zonas de unión, a las que se les permite solidificar para producir una unión completa entre las partes sólidas. Existen otros procesos como el sinterizado, el electro erosionado, la galvanoplastia, etc.

Tabla 1.4:

RELACION ENTRE EL MECANIZADO Y LA RUGOSIDAD

Mecanizado	Rugosidad h_m (μ_m)													
	N1 0.025	N2 0.050	N3 0.100	N4 0.20	N5 0.40	N6 0.80	N7 1.16	N8 3.2	N9 6.3	N10 12.5	16	20	N11 25	N12
Rebarbado, Cizallado, corte a liana														
Torneado														
Fresado														
Limado														
Taladrado														
Cepillado														
Alesado														
Brochado														
Rectificado														
Brunido														
Superacabado (lapeado)														
Pulido especular														
Granallado														
Laminado en caliente														
Colado en arena														
Forjado														
Colado en coquilla														
Colado a presión														
Laminado, cilindrado, y trefilado en frío														
Extruido														
Electroerosion														

 Rugosidad mas frecuente
  Rugosidad menos frecuente

4.6.3.4 Las tolerancias geométricas no implican necesariamente el uso de ningún método particular de producción, medición o calibración.

4.6.3.5 Una tolerancia geométrica se aplica a la longitud o superficie total de un elemento, a menos que se especifique de otra manera.

4.6.3.6 Un elemento puede tener cualquier forma y tomar cualquier posición dentro de la zona de tolerancia especificada, excepto en caso que se impongan mayores restricciones.

4.6.3.7 El uso de un elemento de referencia requiere que el mismo tenga una exactitud adecuada de forma y posición y, por tanto, puede ser necesario especificar, en ciertos casos, tolerancias de forma para elementos de referencia.

En principio, los elementos de referencia deben escogerse en base a consideraciones sobre la función de la pieza, pero en algunos casos puede ser conveniente indicar la posición de ciertos puntos que formen un elemento de referencia temporal para propósitos de fabricación e inspección de componentes.

4.6.4 Símbolos.

4.6.4.1 Los símbolos de la Tabla 8 representan las características que deben ser controladas por las tolerancias geométricas.

TABLA 8. Símbolos de las tolerancias geométricas.

	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO
Forma de elementos geométricos individuales	Rectitud	—
	Planitud	
	Circularidad	○
	Cilindricidad	
	Perfil de una línea cualquiera	
	Perfil de una superficie cualquiera	
Orientación de elementos geométricos relacionados.	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	
	Angularidad	
Posición de elementos geométricos relacionados.	Posición	
	Concentricidad y coaxialidad	
	Simetría	
Alineación (run-out)		

ANEXO H

TRATAMIENTOS TÉRMICOS



Quito, 23 de junio de 2014

No. GTC-1207

CERTIFICADO

DE: COORDINADOR DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS
PARA: SR. Carlos Andrés Charro
ASUNTO: TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE

Por medio de la presente certificamos que el SR. Carlos Andrés Charro envió a realizar tratamiento térmico de distensionado, temple, revenido en nuestra planta a 02 piezas de acero BOHLER K100, con un peso de 5.5 kg.

El proceso fue realizado en horno de sales, enfriamiento en baño martempering, un revenido en horno de sales. La dureza obtenida luego de estos tratamientos es de 61 HRC.

Este trabajo fue realizado mediante Orden de trabajo ABE No. 18498 y despachado mediante factura 155023.

Los procedimientos del tratamiento de temple y su control de calidad se encuentran normados en los documentos: Procedimiento para tratamientos térmicos TT-PC-01 e Instructivo para control de calidad MT-IN-10, pertenecientes al Sistema de Gestión de Calidad de nuestra Organización.

El presente certificado es válido únicamente para las piezas detalladas en la orden de trabajo arriba mencionada.

Atentamente,



Marcelo Arturo S. S.
Coordinador de Tratamientos Térmicos
Aceros Bohler del Ecuador S. A.

Adjunto: copia de orden TT 18498



Grupo BÖHLER UDDEHOLM

TRATAMIENTOS TERMICOS

N° 0018498

ORDEN DE TEMPLE / RECOCIDO (UIO)

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
Resol. 194 Diciembre 10 - 1999

Fecha: _____

Nombre: _____ Dirección: _____ Telf.: _____

"Bien propiedad del Cliente" No. De piezas: _____ Peso (Kg): _____

Acero: _____ Tratamiento Temple Distensionado Recocido Dureza deseada: _____

Fecha de entrega: _____ Hora: _____ Observaciones: _____

Valor por kilo \$ _____ Subtotal \$ 25.19 Dcto. \$ _____ I.V.A. \$ _____ Total \$ 29.21

AVISO IMPORTANTE

Las piezas serán tratadas con el mayor cuidado y la técnica más moderna. En caso de reclamo, a efectuarse a más tardar dentro de los quince días posteriores a la fecha de entrega del trabajo, nuestra responsabilidad no será mayor al valor del servicio del tratamiento térmico, salvo con piezas aceptadas y cotizadas bajo garantía.

PIEZAS SIN GARANTIA No. _____ debido a: 1) las piezas tienen medidas y ajustes finales, 2) elevados valores de rugosidad por el mecanizado, 3) mecanizado asimétrico, piezas con ángulos vivos y aristas concentradores de tensiones, 4) piezas con cascarilla original de laminación, 5) acero o material desconocido, 6) piezas pequeñas difíciles de amarrar, 7) acero diferente al registrado en la orden de trabajo, 8) piezas de gran tamaño, longitud y espesores muy pequeños, 9) piezas soldadas, 10) piezas con recubrimientos electrolíticos como cromado, níquelado, galvanizado, 11) piezas que fueron sometidas a procesos de rectificación o mecanizado posterior al tratamiento térmico bajo condiciones no adecuadas, 12) aceros utilizados en aplicaciones diferentes para las que fueron diseñados.

"LA SUSCRIPCIÓN DE LA PRESENTE ORDEN POR EL CLIENTE IMPLICA LA ACEPTACIÓN PLENA DE LAS PRESENTES CONDICIONES DE TRABAJO"

MEDIO DE ENTREGA	
PLANTA ABE	<input checked="" type="checkbox"/>
TRANSPORTE INTERPROVINCIAL	<input type="checkbox"/>
ENTREGA LOCAL	<input type="checkbox"/>

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

FIRMA CLIENTE
ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

Dirección de entrega: _____ Fecha de entrega: 23 JUN 2016 Hora: _____

155023

ENTREGADO POR

Tratamiento	Horno	Temperatura	Tiempo de espera	ENFRIAMIENTO	Observ.	Control de calidad
RECOCIDO			100 min			
DISTENSIONADO	1	320/1h	30-9			
PRECALENTAR	1	500/1h	30-9			
TEMPLE	3	940/2h	100 min	200 h		63
REVENIDO	2	200/2h	13 min			61
2do REVENIDO						
3er REVENIDO						

REVISADO
REALIZADO EL PROCESO

PROCESO

CONTROL

TT-FO-03 V-3 01-06-07

Fecha de Control: _____ Hora: _____



Quito, 23 de junio de 2014

No. GTC-1206

CERTIFICADO

DE: COORDINADOR DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS
PARA: SR. Carlos Andrés Charro
ASUNTO: TRATAMIENTO TÉRMICO TEMPLE

Por medio de la presente certificamos que el SR. Carlos Andrés Charro envió a realizar tratamiento térmico de distensionado, temple, revenido en nuestra planta a 04 piezas de acero 705, con un peso de 3.4 kg.

El proceso fue realizado en horno de sales, enfriamiento en baño martempering, un revenido en horno de sales. La dureza obtenida luego de estos tratamientos es de 52 HRC.

Este trabajo fue realizado mediante Orden de trabajo ABE No. 18497 y despachado mediante factura 155023.

Los procedimientos del tratamiento de temple y su control de calidad se encuentran normados en los documentos: Procedimiento para tratamientos térmicos TT-PC-01 e Instructivo para control de calidad MT-IN-10, pertenecientes al Sistema de Gestión de Calidad de nuestra Organización.

El presente certificado es válido únicamente para las piezas detalladas en la orden de trabajo arriba mencionada.

Atentamente,

Marcelo Arturo S. i.
Coordinador de Tratamientos Térmicos
Aceros Bohler del Ecuador S. A.

Adjunto: copia de orden TT 18497



Grupo BÖHLER UDDEHOLM
TRATAMIENTOS TERMICOS
N° 0018497

ORDEN DE TEMPLE / RECOCIDO (UIO)

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
 Resol. 194 Diciembre 10 - 1999

Fecha: _____

Nombre: _____ Dirección: _____ Telf.: _____

"Bien propiedad del Cliente" No. De piezas: _____ Peso (Kg): _____

Acero: _____ Tratamiento Temple Distensionado Recocido Dureza deseada: _____

Fecha de entrega: _____ Hora: _____ Observaciones: _____

Valor por kilo \$ _____ Subtotal \$ _____ Dcto. \$ _____ I.V.A. \$ _____ Total \$ _____

AVISO IMPORTANTE

Las piezas serán tratadas con el mayor cuidado y la técnica más moderna. En caso de reclamo, a efectuarse a más tardar dentro de los quince días posteriores a la fecha de entrega del trabajo, nuestra responsabilidad no será mayor al valor del servicio del tratamiento térmico, salvo con piezas aceptadas y cotizadas bajo garantía.

PIEZAS SIN GARANTIA No. _____ debido a: 1) las piezas tienen medidas y ajustes finales, 2) elevados valores de rugosidad por el mecanizado, 3) mecanizado asimétrico, piezas con ángulos vivos y aristas concentradores de tensiones, 4) piezas con cascarilla original de laminación, 5) acero o material desconocido, 6) piezas pequeñas difíciles de amarrar, 7) acero diferente al registrado en la orden de trabajo, 8) piezas de gran tamaño, longitud y espesores muy pequeños, 9) piezas soldadas, 10) piezas con recubrimientos electrolíticos como cromado, níquelado, galvanizado, 11) piezas que fueron sometidas a procesos de rectificación o mecanizado posterior al tratamiento térmico bajo condiciones no adecuadas, 12) aceros utilizados en aplicaciones diferentes para las que fueron diseñados.

"LA SUSCRIPCIÓN DE LA PRESENTE ORDEN POR EL CLIENTE IMPLICA LA ACEPTACIÓN PLENA DE LAS PRESENTES CONDICIONES DE TRABAJO"

MEDIO DE ENTREGA	
PLANTA ABE	<input type="checkbox"/>
TRANSPORTE INTERPROVINCIAL	<input type="checkbox"/>
ENTREGA LOCAL	<input type="checkbox"/>

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

FIRMA CLIENTE
 ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

Dirección de entrega: _____ Fecha de entrega: _____ Hora: _____

155023

ENTREGA POR

Tratamiento	Horno	Temperatura	Tiempo de espera	ENFRIAMIENTO	Observ.	Control de calidad
RECOCIDO			200/24			
DISTENSIONADO		800/16	300/9			
PRECALENTAR		500/17	300/9			
TEMPLE		900/10	200/0			33
REVENIDO		200/17	140/16			50
2do REVENIDO						
3er REVENIDO						

NEV: 100
 REALIZADO EL PROCESO

[Signature]

[Signature]

PROCESO

CONTROL

TT-FO-03 V-3 01-06-07

Fecha de Control: _____ Hora: _____

ANEXO I

ELABORACION DE PLANOS DE CONJUNTO Y TALLER

ANEXO J

HOJAS DE PROCESOS