

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE
TENSORES AISLANTES EN POLIPROPILENO PARA CERCOS
ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA MULTIACCESORIOS MG”**

Autor: Luis Balladares

Tutor: Ing. Mg. Cristian Pérez

Ambato- Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del presente Proyecto Técnico previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE TENSORES AISLANTES EN POLIPROPILENO PARA CERCOS ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA MULTIACCESORIOS MG”**, ejecutado por el señor Luis Narciso Balladares Acosta egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO que el presente trabajo de investigación fue elaborado en su totalidad por el autor y ha sido concluido.

Ambato, 30 de Mayo de 2016

Ing. Mg. Cristian Pérez

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta bajo el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE TENSORES AISLANTES EN POLIPROPILENO PARA CERCOS ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA MULTIACCESORIOS MG”**, nos corresponde exclusivamente al Egresado Luis Narciso Balladares Acosta y del Ingeniero Cristian Pérez Tutor del trabajo de investigación.

Ambato, 30 de Mayo de 2016

Luis Narciso Balladares Acosta

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto Técnico, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 30 de Mayo de 2016

Luis Narciso Balladares Acosta

DEDICATORIA

“Buscar mi felicidad en la felicidad de los otros, mi dignidad en la dignidad de los que me rodean, ser libre en la libertad de los otros, tal es todo mi credo, la aspiración de toda mi vida”

M. Bakunin

Este trabajo se lo dedico a mis padres, hermanos y amigo, que con su ayuda he aprendido a salir de las adversidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por el apoyo que me han brindado siempre, por los valores que compartieron conmigo desde niño; a mis hermanos y amigos por su alegría.

A mis profesores que compartieron conmigo su conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XVI
RESUMEN EJECUTIVO	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII

CAPÍTULO 1

1.1 Tema.....	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos	2

CAPÍTULO 2

2.1 Investigaciones previas	3
2.2 Fundamentación teórica	3
2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes	3
2.2.2 Funciones del molde de inyección	5
2.2.3 Clasificación de moldes de inyección	6
2.2.4 Molde de dos placas.....	7
2.2.5 Materiales para moldes de Inyección.....	8
2.2.5.1 Aceros de cementación	9
2.2.5.2 Aceros de temple total.....	10
2.2.6 Materiales para elementos de accionamiento y montaje en molde	11
2.2.7 Clasificación de coladas y entradas	13
2.2.8 Tipos de sistemas de coladas y entradas frías más usuales.....	13
2.2.8.1 Entrada puntiforme o capilar.....	14
2.2.8.2 Colada de paraguas	14

2.2.8.3 Colada de disco	14
2.2.8.4 Entrada laminar o de cinta	15
2.2.8.5 Entrada de túnel o submarina.....	16
2.2.10 Extracción de la mazarota	18
2.2.11 Configuración de los canales de entrada y distribución.....	19
2.2.14 Propiedades del polipropileno.....	23
2.2.14.1 Comportamiento térmico	24
2.2.14.2 Fusión y fenómeno de transición vítrea	25
2.2.14.3 Contracción	26
2.2.15 Electro mecanizado	27
2.2.16 Control numérico por computadora (CNC)	31
2.2.16.1 Estructura de un programa CNC	32
2.2.16.2 Bloques condicionales.....	33
2.2.16.3 Códigos	33

CAPÍTULO 3

3.1 Estudios.....	35
3.2 Cálculos.....	37
3.2.1 Elementos iniciales	38
3.2.1.1 Descripción del producto	38
3.2.2 Dimensionamiento del producto	39
3.2.3 Asignación del material a inyectar	39
3.2.4 Determinación del porcentaje de contracción.....	40
3.2.5 Determinar tipo de molde:	40
3.2.5.1 Sistema de cierre (Plano de partición)	40
3.2.5.2 Volumen del producto.....	41
3.2.5.3 Determinación Número de cavidades según la máquina inyectora	41
3.2.5.4 Distribución de cavidades	42
3.2.5.5 Cálculo del número de cavidades en relación a la fuerza de cierre	42
3.2.5.6 Fuerza de cierre requerida en la máquina	43
3.2.6 Sistema de Colada.....	44
3.2.6.1 Configuración de los canales de entrada y distribución.....	44
3.2.6.2 Simulación del proceso de llenado.....	49
3.2.7 Sistema de regulación de temperatura	52
3.2.8 Sistema de extracción.....	54

3.2.9 Dimensionamiento de placas	55
3.2.9.1 Configuración de varillas expulsoras	60
3.2.10 Asignación del material	63
3.2.10.1 Simulación de esfuerzos en las partes constitutivas del molde.....	66
3.2.11 Determinación de velocidades de corte, avance, velocidad del husillo	77
3.2.11.1 Descripción del proceso de Cálculo.....	77
3.2.11.2 Determinación de valores de trabajo para la máquina CNC	79
3.2.12 Mecanizado del molde y ensamblaje.	85
3.2.12.1 Descripción del proceso de mecanizado	85
3.2.12.2 Tiempos de mecanizado.....	86
3.3 Descripción de Planos.....	90
3.4 Precio unitario.....	91
3.5 Medidas Ambientales.....	91
3.5.1 Las taladrinas usadas.....	91
3.5.2 Gestión del aceite industrial usado.....	92
3.5.3 Condiciones de recogida de las taladrinas usadas.....	93
3.5.4 Proceso de gestión.....	93
3.6 Presupuesto	94
3.7 Cronograma valorado de trabajo.....	96
3.8 Especificaciones Técnicas.....	97

CAPÍTULO 4

4.1. Conclusiones	99
4.2. Recomendaciones.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	102
Anexo A Características de la máquina Chen Hsong Ibérica EM150-SVP/2 B.....	105
Anexo B	106
Anexo B1 Fórmulas para el cálculo de parámetros de mecanizado	106
Anexo B2 Inserto PC3545 para mecanizado de acero.....	107
Anexo B3 Detalle Herramientas FMRS3000.....	108
Anexo B4 Velocidad de corte, avance y profundidad de corte	109
Anexo B5 Detalle Herramientas IPFE4000	110
Anexo B6 Condiciones de corte herramientas IPFE4000.....	112
Anexo B7 Detalle Herramientas IBE4000.....	113
Anexo B8 Condiciones de corte Herramientas IBE4000.....	115

Anexo B9 Parámetros de corte para cobre.....	116
Anexo B10 Detalle Herramientas IBE4000.....	119
Anexo C Refrigerante para diferentes tipos de mecanizado	120
Anexo D Imágenes.....	122
PLANOS	125
Glosario Técnico	141

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1 Aceros para piezas móviles y de montaje	12
Tabla 2. 2 Temperatura de elaboración y molde para algunas masas de inyección..	23
Tabla 2. 3 Propiedades físicas del polipropileno HOPELEN H1500	24
Tabla 2. 4 Temperatura de transición vítrea, fusión y descomposición de algunos termoplásticos.	25
Tabla 2. 5 Esquema del aspecto de la superficie de un acero electro erosionado.....	28

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 Valores de tensión de ruptura en materiales di eléctricos	37
Tabla 3. 2 Características del Polipropileno	39
Tabla 3. 3 Contracción de polímeros comunes	40
Tabla 3. 4 Peso y volumen del producto que se va a inyectar	41
Tabla 3. 5 Características de la máquina inyectora, Chen Hsong Ibérica.....	41
Tabla 3. 6 Valores orientativos para el dimensionado de mazarotas	45
Tabla 3. 7 Runner diameters for unfilled materials.....	46
Tabla 3. 8 Datos obtenidos de la simulación de inyección	51
Tabla 3. 9 Temperaturas de elaboración y del molde	52
Tabla 3. 10 Dimensiones de placas para el molde	59
Tabla 3. 11 Longitud guía aproximada para varillas expulsoras.	60
Tabla 3. 12 Material Expulsor Templado Forma “AP”	61
Tabla 3. 13 Material Expulsor Templado Forma “C”	61
Tabla 3. 14 Características expulsores	62
Tabla 3. 15 Dimensiones del bebedero	62
Tabla 3. 16 Características de los materiales disponibles para moldes.....	63
Tabla 3. 17 Composición química	64
Tabla 3. 18 Materiales de placas para el molde	64
Tabla 3. 19 Dimensiones Columna guía	65
Tabla 3. 20 Dimensiones Buje guía	66
Tabla 3. 21 Descripción de la herramienta de planeado.	79

Tabla 3. 22 Procesos de mecanizado placa porta cavidad inferior	80
Tabla 3. 23 Procesos de mecanizado placa porta cavidad superior	80
Tabla 3. 24 Procesos de mecanizado placa cavidad inferior.....	81
Tabla 3. 25 Procesos de mecanizado placa cavidad superior.....	81
Tabla 3. 26 Procesos de mecanizado placa respaldo inferior.....	82
Tabla 3. 27 Procesos de mecanizado placa respaldo superior	82
Tabla 3. 28 Procesos de mecanizado placas paralelas	83
Tabla 3. 29 Procesos de mecanizado placa expulsión.....	83
Tabla 3. 30 Procesos de mecanizado placa respaldo expulsión.....	84
Tabla 3. 31 Procesos de mecanizado electrodo tensor 01	84
Tabla 3. 32 Procesos de mecanizado placa electrodo tensor 02	85
Tabla 3. 33 Descripción tiempo de mecanizado Placa Porta Cavidad Superior.	86
Tabla 3. 34 Descripción tiempo de mecanizado Placa Porta Cavidad Superior.	86
Tabla 3. 35 Descripción tiempo de mecanizado Placa Cavidad Inferior	87
Tabla 3. 36 Descripción tiempo de mecanizado Placa Cavidad Superior.....	87
Tabla 3. 37 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Inferior.....	87
Tabla 3. 38 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Superior	88
Tabla 3. 39 Descripción tiempo de mecanizado Paralelas	88
Tabla 3. 40 Descripción tiempo de mecanizado Placa Expulsión	88
Tabla 3. 41 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Expulsión.....	88
Tabla 3. 42 Descripción tiempo de mecanizado Electrodo 01	89
Tabla 3. 43 Descripción tiempo de mecanizado Electrodo 02.....	89
Tabla 3. 44 Descripción de tiempos adicionales al mecanizado	89
Tabla 3. 45 Descripción de valores totales, para el cálculo del precio unitario	91
Tabla 3. 46 Descripción de Valores por unidad.....	91
Tabla 3. 47 Descripción Materiales, peso y costo.....	94
Tabla 3. 48 Descripción costo de accesorios para el molde.....	94
Tabla 3. 49 Costo total del molde	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Esquema para la construcción metódica y planificada de moldes.....	4
Figura 2. 2 Fases del ciclo de inyección	6
Figura 2. 3 Designación de las partes del molde.....	7
Figura 2. 4 Detalle de molde de dos placas.....	8
Figura 2. 5 Diagramas de temple para los tres tipos básicos de tratamiento térmico	10
Figura 2. 6 Colada cónica, con o sin barra.....	13
Figura 2. 7 Entrada puntiforme o capilar	14
Figura 2. 8 Colada de paraguas	14
Figura 2. 9 Colada de disco.....	15
Figura 2. 10 Entrada laminar o de cinta	15
Figura 2. 11 Entrada de túnel o submarina	16
Figura 2. 12 Superficie de contacto plana entre la boquilla y el manguito	17
Figura 2. 13 Superficie de contacto curva entre la boquilla y bebedero	17
Figura 2. 14 Configuraciones correcta y defectuosa de las superficies de contacto ..	18
Figura 2. 15 Configuraciones de expulsor de mazarota y canal de retención.....	19
Figura 2. 16 Típicas secciones de canal de distribución	20
Figura 2. 17 Distribuidor de estrella	21
Figura 2. 18 Distribuidor anular.....	21
Figura 2. 19 Distribuidor de hileras	21
Figura 2. 20 Representación esquemática de los tipos de desmoldeo.....	22
Figura 2. 21 Accionamiento de placas expulsora.....	22
Figura 2. 22 Volumen específico frente a la temperatura.	26
Figura 2. 23 Esquema de la impresión del electrodo- útil	27
Figura 2. 24 Esquema del aspecto de la superficie de un acero electro erosionado ..	28
Figura 2. 25 Principales variaciones de las características en elctroerosión.....	29
Figura 2. 26 Etapas de la electroerosión de una misma pieza.....	29
Figura 2. 27 Evolución de las características en función del tipo de electroerosión .	30
Figura 2. 28 Sobredimensionado de un electrodo de desbastar.	30

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Diagrama de proceso de fabricación de un molde de inyección	35
---	----

Figura 3. 2 Aplicación de tensores aislantes	36
Figura 3. 3 Tensor 01	38
Figura 3. 4 Tensor 02	38
Figura 3. 5 Dimensiones Tensor 01	39
Figura 3. 6 Dimensiones Tensor 02	39
Figura 3. 7 Área proyectada de cavidades y canales de llenado	43
Figura 3. 8 Diagrama para calcular la presión en el molde.....	44
Figura 3. 9 Retención para la mazarota.....	45
Figura 3. 10 Canal de estrangulamiento rectangular con canal de llenado.....	46
Figura 3. 11 Dimensiones para la distribución de cavidades	47
Figura 3. 12 Dimensiones de salidas de aire	49
Figura 3. 13 Confianza de llenado	49
Figura 3. 14 Tiempo de llenado	50
Figura 3. 15 Tiempo de enfriamiento (sin refrigeración).....	50
Figura 3. 16 Predicción de Calidad	51
Figura 3. 17 Canales de refrigeración	52
Figura 3. 18 Distribución de canales de Refrigeración.....	53
Figura 3. 19 Temperatura de la pieza.....	53
Figura 3. 20 Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión	54
Figura 3. 21 Distribución de expulsores en cada cavidad.....	55
Figura 3. 22 Partes constitutivas del molde de inyección	55
Figura 3. 23 Placa Cavidad Superior.....	56
Figura 3. 24 Placa Cavidad Inferior.	56
Figura 3. 25 Placa Porta cavidad Superior.	57
Figura 3. 26 Placa Porta cavidad Inferior.....	57
Figura 3. 27 Placa Expulsora	57
Figura 3. 28 Placa de respaldo Expulsora	58
Figura 3. 29 Placa Paralelas	58
Figura 3. 30 Placa Respaldo Superior.....	59
Figura 3. 31 Placa Respaldo Inferior.....	59
Figura 3. 32 Dimensiones máximas del molde	60
Figura 3. 33 Expulsor Nitruado Pulido Forma “AP”	61
Figura 3. 34 Expulsor Nitruado Forma “C”	61

Figura 3. 35 Bebedero	62
Figura 3. 36 Columna Guía.....	65
Figura 3. 37 Buje Guía	66
Figura 3. 38 Esfuerzos en las placas de cavidad y porta cavidad inferior	67
Figura 3. 39 Desplazamientos en las placas de cavidad y Porta Cavidad Inferior.....	67
Figura 3. 40 Factor de seguridad Placa porta cavidad inferior	68
Figura 3. 41 Factor de seguridad Placa Cavidad Inferior y porta cavidad inferior....	68
Figura 3. 42 Factor de Carga (Fatiga) Placa Cavidad Inferior	68
Figura 3. 43 Vida Total (Fatiga) Placa Cavidad Inferior	69
Figura 3. 44 Esfuerzos en placas de cavidad y porta cavidad superior	69
Figura 3. 45 Tensiones y desplazamientos Placa Cavidad y Porta Cavidad Superior	70
Figura 3. 46 Factor de seguridad Porta Cavidad Superior	70
Figura 3. 47 Factor de seguridad Placa Cavidad Superior	70
Figura 3. 48 Factor de Carga (fatiga) Placa Porta Cavidad Superior.....	71
Figura 3. 49 Vida total (fatiga) Placa Porta Cavidad Superior	71
Figura 3. 50 Esfuerzos máximos en Placa Paralela.....	72
Figura 3. 51 Factor de seguridad Placa Paralela	72
Figura 3. 52 Vida total (fatiga) placa paralela.....	73
Figura 3. 53 Factor de carga (fatiga) Placa Paralela	73
Figura 3. 54 Esfuerzos placa de respaldo superior.....	74
Figura 3. 55 Factor de seguridad Placa de Respaldo Superior.....	74
Figura 3. 56 Factor de carga (fatiga) placa respaldo superior.....	74
Figura 3. 57 Vida total (fatiga) Placa de Respaldo Superior.....	75
Figura 3. 58 Esfuerzos máximos Placas de expulsión	75
Figura 3. 59 Factor de seguridad placa de expulsión.....	76
Figura 3. 60 Factor de seguridad placa respaldo expulsión	76
Figura 3. 61 Desplazamientos placas de expulsión.....	76
Figura 3. 62 Factor de carga (fatiga) Placas de expulsión	77
Figura 3. 63 Vida total (fatiga) Placas de Expulsión	77
Figura 3. 64 Profundidad y ancho de corte	78
Figura 3. 65 Herramienta para planeado de placas	79
Figura 3. 66 Localizador de centros.....	86

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 01 Tensor 01.....	126
Plano 02 Tensor 02.....	127
Plano 03 Ensamblaje Molde Tensores	128
Plano 04 Molde Lado de Inyección	129
Plano 05 Base Cavidad Superior.....	130
Plano 06 Placa de Respaldo Superior.....	131
Plano 07 Cavidad Superior.....	132
Plano 08 Molde Lado de Expulsión	133
Plano 09 Base Cavidad Inferior	134
Plano 10 Tabla Agujeros Cavidad Inferior	135
Plano 11 Cavidad Inferior	136
Plano 12 Placa Paralela	137
Plano 13 Placa Expulsión	138
Plano 14 Placa de Respaldo Expulsión	139
Plano 15 Placa de Respaldo Inferior	140

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto inicia debido a la necesidad de la empresa MULTIACCESORIOS “MG” de producir y comercializar de tensores aislantes para cercos eléctricos.

Las características y dimensiones del producto fueron propuestas por la empresa, según un prototipo facilitado por ellos, para el diseño del molde se utilizaron las medidas del prototipo, el material a inyectar que en este caso fue polipropileno para el cual se tomó un porcentaje de contracción del 2%, con estos datos se calcularon el número de cavidades adecuado para el molde tomando en cuenta la capacidad de la máquina inyectora que tiene disponible la empresa, con estos datos se obtuvo un molde de 8 cavidades, tras hacer la simulación de inyección se dieron las dimensiones al molde y se asignaron materiales a las placas, teniendo para las placas de cavidad el acero M238 de Böhler, y para las placas porta molde acero AISI 1020.

Las placas de cavidad y complementarias se fabricaron en el taller de la empresa MULTIACCESORIOS “MG”, con la ayuda de un software para generar los códigos para la máquina CNC, y las herramientas adecuadas para cada proceso, teniendo presente los parámetros de corte para cada una de estas, posterior al mecanizado las placas de cavidad fueron sometidas a un tratamiento superficial.

Antes de inyectar el producto se debe colocar los tornillos en las cavidades del molde estos se sujetan con imanes, la inyección se realizó de forma perpendicular al plano de cierre del molde desde la parte fija del mismo, la refrigeración del molde se la realizó con agua, la expulsión del producto se lo hizo de forma mecánica utilizando columnas expulsoras cilíndricas.

INTRODUCCIÓN

El diseño de moldes de inyección puede tener un gran número de condicionantes, por la geometría del elemento que queremos inyectar; pueden ser de dos o de tres placas, utilizando elementos desmontables de forma manual, placas deslizantes accionadas de forma mecánica con la ayuda de resortes o guías. El sistema de expulsión del producto se puede realizar por placas o por columnas expulsoras cilíndricas, cuadradas, rectangulares; en el lado móvil o fijo del molde de inyección, si se lo hace en la parte fija necesitamos un mecanismo adicional que accione el sistema de expulsión.

Para el diseño del molde de inyección se debe tomar en cuenta el número de piezas que queremos obtener como producción, la capacidad de la máquina inyectora, el material a inyectar, el volumen del producto, con estos parámetros se determinan el porcentaje de contracción del material, el número de cavidades del molde según la capacidad de inyección de la máquina, las dimensiones del molde se determinan tomando en cuenta las dimensiones del producto, número de cavidades, la distribución de las cavidades, las dimensiones entre columnas de la máquina y la capacidad mínima y máxima de apertura de la parte móvil.

Después del dimensionamiento general se selecciona el material de las placas de cavidades, este depende del material que se quiere inyectar y de las características del producto, en el Ecuador, existen varios distribuidores de aceros especiales para moldes entre los más importantes están Böhler e Iván Bohman.

Para la construcción del molde debido a las exigencias de mecanizado, y al avance de la tecnología se utiliza sistemas CAD- CAM, que facilita este proceso, garantizando que los elementos mecanizados no sobrepasen las tolerancias indicadas para su fabricación.

CAPÍTULO 1

1.1 Tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE TENSORES AISLANTES EN POLIPROPILENO PARA CERCOS ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA MULTIACCESORIOS MG”

1.2 Justificación

Debido al crecimiento de la producción de artículos plásticos a nivel nacional [1]; es indispensable el desarrollo de herramientas afines a este sector, como son los moldes y así minimizar el costo de producción de los mismos.

Por la complejidad de los elementos y superficies que se deben maquinar recurrimos a recursos tecnológicos, que nos facilitan su diseño y posteriormente su construcción, con el fin de mejorar la calidad de los productos inyectados, y un menor tiempo en la elaboración del molde de inyección. Por lo tanto la utilización de tecnología CAD-CAM y maquinaria CNC es necesaria.

El desarrollo de este proyecto está enfocado a mejorar la calidad de los tensores aislantes para cercos eléctricos, y tener una mayor producción. La empresa MULTIACCESORIOS MG que es nueva pretende abrirse campo en la producción de artículos plásticos, una de las piezas fundamentales es la elaboración de moldes de inyección dentro de la empresa y así minimizar costos; anteriormente la empresa recurría a ayuda externa para el diseño de los moldes de inyección, lo que traía algunos problemas en el desarrollo de los mismo.

Se tienen disponibles recursos para cada proceso en la elaboración del molde, para el modelado se utiliza un software CAD y tecnología CAM para su construcción, los materiales y máquinas facilitados por la empresa por lo tanto el proyecto es totalmente factible.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Elaborar un molde de inyección de Tensores aislantes en polipropileno para cercos eléctricos.

1.3.2 Específicos

- Determinar los parámetros necesarios para diseñar el molde de inyección de Tensores en polipropileno.
- Establecer cuál será el tipo apropiado de molde y el sistema de expulsión, en base a la geometría de los Tensores aislantes.
- Analizar el diseño del molde y la inyección mediante elementos finitos utilizando un software.
- Definir los parámetros de corte y herramientas para mecanizado.

CAPÍTULO 2

2.1 Investigaciones previas

En la Facultad de Mecánica de la Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, en el año 2009, Daniel Alejandro Andino y Mayra Alejandra Paucar, realizaron el “Diseño y construcción de un molde para tapas de cilindro de gas de uso doméstico por inyección plástica”, obteniendo un molde de 6 cavidades que se fabricó con maquinaria CNC en la empresa AUPLATEC, Para el diseño de cavidades se concluyó que el número de las mismas va en función del costo de fabricación del molde, el número de piezas a producir (Demanda) y por la capacidad de inyección de la maquina disponible.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato, el señor Paul Alejandro Barriga Realizo el “Estudio de un molde de Inyección asistido por sistemas CAD/CAM y CNC y su incidencia en la producción de asientos de plástico para el bus tipo EN de la empresa FABRIAMERICANA del cantón Ambato provincia de Tungurahua”, en el año 2014; obteniendo tres moldes de dos cavidades cada uno, para las partes que constituyen el asiento. Se concluyó que para el diseño de moldes es indispensable adaptarse al artículo que debe moldearse, al material y a la máquina inyectora. Es importante tener datos adecuados acerca del material plástico con el que se va inyectar, ya que algunos de los parámetros importantes, como densidad, contracción, espesores de pared, temperaturas de moldeo y desmolde, ángulo de desmolde, dependen de las características que éste tenga.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes [2]

La figura 2.1 representa un procedimiento metódico y planificado de moldes de inyección. Para la construcción y dimensionado de piezas de inyección y sus correspondientes moldes se utilizan cada vez con mayor frecuencia el método de elementos finitos (FEM), así como procedimientos de cálculo como Cadform, Cadmould, Moldflow. Con estos métodos se pueden reducir el tiempo de desarrollo y los costos, así como optimizar la funcionalidad de las piezas.

Solo cuando se han determinado la pieza a inyectar y todas las exigencias que influyen en el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción definitiva de este.

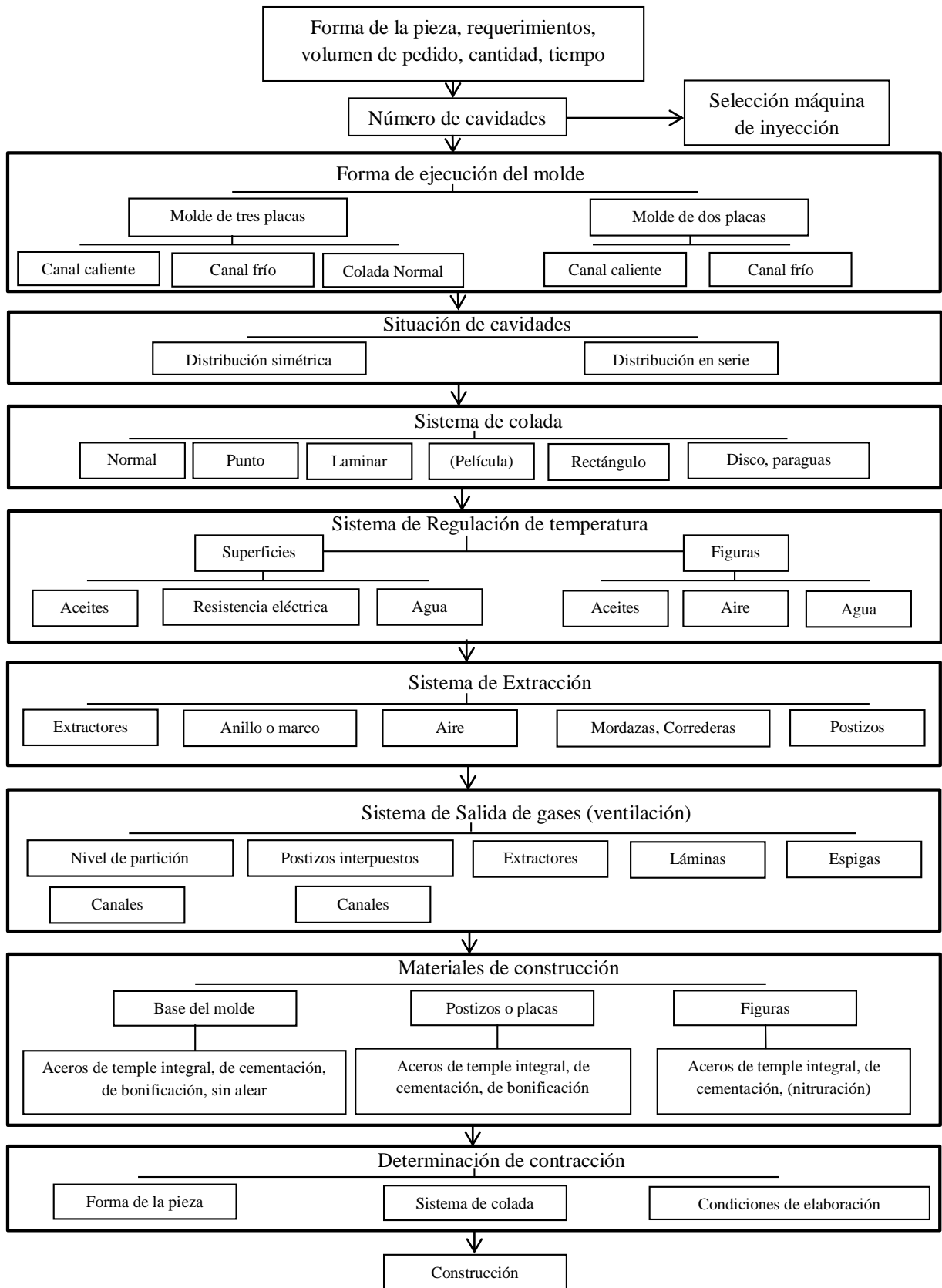


Figura 2. 1 Esquema para la construcción metódica y planificada de moldes de inyección.

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 1

2.2.2 Funciones del molde de inyección [3]

En el proceso de inyección tiene lugar la fusión por el calor (plastificación) de la masa de moldeo; ésta se conduce hacia el molde, a través de los canales de conexión, bajo la acción de una fuerza de extrusión (presión), generalmente muy elevada, que actúa desde el cilindro de plastificación. La cavidad del molde tiene la forma del objeto a fabricar; en ella se produce el moldeo y el enfriamiento de la masa, hasta que ésta alcanza un estado suficientemente estable e indeformable para poder desmoldarla. Las funciones del molde consisten, en:

- Recibir la masa plástica
- Distribuir la
- Darle forma
- Enfriarla y pasarla a estado sólido
- Extraer la pieza

En el caso más sencillo pero también el más frecuente el molde consta de dos mitades, que por lo general se fijan directamente sobre los platos porta molde de la máquina de inyección. Estos dos elementos básicos, la mitad del molde lado inyector (parte fija) y la mitad lado del extractor (parte móvil), aparecen en todo molde, independientemente de su forma de construcción. Tras el proceso de llenado y solidificación, el molde se abre por el plano de partición quedando generalmente la pieza y la mazarota adheridas a la mitad móvil del molde. Al continuar el proceso de apertura la parte posterior entra en contacto con un perno fijo de la máquina iniciándose enseguida el proceso de desmoldeo. El tope del extractor acciona el mecanismo de expulsión el cual desplaza la pieza y la mazarota, separándolas de la parte móvil del molde. Solo al efectuarse el movimiento de cierre se produce la recuperación del mecanismo extractor, bien por las llamadas espigas de retroceso o bien mediante un resorte. Finalizado el movimiento de cierre el mecanismo de extracción está en su posición final. Mediante una boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre este y el cilindro de inyección, con lo que se puede empezar de nuevo el proceso de llenado. Según el tipo de máquina un husillo o un pistón impulsan a elevada presión la masa plastificada hacia la cavidad del molde. Finalizado el proceso de llenado se mantiene todavía durante cierto tiempo una presión residual, la cual sirve para compensar la contracción en volumen mediante una nueva aportación de material. Con el inicio de llenado del molde empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material se ha solidificado para formar una pieza de forma estable. El periodo de refrigeración termina al efectuar el desmoldeo, en la figura 2.2 se representa esquemáticamente el proceso de inyección.

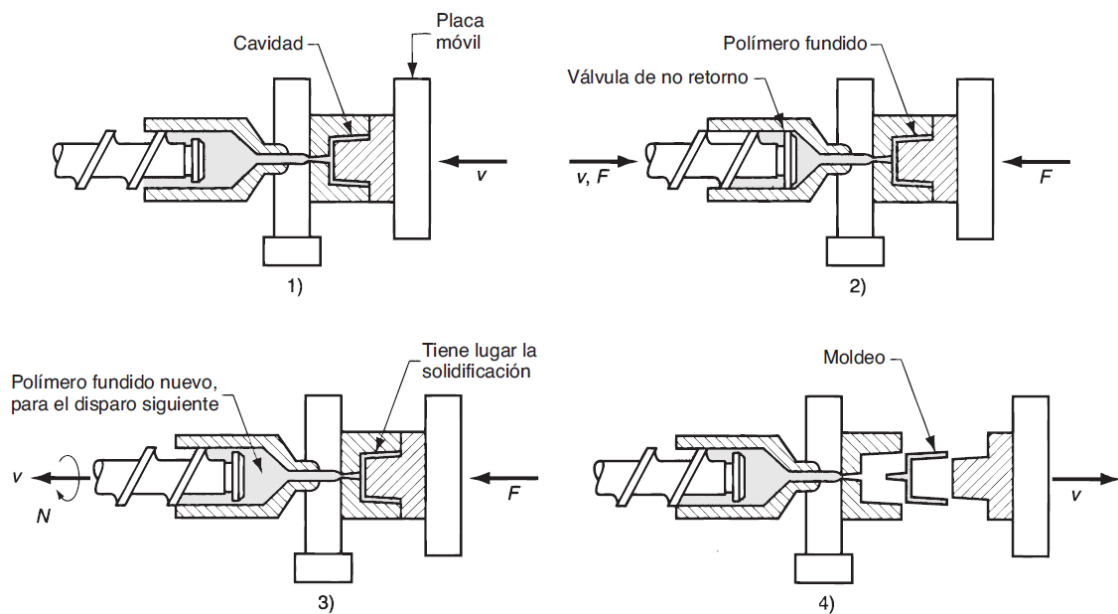


Figura 2. 2 Fases del ciclo de inyección

Fuente: [4] M. Groover, (2007), pág. 278

2.2.3 Clasificación de moldes de inyección

La clasificación de los moldes de inyección se rige lógicamente por las características principales de construcción y función. Estas son:

- El tipo de colada y su separación
- El tipo de expulsión de las piezas inyectadas
- La existencia o no de contrasalidas exteriores en la pieza a inyectar
- El tipo de desmoldeo

La norma DIN E 16 750 “Moldes de inyección para materiales plásticos” contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- Molde estándar (molde de dos placas)
- Molde de mordazas (molde de correderas)
- Molde de extracción por segmentos
- Molde de tres placas
- Molde de pisos (molde sándwich)
- Molde de canal caliente

Análogamente a los moldes de canal caliente para la inyección de materiales termoplásticos existen moldes de canal frío para la inyección sin colada de materiales termoestables.

Partes constitutivas del molde de inyección

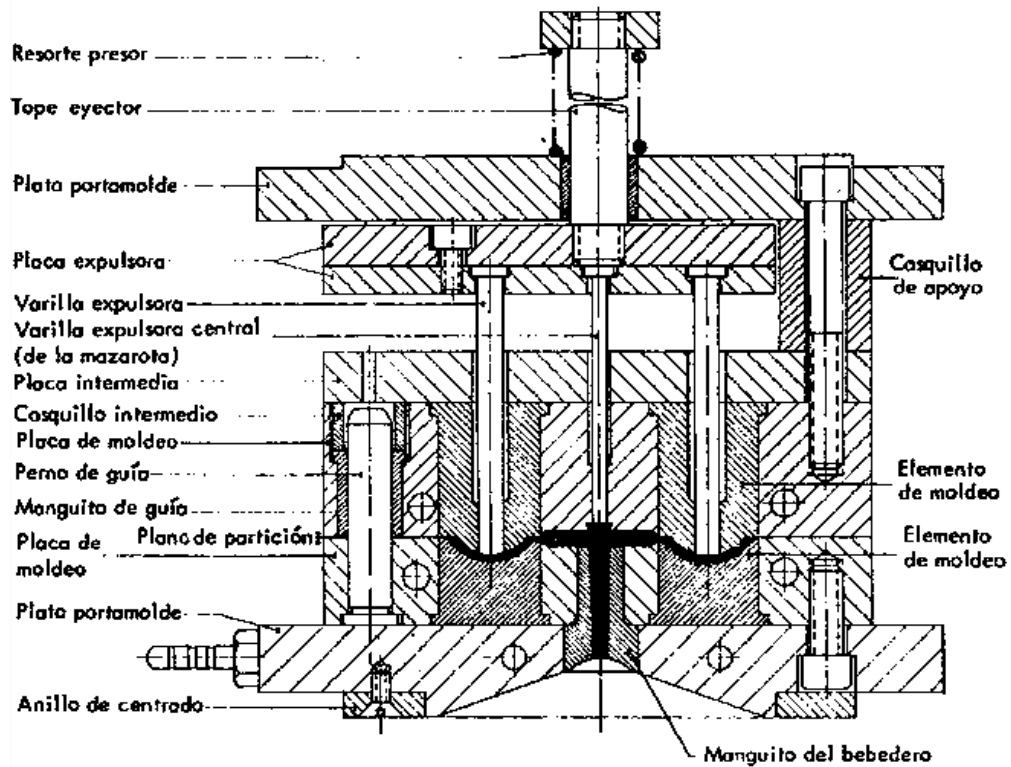


Figura 2. 3 Designación de las partes del molde.

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 45

2.2.4 Molde de dos placas

Las cavidades del molde están ensambladas a una placa y sujetas a otra placa; con el bebedero centrado en la cavidad estacionaria del molde, permite un sistema de canales directos para moldes multi- cavidad o inyección directa en el centro en moldes de cavidad individual. La parte móvil del molde normalmente tiene un mecanismo de expulsión y el sistema de canales, este es el diseño básico para moldes de inyección y todos los demás diseños se derivan de este diseño fundamental como se ve en la figura 2.4.

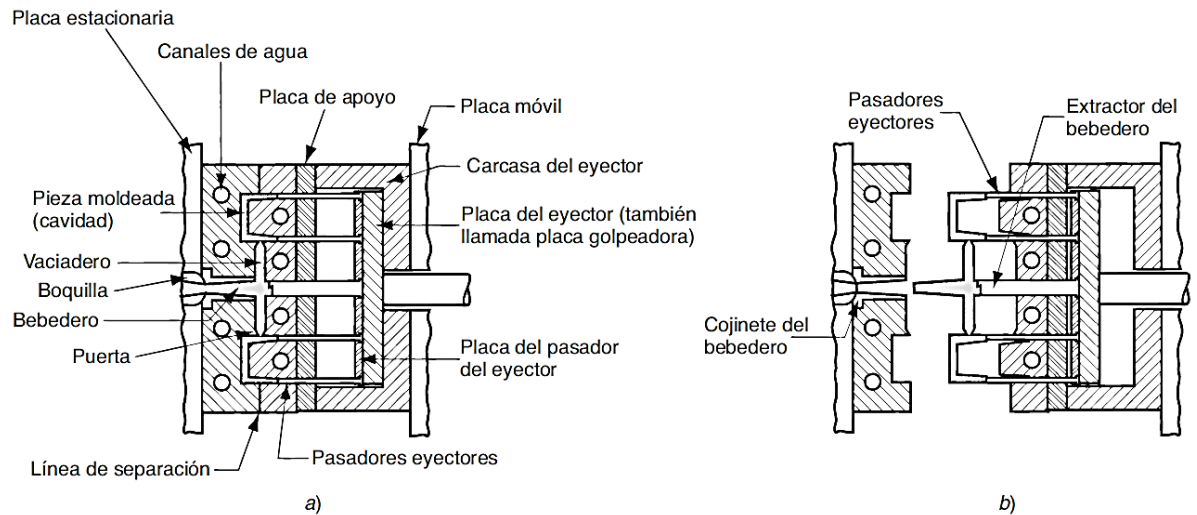


Figura 2. 4 Detalle de molde de dos placas, a) cerrado, b) Abierto.

Fuente: Autor

2.2.5 Materiales para moldes de Inyección [2], [3]

Las exigencias que debe satisfacer un acero para la construcción de moldes destinados al moldeo por inyección proceden por una parte, de las condiciones impuestas a la pieza terminada y por otra parte a los que se ve sometido el molde.

- Buenas condiciones para su elaboración (mecanibilidad, templabilidad)
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión
- Aptitud para el pulido
- Suficiente resistencia a la tracción y tenacidad
- Tratamiento térmico sencillo
- Deformación reducida
- Buena conductividad térmica
- Buena resiliencia
- Resistencia a los ataques químicos

Se comprende que un acero no puede presentar todas estas propiedades, por ello antes de fabricar un molde, es preciso dilucidar las propiedades indispensables impuestas por su aplicabilidad, estas pueden estimarse según los cuatro puntos de vista siguientes:

- Tipo de masa de molde a elaborar (exigencias relativas a corrosión, abrasión, conductividad térmica y viscosidad)
- Tipo y magnitud del esfuerzo mecánico previsible (tamaño de la cavidad, presión de inyección, variaciones de forma en el molde presión residual necesaria)

- Método de obtención de vaciado del bloque (arranque de viruta, estampado en frío, erosión)
- Tratamiento térmico necesario, con sus correspondientes variaciones de dimensiones

De acuerdo con estas consideraciones, se procederá a la elección del acero apropiado entre la gama que ofrece el suministrador.

Los aceros pueden clasificarse en:

- Aceros de cementación
- Aceros de temple total
- Aceros bonificados para el empleo en estado de suministro
- Aceros resistentes a la corrosión
- Aceros de nitruración
- Aceros de segunda fusión

2.2.5.1 Aceros de cementación [2], [3]

Son los que reúnen las condiciones que más se acercan a las exigidas a un molde para la construcción de moldes. La ventaja particular de estos aceros consiste en que por cementación o carburación se origina una superficie dura como el vidrio y simultáneamente un núcleo resistente y tenaz. La elevada dureza superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión, y el núcleo tenaz le hace resistente a los esfuerzos alternativos y bruscos.

Estas propiedades se obtienen al usar aceros de bajo contenido de carbono ($C \leq 0.3\%$) en un medio que aporte carbono, sosteniendo una temperatura comprendida entre 900 y 1000 °C el carbono se difunde en la superficie de la pieza. La profundidad de la cementación depende de la temperatura y la duración del proceso. El contenido de carbono de las zonas externas pueden alcanzar hasta un 0.8%, con tiempos largos de cementación (varios días) se consigue una profundidad aproximada de 2mm. Las temperaturas excesivamente elevadas y un tiempo de calentamiento excesivo son perjudiciales para el acero, ya que la estructura se hace muy basta y dificulta el posterior tratamiento de bonificación, se distinguen tres tipos de tratamiento térmico:

- El temple directo
- El temple simple
- El temple doble

La figura 2.5 muestra diagramas de temple para los tres tipos de tratamientos.

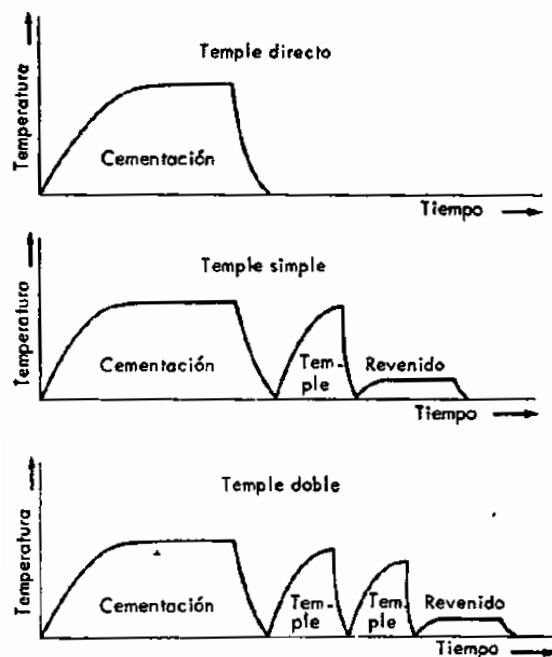


Figura 2. 5 Diagramas de temple para los tres tipos básicos de tratamiento térmico

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 20

2.2.5.2 Aceros de temple total [2], [3]

En los aceros de temple total se produce el aumento de dureza por formación de martensita, debido al rápido enfriamiento que sucede después del calentamiento, las características mecánicas que pueden alcanzarse por este procedimiento depende del agente refrigerante y de la velocidad de enfriamiento. Como agentes de enfriamiento se emplean agua, aceite o aire.

Los moldes fabricados con aceros templados tienen una buena resistencia a la abrasión como consecuencia de su elevada dureza, sin embargo son más sensibles a la formación de grietas y a la deformación en comparación con los moldes de cementación o bonificados debido a su menor tenacidad. Por esta razón estos son usados por lo general para pequeños moldes o elementos planos de los mismos.

Aceros bonificados para el empleo en estado de suministro

El bonificado es un tratamiento térmico para conseguir aceros de alta tenacidad con una resistencia mecánica determinada. El tratamiento se lleva a cabo templando la pieza y calentándola posteriormente a una temperatura de 300 a 700 °C, según los requerimientos. El posterior temple se puede suprimir, así evitando las deformaciones y las grietas originadas por el mismo.

Aceros resistentes a la corrosión [2], [3]

Con algunos polímeros elevados se desprenden, durante la elaboración productos químicamente agresivos, por lo general se protegen los moldes mediante revestimientos galvánicos, como capas de cromo duro o de níquel. Sin embargo estos revestimientos protectores son solamente de eficacia duradera cuando se consiguen superficies uniformes, y se evitan cantos agudos en el molde.

Al no poder garantizar estos requerimientos se utilizan aceros con bajo contenido de carbono y combinados, como mínimo con un 12% de cromo. Se debe evitar de forma estricta la nitruración de estos aceros, ya que disminuye su propiedad de resistencia a la corrosión.

Aceros de nitruración [2], [3]

Los aceros de nitruración se suministran recocidos, por ello pueden mecanizarse por arranque de virutas sin dificultades, su especial ventaja consiste en que tras el tratamiento térmico, se obtienen moldes sin tensiones, de gran tenacidad con elevada dureza superficial y resistencia a la corrosión mejorada, normalmente no cabe esperar una deformación de los moldes durante la nitruración.

Aceros de segunda fusión [2], [3]

La calidad de una pieza inyectada depende fuertemente de la calidad superficial del molde. Esto es especialmente válido para piezas obtenidas a base de masas transparentes (vidrios para gafas, lentes). La calidad de la superficie de un molde es más elevada cuanto mejor pueda pulirse el acero. La capacidad de pulido depende de la pureza del acero, depende del porcentaje de inclusiones que se encuentran en el acero (óxidos, sulfuros, silicatos). Estas inclusiones pueden evitarse en los aceros de segunda fusión obtenidos en hornos de inducción a alto vacío o en hornos de arco eléctrico.

2.2.6 Materiales para elementos de accionamiento y montaje en molde de inyección [2]

Además de las piezas del molde que entran en contacto con el plástico o materiales de moldeo, son precisas para la construcción de un molde una serie de piezas sometidas también a esfuerzos mayores o menores. Estas son, en particular los eyectores, columnas y manguitos guía, placas de fijación, placas intermedias, placas para acoger los materiales de moldeo, expulsores, placas intermedias, bridas de centrado etc. Con ayuda de los mismos pueden fabricarse moldes completos por el sistema de unidades normalizadas, ya que el realizador solo debe efectuar su montaje particular, en la tabla 2.1 se muestran materiales recomendados para cada aplicación.

Tabla 2. 1 Aceros para piezas móviles y de montaje

Campo de aplicación	Denominación DIN 17006	N° de material DIN 17007	Material	Propiedades Mecánicas
Varillas expulsoras	115CrV3	1.221	Acero de herramientas para trabajo en frío	Temple y revenido a 60- 63 HRC
	120WV4	1.2516	Acero de herramientas para trabajo en frío	Temple y revenido a 62- 65 HRC
	C110W2	1.1650	Acero de herramientas sin alear	Temple y revenido a 63- 65 HRC
	X40CrMoV51	1.2344	Acero de herramientas para trabajo en Caliente	Recocido suave a 240 HB
Vástagos de guía, Pernos guía, gatillos, Manguitos de centrado, cuñas de ajuste	C110W1	1.1550	Acero de herramientas sin alear	Temple y revenido a 55- 62 HRC
	16MnCr5	1.2161	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras temple por cementación 58 HRC
	105WCr6	1.2419	Acero de herramientas para trabajo en frío	Temple y revenido a 60- 62 HRC
	55NiCrMoV6	1.2713	Acero de herramientas para trabajo en Caliente	Recocido normal y revenido a 80-95 kp/mm2
	C15	1.0401	Acero de Cementación	Temple y revenido a 60- 62 HRC
	C45	1.0503	Acero Bonificado	Recocido suave a 206 HB
Placas de fijación, intermedias, expulsoras, placas para alojar los elementos de moldeo	Ck22	1.1151	Acero de construcción sin alear	Recocido normal y revenido a 40-50 kp/mm2
	Ck35	1.1181	Acero de construcción sin alear	Recocido normal y revenido a 50-60 kp/mm2
	Ck45	1.1191	Acero de construcción sin alear	Recocido normal y revenido a 60-70 kp/mm2
	Ck60	1.1221	Acero de construcción sin alear	Recocido normal y revenido a 80-90 kp/mm2
	C45W3	1.1730	Acero de herramientas sin alear	Temple y revenido a 50- 57 HRC
	55NiCrMoV6	1.2713	Acero de herramientas para trabajo en Caliente	Recocido normal y revenido a 80-95 kp/mm2
	21MnCr45	1.2162	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras temple por cementación 60 HRC
Platinas de Centrado	St50	1.0530	Acero de fusión sin alear	Resistencia 50-60 kp/mm2
Manguitos de bebedero	St70	1.1666	Acero de fusión sin alear	Resistencia 70-85 kp/mm3
	14NiCr14	1.2735	Acero de herramientas para trabajo en frío	Dureza superficial tras temple por cementación 60 HRC
	56NiCrMoV7	1.2714	Acero de herramientas para trabajo en Caliente	Recocido suave a 250HB

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 35

2.2.7 Clasificación de coladas y entradas

Sistemas de colada fría

Según DIN 24 250 se diferencia entre:

- Colada, como componente de la pieza inyectada, pero que no forma parte de la pieza propiamente dicha.
- Canal de colada, definido desde el punto de introducción de la masa plastificada en el molde hasta la entrada.
- Entrada, como sección del canal de colada en el punto donde se une con la cavidad del molde.

El camino del material hasta la cavidad debería ser lo más corto posible para, entre otras cosas, minimizar las pérdidas de presión y de calor. El tipo de ejecución y la situación de la colada/sección de entrada tienen mucha importancia respecto a:

- Fabricación económica,
- Propiedades de las piezas inyectadas,
- Tolerancias,
- Uniones,
- Tensiones propias del material, etc.

2.2.8 Tipos de sistemas de coladas y entradas frías más usuales [3]

Colada cónica, con o sin barra

Se aplica por lo general para piezas de espesores de pared relativamente grueso, y también para la transformación de materiales de elevada viscosidad en condiciones térmicamente desfavorables. La barra ha de separarse después del desmoldeo de la pieza (figura 2.6).

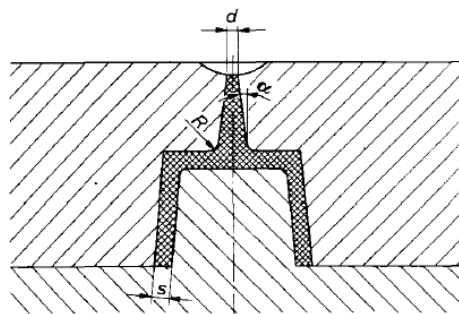


Figura 2. 6 Colada cónica, con o sin barra

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.8.1 Entrada puntiforme o capilar

La colada de sección puntiforme (figura 2.7) se separa de forma automática. Si molestan los pequeños restos de esta sección, “d” puede tener la forma de una pequeña cavidad lenticular en la superficie de la propia pieza. Para la expulsión automática de una colada cónica con sección puntiforme se utilizan las boquillas neumáticas de uso general.

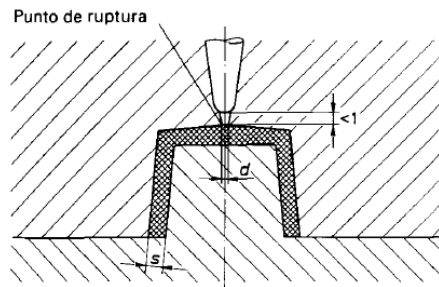


Figura 2. 7 Entrada puntiforme o capilar

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.8.2 Colada de paraguas

Es adecuada para la fabricación de cojinetes de fricción, con una precisión de redondez elevada, evitando además al máximo la existencia de líneas de unión, como se muestra en la figura 2.8

Las desventajas son el apoyo unilateral del noyó central y la necesidad de operaciones de mecanizado para eliminar la colada.

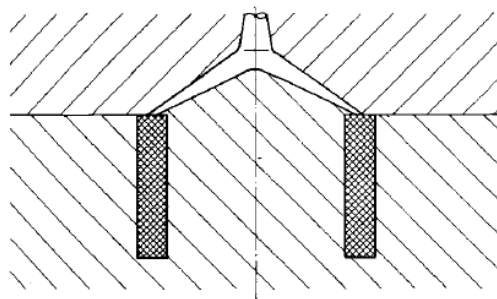


Figura 2. 8 Colada de paraguas

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.8.3 Colada de disco

Aquí se unen preferentemente piezas cilíndricas por el interior, sin líneas de unión residuales (figura 2.9). En el caso de material fibroso de refuerzo (por ejemplo fibras

de vidrio), la colada de disco puede favorecer la tendencia a la contracción. La colada se elimina después del moldeo.

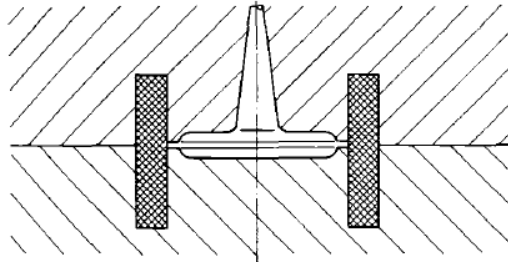


Figura 2. 9 Colada de disco

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.8.4 Entrada laminar o de cinta

Para fabricar piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión es aconsejable la entrada en forma de cinta (figura 2.10). Con una anchura igual a la de la pieza, este tipo de entrada origina una distribución del frente de la colada. Un cierto adelantamiento del material líquido en el sector de la colada de la barra se puede compensar con la corrección de la sección de entrada. Pero en casos de moldes sencillos la entrada está situada fuera del eje de gravedad de la pieza, lo que puede conducir a un desgaste del molde y formación de cascarilla. La lámina de entrada es cizallada generalmente, por lo que no impide una fabricación automática.

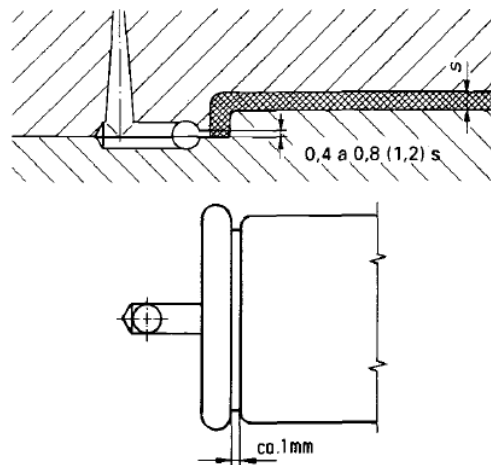


Figura 2. 10 Entrada laminar o de cinta

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.8.5 Entrada de túnel o submarina

Según la disposición, la entrada es separada de la colada al abrir el molde o por medio de una arista cortante en el momento de expulsar la pieza. La entrada del túnel es adecuada para la inyección lateral de las piezas como se muestra en la figura 2.11. Sin tener en cuenta los posibles problemas por obturación precoz, la entrada del túnel permita secciones muy pequeñas, y con ello se consiguen marcas residuales casi invisibles sobre la pieza.

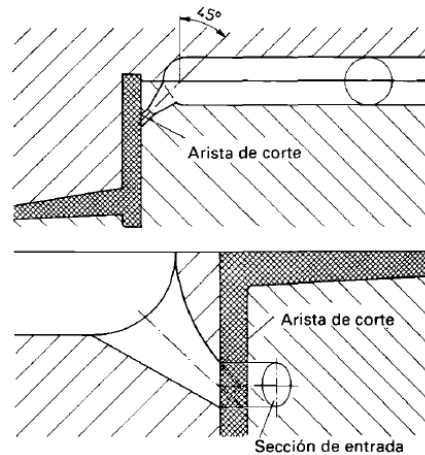


Figura 2. 11 Entrada de túnel o submarina

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 3

2.2.9 Cono de entrada

En los moldes simples, el sistema de alimentación está constituido muchas veces únicamente por el canal cónico de entrada, prescindiéndole así de los canales de distribución y de estrangulamiento. Este canal único se llama bebedero cónico o mazarota cónica. Para su configuración se aplican las mismas condiciones que para el canal de entrada, por lo que en adelante trataremos conjuntamente el canal de entrada y el bebedero cónico o mazarota.

La boquilla de inyección del cilindro de plastificación se apoya directamente sobre el bebedero al cerrar la máquina de molde, estableciendo una junta de presión entre inyector y el molde (manguito del bebedero). Ello representa una elevada carga local para el molde; por tal razón, es conveniente fabricar el manguito del bebedero en acero templado, previniéndose la posibilidad de sustituirlo cuando se deteriora o desgasta el orificio exterior.

Las superficies de contacto entre la boquilla y el manguito del bebedero pueden ser de diversos tipos, distinguiéndose las superficies de contacto planas y las curvadas.

Las superficies planas se emplean relativamente poco en la práctica (figura 2.12), porque exigen una mayor presión en el cierre; existe la excepción de los moldes de canal caliente, para los que se prefiere este tipo debido al desplazamiento que ocasiona la dilatación térmica.

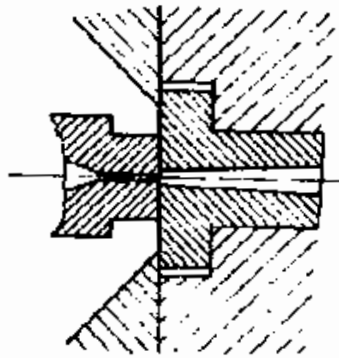


Figura 2.12 Superficie de contacto plana entre la boquilla y el manguito

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 59

Para que la boquilla quede bien centrada sobre el orificio de entrada, la superficie del manguito del bebedero suele tener una concavidad que permite acomodar la punta esférica de la boquilla (fig. 2.13). Se tiene aquí una superficie en contacto curva (cazoleta). Para el dimensionado de esta cazoleta se aplican, con las denominaciones de la figura 2.13, las siguientes condiciones:

$$R_D + 1 \leq R_A \text{ [mm]} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$d_D + 1 \leq d_A \text{ [mm]} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

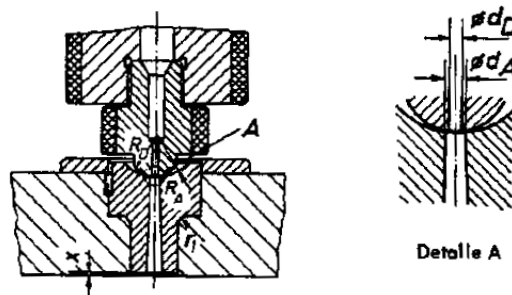


Figura 2.13 Superficie de contacto curva entre la boquilla y el manguito de bebedero

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 59

En las expresiones 2.1 y 2.2 [3] tenemos: R_D significa el radio de curvatura del extremo de la boquilla; R_A , el radio de la concavidad de bebedero; d_D , el diámetro del orificio de la boquilla, y d_A , el diámetro del orificio del bebedero.

De no cumplirse estas condiciones se producen un contacto defectuoso que deteriora el perfil de la cazoleta tal como se muestra en la figura 2.14; ello dificulta el desmoldeo de la mazarota al solidificar el material o bien da lugar a que la boquilla no cierre herméticamente.

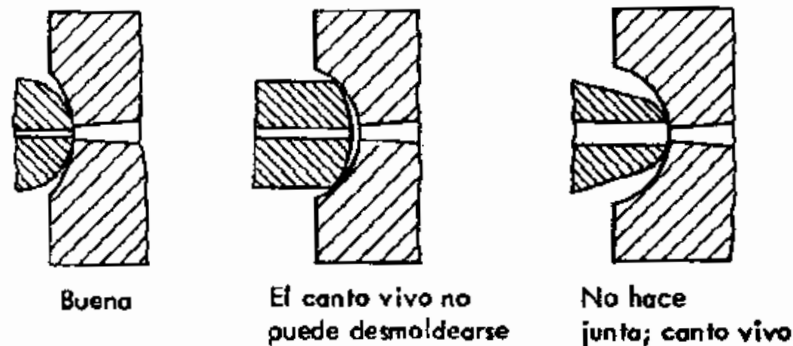


Figura 2. 14 Configuraciones correcta y defectuosa de las superficies de contacto

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 60

Las dos condiciones citadas para las superficies de contacto determinan, junto con la conicidad de 4° , el dimensionado del manguito del bebedero. La figura 2.13 muestra un manguito en contacto con una boquilla de inyección. Para las diversas magnitudes de los elementos se aplican los siguientes valores experimentales:

El manguito del bebedero ha de tener, en un molde normal una altura de 20mm; el canal de este manguito se incrementa a base de una conicidad de 4° como máximo, de fuera hacia dentro, es decir, desde la boquilla hacia el interior.

Lógicamente, pueden variarse estos valores. Sin embargo, el alargamiento del manguito del bebedero depende de la geometría de la pieza (tipo de estrangulación y dilatación). El diámetro viene determinado por la geometría de la pieza (espesor, tamaño).

2.2.10 Extracción de la mazarota

El canal de llenado ha de ser cónico y tener las eventuales estrías en forma longitudinal para evitar rugosidades perjudiciales. Al abrir el molde la mazarota quedara como prolongación respecto al canal del bebedero, o bien saldrá junto a la pieza por el lado del molde correspondiente al eyector, la mazarota ha de salir sin dificultades, para esto se utilizan casquillos de retención en la parte móvil del molde (figura 2.15).

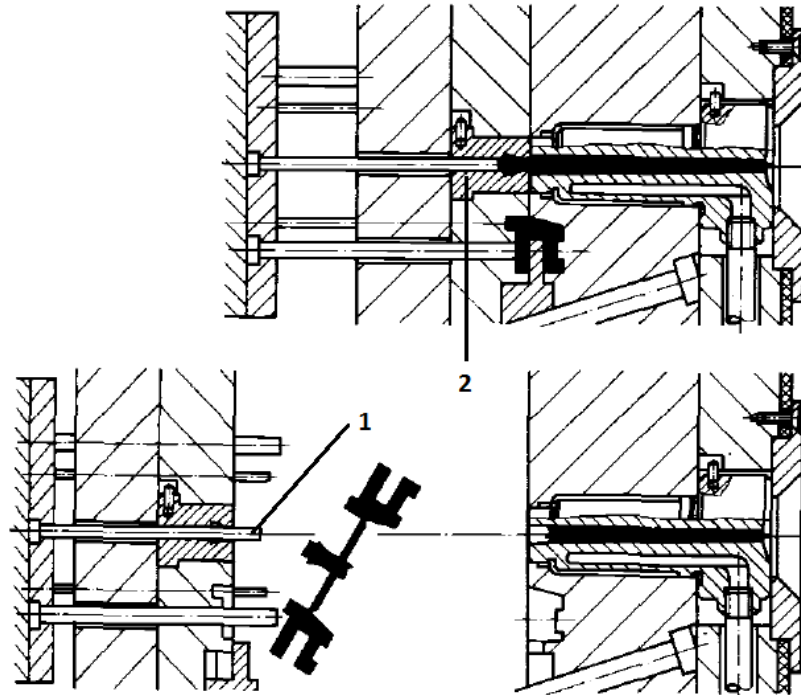


Figura 2. 15 Configuraciones de expulsor de mazarota y canal de retención (1. Expulsor de mazarota, 2. Casquillo de retención de mazarota)

Fuente: [2] H. Gastrow, (1992), pág. 15

2.2.11 Configuración de los canales de entrada y distribución.

Tipo de mazarota y canales u orificios de entrada

Canales de distribución

Cuando se inyectan materiales abrasivos, la arista de corte está sometida a un mayor desgaste, lo cual conduce a problemas de separación de la colada. Los canales de distribución se han de construir de la forma más recta posible, evitando cualquier recodo innecesario, para conseguir que, independientemente de la situación, las cavidades de un molde múltiple se llenen de forma simultánea y homogénea (suponiendo que las cavidades son idénticas) y que las cavidades dispongan de un mismo tiempo de conformación.

Los canales de distribución constituyen la parte del sistema de llenado que en los moldes múltiples o con desvío de flujo une las cavidades del molde con el cono de entrada. Tienen la misión de que el material penetre en todas las cavidades simultáneamente y a igual presión y temperatura. En la figura 2.16 se muestra las secciones de canales más comunes.

Se recomienda canales totalmente circulares ya que tienen una mínima relación superficie- volumen, que minimiza la pérdida de calor y la caída de presión.

Se escogerá un canal de tipo circular por estas características y además la construcción no es tan complicada con la ayuda de los centros de mecanizado.

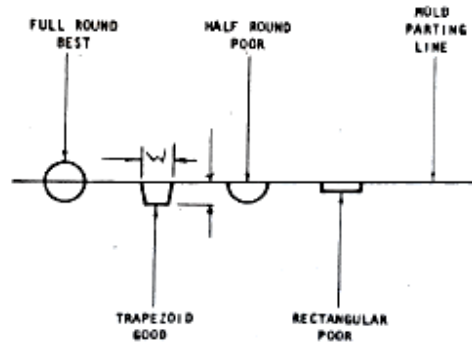


Figura 2. 16 Típicas secciones de canal de distribución

Fuente: [10] H. Dubois, (1990), pág. 406

En los moldes múltiples, los canales distribuidores tienen también la misión de conseguir que todas las cavidades se llenen simultáneamente y uniformemente. De producirse retrasos en el llenado de unas partes respecto a otras, la presión residual solo actúa a su debido tiempo en determinadas cavidades, y en el resto se produce prematuramente o demasiado tarde. El modo más sencillo de conseguir un llenado simultáneo consiste, lógicamente, en hacer de igual longitud todas las vías de flujo hacia las cavidades, y en no modificar los canales de distribución y de estrangulamiento. Para obtener vías de flujo iguales, lo mejor es disponer las cavidades en círculo alrededor del punto central del bebedero; en tal caso, el sistema de distribución suele llamarse “de araña” o bien de “estrella”. Una forma especial de este sistema es el canal anular; la masa plástica procedente del bebedero llega primeramente a un distribuidor principal en forma de anillo, el cual va conectado a las diversas cavidades mediante canales secundarios, las figuras 2.17 y 2.18 muestran algunas posibilidades de ordenación de los canales distribuidores.

Si no es posible una distribución semejante, se emplea el llamado distribuidor “de hileras”. En la figura 2.19 se muestra este tipo de distribución que consta con un canal principal y diversos canales secundarios que terminan en el canal de estrangulamiento. Aunque se adoptan secciones distintas para el canal principal y los secundarios, puede ocurrir que las cavidades se llenen en forma desfasada debido a las diferentes caídas de presión. Por esta razón, en la práctica, se hacen primero muy pequeños canales de estrangulamiento que unen el canal de alimentación con la cavidad del molde y, posteriormente, en las inyecciones de ensayo, se van ensanchando hasta que todas las cavidades se llenen simultáneamente.

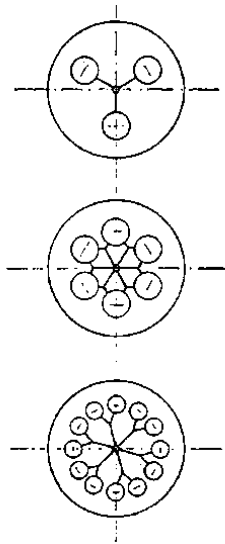


Figura 2. 17 Distribuidor de estrella

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 66

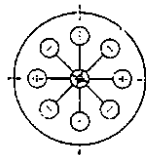


Figura 2. 18 Distribuidor anular

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 66

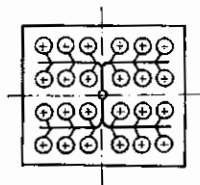


Figura 2. 19 Distribuidor de hileras

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 66

2.2.12 Accionamiento de pacas expulsoras

El movimiento de placas expulsoras acciona los eyectores, este desplazamiento puede conseguirse de diversos modos, en la figura 2.20, se representan esquemáticamente cuatro formas distintas de desmoldeo:

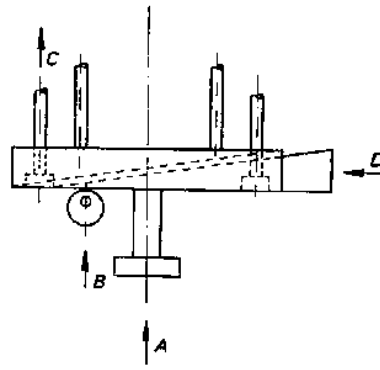


Figura 2. 20 Representación esquemática de los tipos de desmoldeo

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 148

- A. Por presión en la dirección de desmoldeo.
- B. Por presión en la excéntrica del desmoldeo.
- C. Por tracción en la dirección de desmoldeo.
- D. Por tracción perpendicular a la dirección de desmoldeo.

Por presión en la dirección de desmoldeo (A): la paca expulsora se desplaza cuando el perno choca con un tope fijo de la máquina de inyección durante el proceso de apertura del molde

La máquina utiliza una barra que tiene un movimiento longitudinal en dirección de desmoldeo, este empujara la placa de expulsión como se muestra en la figura 2.21, para el retroceso de la placa se utilizan resortes, o

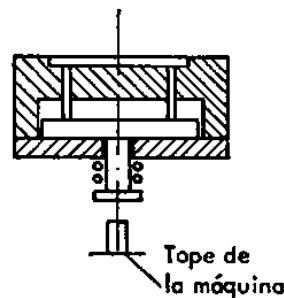


Figura 2. 21 Accionamiento de placas expulsora por presión en la dirección de desmoldeo

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 148

2.2.13 Enfriamiento adecuado del molde

El enfriamiento es de gran importancia muchas veces no se toma en cuenta al realizar el diseño del molde, la construcción debe hacerse siguiendo el llamado principio del cono, es decir, que la pieza ha de enfriarse uniformemente, partiendo del borde exterior hacia el punto de colada. La mazarota no ha de solidificarse demasiado pronto para que la presión residual actúe durante el tiempo suficiente.

Al elegir la temperatura se tomaran en cuenta las exigencias económicas y técnicas de producción, las temperaturas elevadas producen:

- Buenas superficies (brillo)
- Buena fluidez
- Reducido grado de orientación y pocas tensiones propias.
- Poca contracción posterior

Pero para esto se necesitan largos tiempos de enfriamiento; al contrario existen ventajas económicas al reducir los tiempos de enfriamiento pero abundantes desventajas en la calidad del producto.

Tabla 2. 2 Temperatura de elaboración y del molde para algunas masas de inyección

Material	Temperatura de elaboración [°C]	Temperatura de molde [°C]
Poliétileno de baja densidad	170- 250	0- 70
Poliétileno de alta densidad	220- 320	0- 70
Poliestireno normal	200- 250	30- 60
Poliestireno anti choque	200- 250	30- 60
Poliamida 6	240- 290	60- 100
Policarbonato	280- 310	85- 120
Copolímero acetal	180- 230	70- 130
Cloruro de polivinilo blando	180	20-80
Cloruro de polivinilo duro	160- 190	20-80
Polipropileno	180- 280	0-80
Acetato de celulosa	80- 230	40- 8
Acetobutirato de celulosa	180- 220	40- 80
Propiato d celulosa	180- 220	40- 80
Acrinolitriilo- estireno- butadieno	180- 240	50- 80

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 108

2.2.14 Propiedades del polipropileno

Características

- Ligero
- Resistente al calor
- Dureza
- Brillo superficial
- Resistencia a las manchas
- Rigidez
- Capacidad para formar una unión integral
- Procesabilidad
- Resistencia química
- Estabilidad dimensional

Resistencia a la distorsión térmica, excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fatiga; químicamente inerte, relativamente barato, poca resistencia a la radiación ultravioleta.

Tabla 2. 3 Propiedades físicas del polipropileno Homopolímero HOPELEN H1500

Propiedades Físicas			
Propiedad	Valor Nominal	Unidades	Método de evaluación
Físicas			
Índice de Fluidez	12	g/10min	ISO 1133
Densidad	0.9	g/cm ³	ISO 118
Mecánicas			
Esfuerzo a tracción	32	MPa	ISO 527-1
Deformación por tracción	>100 %		ISO 527-1
Módulo de flexión	1180	Mpa	ISO 178
Impacto			
Resistencia al impacto Izod con ranura (23 C)	25	J/m	ISO 180
Resistencia al impacto Izod con ranura (-10 C)	20	J/m	ISO 180
Térmicas			
Temperatura de deflexión térmica	95	°C	ISO 75-1

Fuente: katecresinas.com.br/.../Lotte-PP-HOMO-H1500.pdf, Lotte Chemical (2013)

2.2.14.1 Comportamiento térmico

Todos los polímero, termoplásticos y termoestables, experimentan a una cierta temperatura, T_g (temperatura de transición vítrea), una notable disminución de su módulo elástico (que puede medirse con DMA, o analizador dinámico mecánico). Este cambio va asociado a una transformación interna en estado sólido, que se manifiesta como un cambio en su capacidad calorífica (que puede medirse con DSC, o calorimetría diferencial de barrido); igualmente, esta temperatura marca un cambio en el coeficiente de expansión térmico (medible mediante TMA, o analizador termo mecánico). El fenómeno anterior está asociado a movimientos colectivos en las zonas amorfas del polímero.

En un modelo mecanicista de la macromolécula puede imaginarse el polímero como un conjunto de barras articuladas, que puede tomar distintas geometrías (cambios conformacionales), manteniendo las distancias entre extremos. A bajas temperaturas, la energía cinética de los átomos es insuficiente para provocar movimientos colectivos (cambios conformacionales), y el polímero esta rígido, inmovilizado, al alcanzarse la temperatura vítrea, el polímero puede moverse entre varias geometrías posibles, lo que le hace ser más elástico, y ocupar un mayor volumen.

Estos cambios conformacionales solo se pueden producir en la zona amorfa del polímero, ya que en la zona cristalina, si la hubiera, los segmentos de cadena adoptan una posición precisa unos respecto de otros, impidiendo cualquier cambio conformacional. La disgregación de estas zonas cristalinas, cuando existen, se produce a la temperatura de fusión T_f cuando la energía de agitación térmica sobrepasa a la energía de los enlaces secundarios entre cadenas, colocados a una distancia definida por los parámetros de cristal.

La temperatura de fusión es siempre superior a la temperatura vítrea (típicamente, $T_{\text{fusion}} = 1.5- 2$ veces T_g , expresadas ambas en K), ya que la energía requerida para la disgregación total del cristal es mayor que la que se precisa para provocar un cambio conformacional de un segmento de cadena de la zona amorfa, mucho menos restringido en sus movimientos por las moléculas vecinas que los segmentos situados en la zona cristalina.

Si continúa aumentando la temperatura, se llega a la temperatura de descomposición, T_d , cuando la agitación térmica rompe enlaces primarios, degradando el polímero de una manera irreversible; a diferencia de las fuerzas intermoleculares, los enlaces primarios no son regenerables.

Tabla 2. 4 Temperatura de transición vítrea, fusión de algunos polímeros.

Temperatura de transición		
Material	T_g (°C)	T_f (°C)
Nailon 6,6	57	265
Policarbonato	150	265
Poliéster	73	265
Polietileno de alta densidad	-90	137
Polietileno de baja densidad	-110	115
Polimetacrilato	105	-
Polipropileno	-14	176
Poliestireno	100	239
Politetrafluoroetileno	-90	327
Cloruro de polivinilo	87	212

Fuente: [5] S. Kalpakjian, (2008), pág. 201

2.2.14.2 Fusión y fenómeno de transición vítrea

La temperatura de fusión y la de transición vítrea de un polímero se determina como en el caso de los materiales cerámicos a partir de la gráfica del volumen específico frente a la temperatura como se muestra en la figura 2.22, en la cual las curvas A y C se refieren, respectivamente a polímeros amorfos y cristalinos. En los materiales cristalinos aparece un cambio de volumen específico a la temperatura de fusión T_m . Los materiales completamente amorfos presentan variación continua de volumen específico al fundir; pero al enfriarse, la pendiente de la curva experimenta una ligera

disminución cuando alcanza la temperatura de transición vítrea T_g , por debajo T_g el material se considera un sólido amorfo; por encima de T_g es un sólido elástico y luego un líquido viscoso.

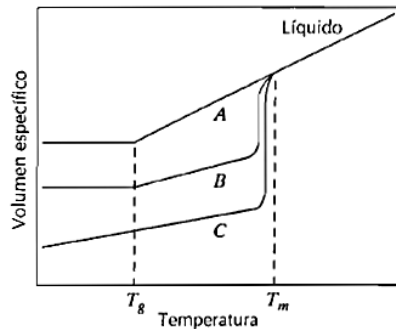


Figura 2. 22 Volumen específico frente a la temperatura (enfriando el polímero fundido en estado líquido), para un polímero totalmente amorfo (curva A), un polímero semicristalino (curva B) y un polímero cristalino (curva C). T_g y T_m son propiedades características de las fases cristalina y amorfa. Por regla general, T_g es del orden de $2/3 T_m$ en unidades de temperatura absoluta.

Fuente: [6] W. Callister (2007), pág. 498

Los polímeros semicristalinos (curva B) tienen un comportamiento intermedio, y presentan tanto temperatura de fusión como de transición vítrea

2.2.14.3 Contracción

Se denomina contracción a la diferencia porcentual entre las dimensiones del molde y las de la pieza, a la temperatura ambiente. La contracción es distinta según el tipo de plástico y depende de la forma del artículo a fabricar y de las condiciones de producción.

Por una parte, se originan variaciones de medidas en virtud de la contracción volumétrica producida por la solidificación, siempre que no queden compensadas por la presión residual; por otra parte, la pieza se dilata durante el enfriamiento posterior del molde. Así, se producen diferencias según que la contracción sea libre o sea obstaculizada.

La contracción puede definirse también como la diferencia entre las medidas de la pieza desmoldada y enfriada a la temperatura ambiente y las dimensiones del molde.

La contracción lineal, s_1 se muestra en la ecuación 2.3 [3].

$$s_1 = \frac{l_W - l}{l_W} = 1 - \frac{l}{l_W} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Para la contracción volumétrica, s_v tenemos la ecuación 2.4 [3]

$$s_1 = \frac{V_W - V}{V_W} = 1 - \frac{V}{V_W} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Dónde:

L: Dimensión de la pieza a temperatura ambiente.

L_w : Dimensión del molde a la temperatura ambiente

V: Volumen de la cavidad a temperatura ambiente.

V_w : Volumen de la pieza a temperatura ambiente

2.2.15 Electro mecanizado

La disolución selectiva de la pieza y electro a mecanizar se puede realizar de las dos maneras distintas que se muestran a continuación:

1. Introduciendo un líquido dieléctrico en la cuba, en cuyas condiciones, al aplicar una fuerza electromotriz entre los electrodos, saltan chispas o arcos, que previamente se orientan adecuadamente, las cuales suelen durar entre milésimas y millonésimas de segundo, tiempo suficiente para producir la fusión local en la superficie de la pieza. El mecanizado electro- erosivo mediante chispa es más preciso que el obtenido mediante arco (figura 2.23). Esto es en síntesis, el fundamento del mecanizado por electroerosión propiamente dicho (electric- discharge machining: EDM)
2. Introduciendo un líquido electrolítico en la cuba, la pieza a electro mecanizar se coloca en el electrodo que actúa de ánodo, y el ánodo se disuelve iónicamente. Es el fundamento del propiamente denominado mecanizado electroquímico (electro- mechanical machining: ECM)

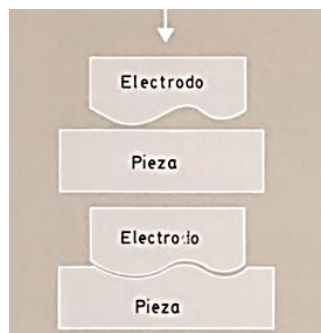


Figura 2. 23 Esquema de la impresión del electrodo- útil en la preforma o pieza a mecanizar, ocasionada por la descarga o por la densidad de corriente.

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 15

El volumen del cráter que se forma en la pieza depende de la energía (voltaje y amperaje) de la descarga (chispa o arco), naturaleza del metal de la pieza, del electrodo- útil y del líquido iónico. La cantidad de ánodo disuelta electroquímicamente depende de la tensión, de la densidad de corriente, de las naturalezas del ánodo y del cátodo y del electrolito.

Superficie electro erosionada

La superficie de las piezas electro erosionadas queda con aspecto ligeramente mate, aspecto parecido al que ofrecen las piezas chorreadas, esta característica es debida al singular procedimiento que utiliza la electroerosión para eliminar metal en la pieza a mecanizar: donde quedan como diminutos cráteres (figura 2.24).



Figura 2. 24 Esquema del aspecto de la superficie de un acero electro erosionado

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 26

En la Tabla 2.5 se muestran densidades de corriente recomendadas para evitar un excesivo desgaste del electrodo a la vez que se logra un aceptable mecanizado de la pieza a electro erosionar.

Tabla 2. 5 Esquema del aspecto de la superficie de un acero electro erosionado

Material		Densidad de corriente A/cm^2
Electrodo	Pieza	Superficie activa electrodo $< 15 cm^2$
Cobre +	Acero	8 + 15
Grafito +	Acero	8 + 12
Grafito -	Acero	6 + 8
Tungsteno-cobre +	Acero	5 + 7
Tungsteno-cobre -	Carburo de tungsteno	15

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 29

Parámetros característicos de las chispas

- Amplitud máxima de corriente de descarga.
- Duración del impulso.
- Tiempo de reposo o relación crítica.
- Tensión eléctrica de trabajo

La variación de las principales características tecnológicas están en función de los parámetros de ajuste de las chispas; observar la figura 2.25.

Características tecnológicas	Parámetros para ajustar	Duración de impulsos t_i	Amplitud máxima de corriente de descarga i_e	Tiempo de reposo t_o
	Arranque de metal V_w			
Desgaste relativo volumétrico del electrodo V_v				
Rugosidad de la pieza mecanizada R_a o R_f				No hay influencia
Valor del gap o zona de chispeo				No hay influencia

Aumenta pero después disminuye

Figura 2. 25 Principales variaciones de las características tecnológicas en función de los parámetros de ajuste característicos de las chispas

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 31

2.2.15.1 Técnica

El mecanizado por electroerosión tiene tres etapas completamente definidas: desbaste, semiacabado y acabado o pulido, figura 2.26. En la primera etapa de la energía de las chispas es mayor que en la tercera. Lo mismo ocurre con la velocidad de arranque de material de la pieza a mecanizar, de la rugosidad de la misma y de la distancia del intervalo pieza-electrodo. En cambio, lo que ocurre al pasar del desbaste al pulido, es el desgaste del electrodo-útil, figura 2.27.

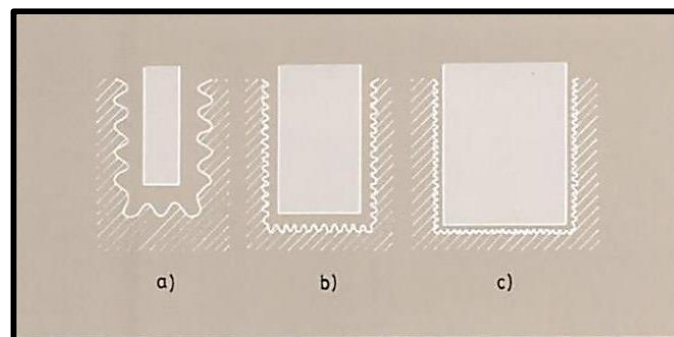


Figura 2. 26 Etapas de la electroerosión de una misma pieza: a) Desbaste; b) Semiacabado; c) Acabado

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 31

Regímenes	Desbaste	Semiacabado	Acabado
Energía de las chispas	→		
Arranque de metal	→		
Rugosidad de la pieza mecanizada	→		
Desgaste relativo al electrodo	←		
Zona de chispeo o gap	→		
	Aumenta		Disminuye

Figura 2. 27 Evolución de las características en función del tipo de electroerosión aplicada

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 32

Para determinar las dimensiones del electrodo de desbastar (figura 2.28) se tiene en cuenta la distancia que lo separa, una vez en funcionamiento, de la forma final:

$$x_d = g_d + s_d \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde g_d es la distancia electrodo-pieza en curso de mecanizado y s_d el estado de superespesor de materia dejada después del desbaste y que debe eliminarse en el pulido

En la etapa final del pulido, el espacio que separa el electrodo de pulido de la forma final a obtener, se representa por x_d (ecuación 2.6, 2.7) [3] y equivale a la distancia electrodo-pieza pulida:

$$x_d = g_d \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Si la pieza sólo está desbastada:

$$x_d = g_d + R_d \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Siendo R_d el valor de la rugosidad superficial antes de pulir

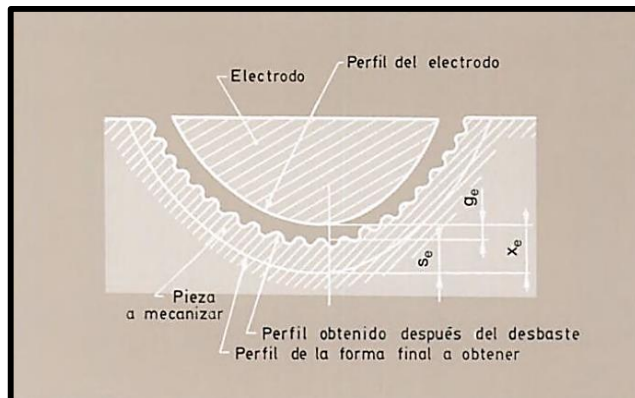


Figura 2. 28 Sobredimensionado de un electrodo de desbastar.

Fuente: [7] M. Solá (1989), pág. 32

2.2.15.2 Ventajas e inconvenientes [7]

- a) Se puede fabricar piezas de forma complicada en las tres dimensiones del espacio combinadas con pequeños espesores
- b) No se introducen tensiones residuales propias del mecanizado mecánico
- c) Se consigue gran precisión en el control dimensional, sobre todo con el mecanizado electroquímico
- d) Es susceptible de aplicarse a los metales y a las aleaciones de gran dureza.
- e) Las instalaciones de electroerosión y de mecanizado electroquímico son susceptibles de automatización mediante ordenadores electrónicos, lo cual redundará en beneficio de las grandes series
- f) Las “herramientas” empleadas en la electroerosión apenas si se desgastan. Las utilidades en el mecanizado electroquímico aún se desgastan menos.
- g) Posibilidad de recuperación de matrices desechadas, ya que tan sólo basta con profundizar un poco más la huella para volver a tener una pieza totalmente nueva
- h) Mayor vida de las piezas obtenidas pues al quedar la forma totalmente hecha se evita la posibilidad de darle manualmente contrasalidas que les ocasionarían modificación de las propiedades: siendo además perfectas al evitar todo posible error humano

Como contrapartida añadiremos que los principales inconvenientes de esta tecnología derivan de los siguientes motivos:

- a) Elevado coste del desarrollo del proceso de diseño de las “herramientas” necesarias para la elaboración de cada pieza particular, lo cual sólo se justifica en la producción de grandes series
- b) Dificultad de optimización del gran número de variables que intervienen en el proceso

2.2.16 Control numérico por computadora (CNC) [8]

Las máquinas de control numérico incorporadas en una línea de manufactura, tienen como función llevar a cabo un proceso de transformación física de las piezas o las partes que se requerirán para formar el producto terminado. Estas máquinas cuentan con computadoras internas que permiten controlar el mecanizado, movimiento de herramientas y la ejecución de programas.

El Control Numérico se puede definir de una forma genérica como un dispositivo de automatización de una máquina que, mediante una serie de instrucciones codificadas, controla su funcionamiento. Cada programa establece un determinado proceso a realizar por la máquina. Una misma máquina puede efectuar automáticamente procesos distintos sustituyendo solamente su programa de trabajo.

Los elementos básicos del Control Numérico son:

El programa, que contiene toda la información de las acciones a ejecutar.

El Control Numérico, que interpreta estas instrucciones, las cuales convierte en las señales correspondientes para los órganos de accionamiento de la máquina y comprueba los resultados. La máquina, que ejecuta operaciones previstas.

2.2.16.1 Estructura de un programa CNC [8]

Todos los programas deben tener un nombre o un número de identificación. Algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos.

Cada uno de éstos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados o no. De no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrando. La numeración de los bloques puede no ser de uno en uno. Puede ser de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto es conveniente para introducir luego bloques intermedios sin alterar toda la numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al anterior, el control detiene la ejecución del programa.

Estructura de un bloque de programación CNC

N G X Y Z F S T M

M : Funciones Auxiliares

T : No. de Herramienta (Tool)

S : Velocidad del husillo (Speed)

F : Velocidad de avance (Feed)

Z : Cota según eje Z

Y : Cota según eje Y

X : Cota según eje X

G : Instrucción de movimiento (Go)

N : Número del bloque

Dentro de cada bloque debe mantenerse este orden. Sin embargo, no es necesario que estén presentes todos los ítems. Se puede programar en sistema métrico (mm) o en pulgadas.

N4 G71 G2 X, Y, Z +/-4.3 F5.5 S4 T2.2 M2 (métrica)

N4 G70 G2 X, Y, Z +/-3.4 F5.5 S4 T2.2 M2 (en pulgadas)

El número que acompaña cada ítem significa el número de dígitos admisible. Así por ejemplo:

N4 este es el número de bloque, no deberá ser mayor que 9999. Esto varía según la marca de control numérico.

Z +/- 4.3 significa que las cotas pueden tener valores positivos o negativos de no más de 4 dígitos enteros y 3 decimales. Normalmente el signo (+) no se programa.

2.2.16.2 Bloques condicionales

Los bloques condicionales son ejecutados o no en función de la presencia de una señal externa al programa. Sirven por ejemplo para programar paradas para inspecciones del trabajo, cambios de herramienta, etc. Se determina la condicionalidad de un bloque agregando un punto luego del número del bloque. La señal externa normalmente es un switch en el control. Si este switch está activado, la ejecución del programa se detendrá al encontrar un bloque condicional. Si no lo está, el programa seguirá ejecutándose normalmente.

2.2.16.3 Códigos

Código O Número de programa

00001

Código N Número de secuencia

Código M Misceláneos

M01 Paro opcional de programa

M02 Fin de programa sin regreso al principio

M03 S1200 Giro sentido de las manecillas a 1200 r.p.m.

M04 S1200 Giro contra sentido de las manecillas 1200 r.p.m.

M05 Paro de husillo

M06 T0101 Cambio de herramienta a la uno

M08 Activación de bomba de soluble

M09 Desactivación de bomba soluble

M10 Abrir mordaza

M11 cerrar mordaza

M30 Finaliza y mando cursor al inicio de programa

M38 Abrir puerta

M39 Cerrar puerta

M98 Llamado de subprograma Códigos G más usados

G00 X_Z_ Movimiento Rápido sin corte

G01 X_Z_F_ Corte lineal X y Z coordenadas finales

G02 X_Z_R_F Corte circular en sentido horario X y Z coordenadas finales de radio R

G03 X_Z_R_F Corte circular en sentido anti horario X y Z coordenadas finales de radio R

G04 X_ Temporizador de X segundos

G20 Medidas en sistema Inglés

G21 Medidas en unidades métricas

G28 UO WO ir a Home

G50 Velocidad máxima del husillo

G54 Selección de coordenadas de trabajo 1 Cero pieza

G59 Selección de coordenadas de trabajo 6 Cero pieza

G90 Programa de coordenadas en absoluto

G91 Programa de coordenadas incremental

G96 Control de velocidad superficial constante

G97 Cancelación del Control de velocidad superficial constante

G98 Avance por minuto

G99 Avance por revolución

CAPÍTULO 3

Diseño del Proyecto

3.1 Estudios

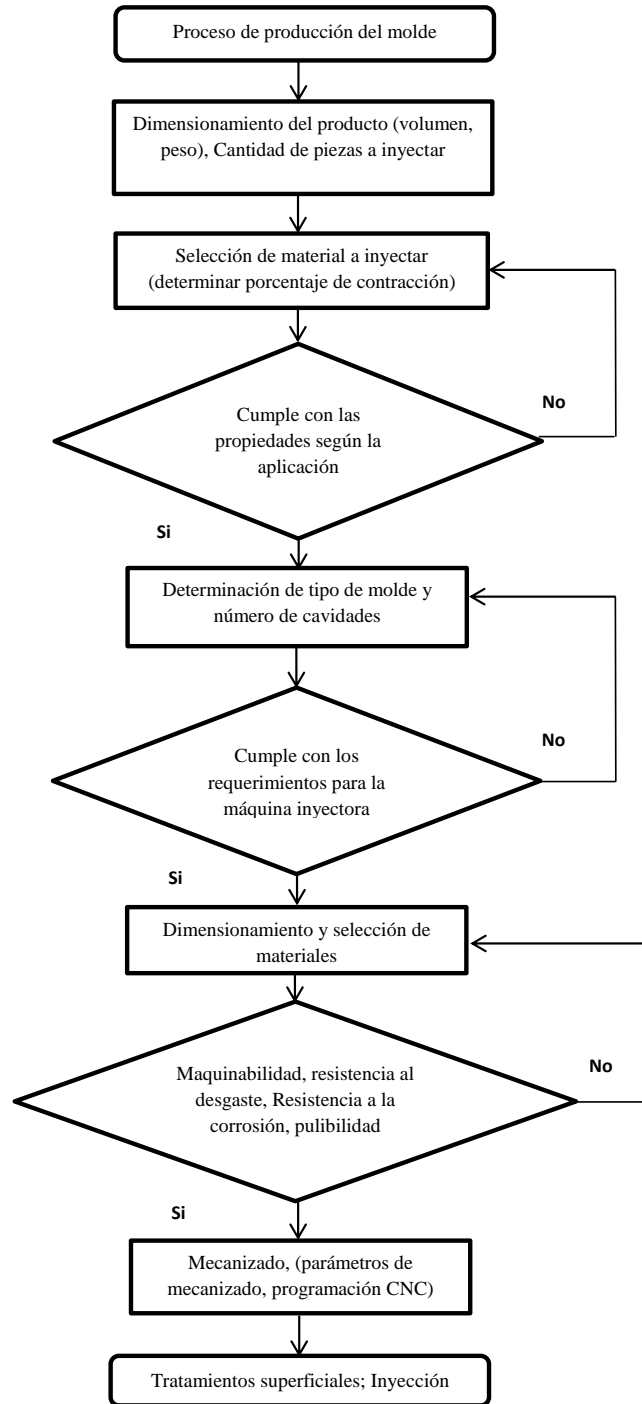


Figura 3. 1 Diagrama de proceso de fabricación de un molde de inyección

Fuente: Autor

Aplicación de los tensores aislantes

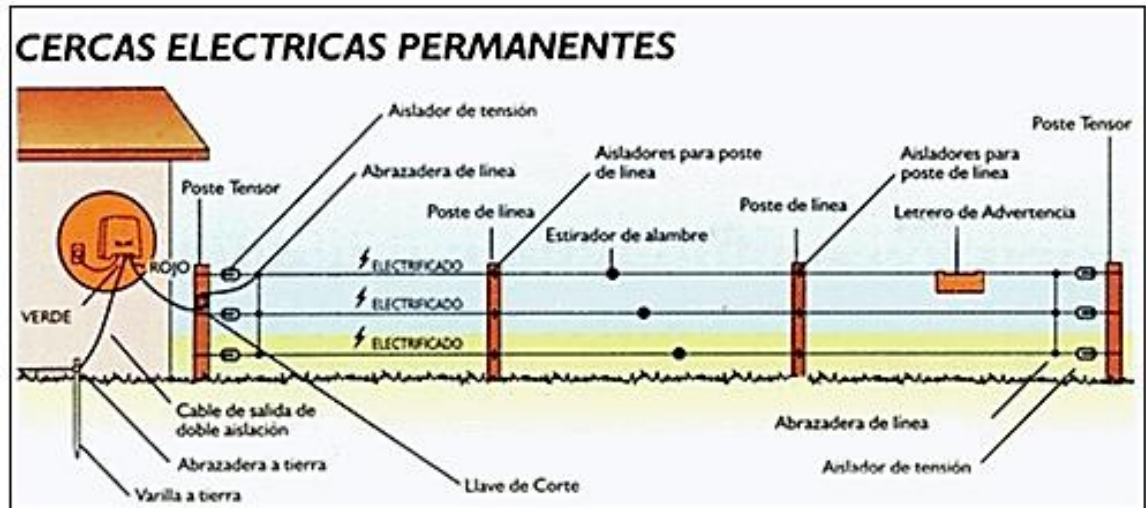


Figura 3. 2 Aplicación de tensores aislantes

Fuente: http://www.pymedigital.cl/imagenes/cerco_electrico.gif

En la figura 3.2 se muestra la aplicabilidad de los tensores aislante en el caso del tensor 01 (Aislador de tensión) va instalado en los costados en los postes tensores y el tensor 02 (Aislador para poste de línea) se instala en el poste de línea.

Los tensores llevarán incrustado un tornillo para sujetarlos a los postes tensores y postes de línea, deben servir como aisladores para que no exista contacto entre el cable y los postes o algún otro componente de cero eléctrico evitando que cualquiera de estos se electrifique.

Para los tensores tomaremos un material polimérico debido a que el proceso de fabricación es mucho más simple son descartados los materiales cerámicos por su proceso de fabricación y posteriores acabados superficiales

Seleccionamos el polipropileno que es mucho más ligero que el polietileno, es menos flexible y más difícil de romper, también por ser un polímero termoestables puede ser reciclado y reutilizado en procesos de inyección, este debe resistir un voltaje de 8000 a 10000 V que pasa por un cable electrificado de 2.5mm.

Propiedades eléctricas del Polipropileno

Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica de un material es conocida, como el máximo gradiente de potencial que puede soportar el mismo, sin que llegue a producirse una corriente disruptiva, antes de que se produzca su destrucción por perforación, sin que llegue a

una degradación física de sus propiedades aislantes. Su valor se expresa en [KV/mm] (Tabla3.1).

Tabla 3. 1 Valores de tensión de ruptura en materiales di eléctricos

Material	Condiciones	Rigidez dieléctrica [kV/mm]
Aceite de transformador	Líquido 20°C	15-200
Aire (seco)	0°C, 1 atm	3
Baquelita		12-25
Cuarzo	Cristal 20°C	15-30
Caucho	Siliconas	18-30
Goma		20-30
Mica		10-200
Nylon (poliamidas)		25
Papel	impregnado	15-200
Poliétileno	Sólido 20°C	30-42
Polímeros		50-900
Polipropileno		30-35
Poliuretano		20-25
Porcelana	Sólido a 20°C	5.7-38
PVC	Aislamiento a 20°C	15-40
Siliconas		50-65
Teflón		30-60
Vidrio		10-48

Fuente: [9] M. Saguay, R. Torres, *Análisis de comportamiento de medios dieléctricos ante las altas tensiones eléctricas*, disponible en: dspace.uca.es/bitstream/123456789/687/1/te319.pdf

3.2 Cálculos

Proceso de diseño

3.2.1 Elementos iniciales

3.2.1.1 Descripción del producto, cantidad de piezas inyectadas, tiempo.

3.2.2 Dimensionamiento del producto

3.2.3 Asignación del material a inyectar

3.2.4 Determinación del porcentaje de contracción

3.2.5 Determinar tipo de molde:

3.2.5.1 Sistema de cierre (Plano de partición)

3.2.5.2 Volumen del producto

3.2.5.3 Número de cavidades según las especificaciones de la máquina inyectora

3.2.5.4 Distribución de cavidades

3.2.6 Sistema de colada

3.2.6.1 Canales de distribución, tipo y puntos de inyección

3.2.7 Sistema de regulación de temperatura

3.2.8 Sistema de expulsión

- 3.2.9 Dimensionamiento de placas de cavidad, postizos, elementos de expulsión, placas base del molde,
- 3.2.10 Asignación de material

Construcción del molde

- 3.2.11 Determinación de velocidades de corte, avance, velocidad del husillo
- 3.2.12 Generación de códigos para mecanizado

3.2.1 Elementos iniciales

3.2.1.1 Descripción del producto

Los tensores estarán compuestos de un tornillo de 5mm para el tensor horizontal (figura 3.4) y de 6mm para el tensor de lateral (figura 3.3). Su función es sostener y tensar un alambre galvanizado de 2.5 mm de diámetro, por los cuales se conduce de 8000V a 10000V, por esta razón los tensores sirven también como aislantes, se los instala en el exterior y estarán expuestos a temperatura ambiente, lluvia, caída de ceniza.



Figura 3. 3 Tensor 01

Fuente: Autor



Figura 3. 4 Tensor 02

Fuente: Autor

3.2.2 Dimensionamiento del producto

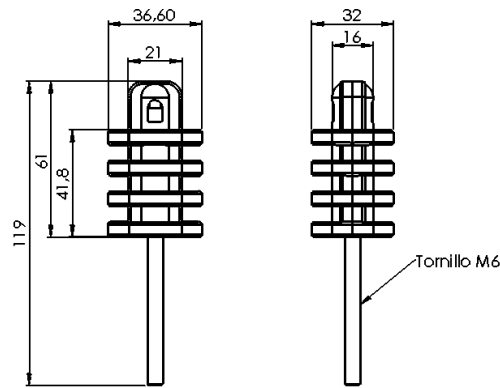


Figura 3. 5 Dimensiones Tensor 01

Fuente: Autor

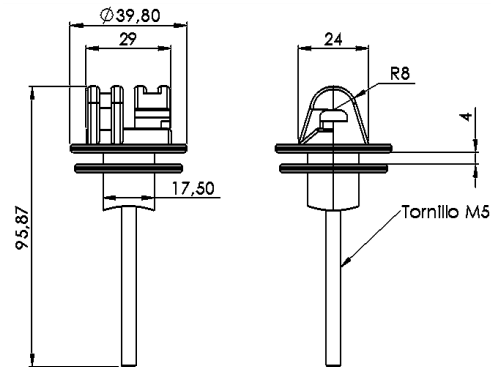


Figura 3. 6 Dimensiones Tensor 02

Fuente: Autor

En las figuras 3.5 y 3.6 se muestra el dimensionamiento más detallado se muestra en el plano 01 y 02 de la sección Planos.

3.2.3 Asignación del material a inyectar

El material a inyectar es polipropileno la selección de este material esta descrita en la sección 3.1 a continuación se describen algunas de las características de este material:

Tabla 3. 2 Características del Polipropileno

Resistencia a la humedad y calor sin deformarse	Buena
Temperatura de trabajo	0°C- 100°C Excelente
Resistencia a la penetración	Buena
Resistencia superficial	Buena
Absorción de agua	Poca
Resistencia a los rayos UV	Baja

Fuente: datos técnicos Polipropileno, disponible en: <http://www.hometec.cl/des.php?f=archivo/1153AIS.pdf>

3.2.4 Determinación del porcentaje de contracción

Tabla 3. 3 Contracción de polímeros comunes

Clase de plástico	Contracción en %
Poliamida 6	1-1.5
Poliamida 6 + fibra de vidrio	0.5
Poliamida 6.6	1-2
Poliamida 6.6 + fibra de vidrio	0.5
Polietileno de baja densidad	1.5-3
Polietileno de alta densidad	2-3
Poliestireno	0.5-0.7
Estireno-Acrilonitrilo	0.4-0.6
Polimetacrilato	0.3-0.6
Policarbonato	0.8
Copolímero de acetato	2
Cloruro de polivinilo duro	0.5-0.7
Cloruro de polivinilo blando	1-3
Acrilonitrilo- butadieno- estireno	0.4-0.6
Polipropileno	1.2-2
Acetato de celulosa	0.5
Acetobutirato de celulosa	0.5
Propiato de celulosa	0.5

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 140

El porcentaje de contracción depende del tipo de material, también del flujo de inyección para este caso tomamos el valor de 2 % de forma global, por escalar el diseño antes de generar las cavidades

3.2.5 Determinar tipo de molde:

3.2.5.1 Sistema de cierre (Plano de partición)

La línea de partición o plano de partición es aquel que divide el molde en dos o más partes por lo general es recomendable obtener la partición en un plano único.

Por la configuración de la máquina la inyección se hará de forma perpendicular al plano de partición del molde.

Los tensores son parcialmente simétricos por lo tanto para el sistema de cierre se tomó un molde simple de dos placas, el plano de partición divide los tensores en la mitad, los canales de llenado del molde se hacen sobre el plano de partición, la mazarota se expulsara junto con el producto inyectado.

No existe la necesidad de utilizar placas móviles adicionales, ni el uso de postizos manuales, el molde será semiautomático, por la adición de tornillos antes de la inyección.

3.2.5.2 Volumen del producto

El volumen se obtuvo mediante el diseño en un programa CAD:

Tabla 3. 4 Peso y volumen del producto que se va a inyectar

Descripción	Peso (gramos)	Volumen (cm ³)
Tensor 01	32.48	36.09
Tensor 02	14.99	16.65
Peso aproximado mazarota	8.04	8.63
Total	55.51	61.37

Fuente: Autor

3.2.5.3 Determinación Número de cavidades según las especificaciones de la máquina inyectora

Por la relación entre peso o volumen máximo del material que puede inyectar la máquina, y el peso o volumen del artículo, ecuación 3.1 [3]

$$F_1 = \frac{\text{volumen máximo de inyección de la máquina } S_v \text{ en cm}^3}{\text{volumen pieza+mazarota } A_p \text{ en cm}^3} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Para el cálculo tomamos los datos de la máquina **Chen Hsong Ibérica EM150-SVP/2 B** (Anexo A), que es la máquina que tenemos a disposición en la empresa.

Tabla 3. 5 Características de la máquina inyectora, Chen Hsong Ibérica

Descripción	EM150- SVP/2
Volumen de inyección	332 cm ³
Presión máxima de inyección	1651 bar
Velocidad de plastificación	18.6 g/s
Fuerza de cierre	150 T

Fuente: <http://chenhsongiberica.es/es/products/easymaster>

Sumamos el peso de los tensor 01 y 02 ya que queremos obtener pares, tomamos el valor de 332 cm³ de volumen de inyección.

$$F_1 = \frac{332 \text{ cm}^3}{(52.74+8.63) \text{ cm}^3} = 5.4 \approx 5$$

Por la relación entre rendimiento de plastificación del cilindro inyector y el producto del número de inyecciones por el volumen del artículo, referido al material correspondiente, se muestra en la ecuación 3.2 [3]

$$F_2 = \frac{\text{Rendimiento de plastificación en cm}^3/\text{min}}{\text{numero de inyecciones } z/\text{min} * (\text{volumen pieza+mazarota } A_p \text{ en cm}^3)} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Velocidad de plastificación: $18.6 \text{ g/s} = 1116 \text{ g/min}$

$$F_2 = \frac{1116 \text{ cm}^3/\text{min}}{4/\text{min} * (61.37 \text{ cm}^3)} = 4.55 \approx 4$$

Como al realizar el molde con F_1 como número de cavidades se consume cada vez el volumen total de inyección de la máquina, F_2 solo puede ser menor o igual a F_1 .

F_1 es siempre el valor teórico máximo. No puede emplearse en la práctica, ya que no satisface ninguna exigencia de calidad. Se recomienda un grado de aprovechamiento volumétrico de 0.2 a 0.8 de ello se deduce, para F_2 tomamos la relación 3.3 [3]

$$F_2 \leq 0.8F_1 \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$F_2 \leq 0.8 * 5.4 = 4.32 \approx 4 \text{ pares de tensores (8 cavidades)}$$

Obtenemos 8 cavidades cuatro de cada tensor.

3.2.5.4 Distribución de cavidades

La distribución se hará en hilera como se muestra en la figura 3.7 Debido a que si se hace de forma anular o en estrella aumentarían demasiado las dimensiones del molde, para que la inyección en cada cavidad sea balanceada se determinara por el cálculo posterior de los puntos de inyección según su posición.

3.2.5.5 Cálculo del número de cavidades en relación a la fuerza de cierre de la máquina inyectora

Otro criterio para determinar el número de cavidades es el que se basa en la presión de cierre de la máquina inyectora (ecuación 3.4) [3]. Durante el proceso de llenado actúa la llamada fuerza expansiva, que tienden a abrir el molde contra la presión de cierre, si esta fuerza expansiva que es igual a la suma de las superficies de proyección de las cavidades y canales de llenado multiplicada por la presión específica del molde, es mayor al de cierre se producirán escapes de material fundido y generara rebabas en la pieza.

$$P(kp) = F(\text{cm}^2) * p(\text{kp/cm}^2) \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Dónde:

P es la fuerza expansiva; F la suma de las superficies proyectadas de cavidades y canales y p la presión específica de la masa de moldeo en el interior del molde.

3.2.5.6 Fuerza de cierre requerida en la máquina

La fuerza de cierre necesaria requerida de la máquina está dada por la ecuación 3.5 [10]

$$F = \frac{P * A}{2000} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

F: fuerza (Toneladas)

P: presión hidráulica (psi)

A: área proyectada de cavidad (in²)

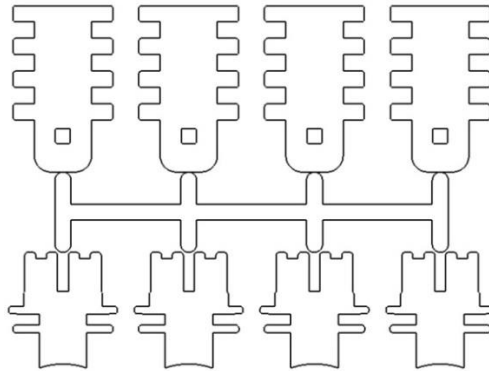


Figura 3. 7 Área proyectada de cavidades y canales de llenado

Fuente: Autor

La presión interna la obtenemos del diagrama de la figura 3.7, para el cual se necesitan los siguientes datos:

Longitud de flujo aproximado: 180.8 mm

Espesor mínimo de pared: 2.5 mm

Presión $\approx 1900 \text{ N/cm}^2$ (tomado del diagrama de la figura 3.7)

$$F = P * A = (121.594 \text{ cm}^2) * (1900 \text{ N/cm}^2) = 231028.6 \text{ N} = 231.0286 \text{ KN} = 23.565 \text{ Toneladas}$$

Según Rosato [10], se recomienda sumarle de 10% a 20% de la fuerza calculada, para obtener la fuerza que necesitamos en la unidad de cierre; adicionando el 20% tenemos:

$$F = 28.28 \text{ Toneladas}$$

La fuerza máxima de unidad de cierre de la inyectora es de **150 toneladas**, con esto comprobamos que la máquina tiene la capacidad suficiente para inyectar los sensores.

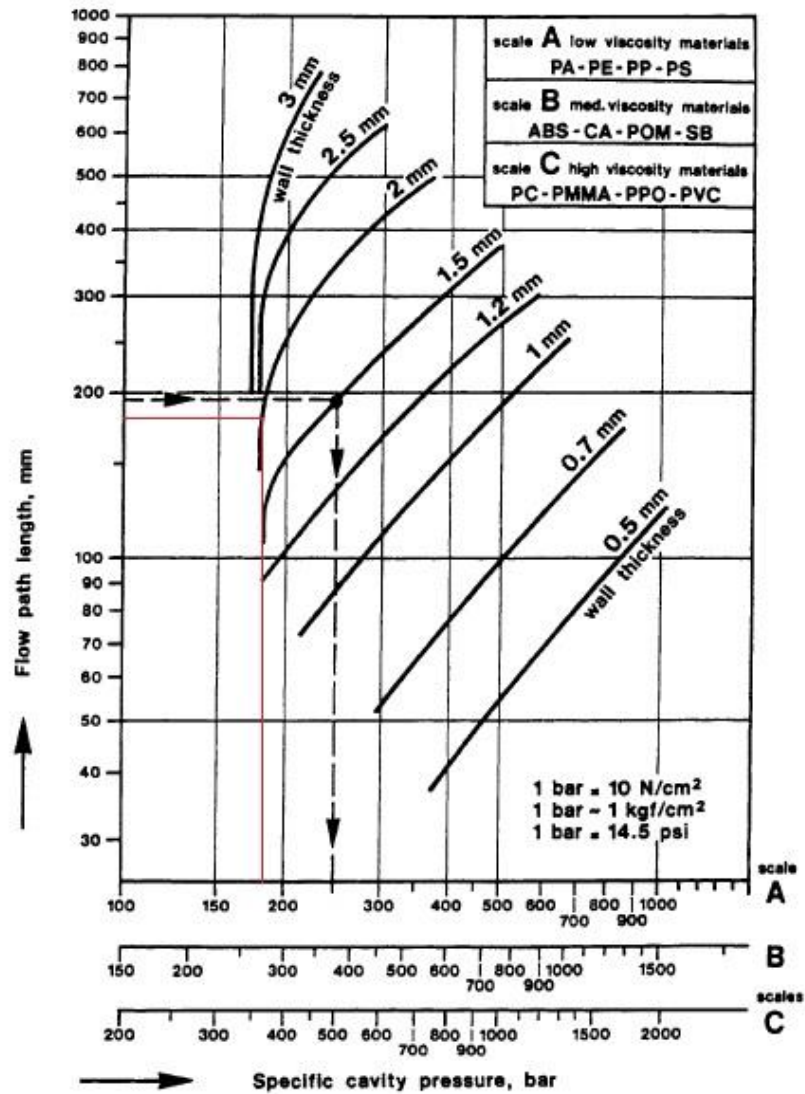


Figura 3. 8 Diagrama para calcular la presión en el molde por el espesor de la pieza, trayectoria de flujo y viscosidad.

Fuente: [10] D. Rosato, (2000), pág. 134

3.2.6 Sistema de Colada

3.2.6.1 Configuración de los canales de entrada y distribución.

Bebedero

El peso del producto sumadas las 8 cavidades tiene alrededor de los 200 g.

De la tabla 3.6 tomamos el valor de **8mm** para diámetro de la entrada.

Tabla 3. 6 Valores orientativos para el dimensionado de mazarotas de barra, puntiagudas y puntiagudas con pre cámara.

Peso de la pieza [g]	Mazarotas de barra (Material)	Diámetro de la entrada [mm]
100	Todos los termoplastos	4- 6
100- 400	Todos los termoplastos	6- 8
400- 1000	Todos los termoplastos	8- 10
1000	Todos los termoplastos	10- 12

Fuente: [11] H. Dubois, (1990), pág. 81

Extracción de la mazarota

Para la extracción de la mazarota en nuestro caso hacemos que esta salga junto con el producto inyectado, mediante una extensión del mismo como se ve en la figura 3.9, realizando también una ranura con un ángulo de 75° que garantice que esta se quede en el lado móvil del molde, en la parte inferior se ve el expulsor que será el que extraiga la extensión de la mazarota.

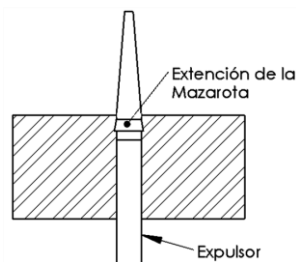


Figura 3. 9 Retención para la mazarota

Fuente: Autor

Determinación por cálculo de la sección de los canales de estrangulamiento

Si los diámetros de los canales de distribución son iguales, así como las longitudes de los canales de estrangulamiento, las secciones de estos se calculan (de una forma puramente empírica) en moldes múltiples con caminos de flujo iguales por la ecuación 3.6 [3]

$$K = \frac{f}{l\sqrt{L}} = \text{constante} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde f [mm²] significa la sección de los canales de estrangulamiento l [mm] su longitud; L [mm], la longitud de los canales de distribución, y F [mm²], su sección.

La premisa para el cálculo de la sección de los canales de estrangulamiento es que se conozca o elija una sección.

Para la primera sección de estrangulamiento se elige generalmente $f=0.07F$, y para l , un valor situado entre 0.25 y 2.5mm. Si la sección de estrangulamiento es rectangular, la cara ancha se establecerá según $a \approx 3b$ como se aprecia en la figura 3.10 [3].

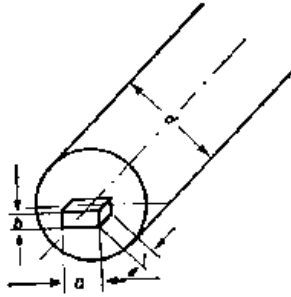


Figura 3. 10 Canal de estrangulamiento rectangular con canal de llenado. $f=a.b$, $F=\pi d^2/4$, $a\approx 3b$, $l=0,25$ a $2,5$ mm, $f=(0,07$ a $0,1) F$, $d=$ diámetro del canal.

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 69

Según la tabla 3.7 Runner diameters for unfilled materials, de Dubois, se recomienda para el polipropileno un rango de 3/16" a 3/8".

Tabla 3. 7 Runner diameters for unfilled materials

Runner Diameters for Unfilled Materials	
Material	Runner Diameter
ABS, SAN	3/16-3/8
Acetal	1/8-3/8
Acetate	3/16-7/16
Acrylic	5/16-3/8
Butyrate	3/16-3/8
Fluorocarbon	3/16-3/8 Approximate
Impact Acrylic	5/16-1/2
Ionomers	3/32-3/8
Nylon	1/16-3/8
Phenylene	1/4-3/8
Polyallomer	3/16-3/8
Polycarbonate	3/16-3/8
Polyester Thermoplastic	1/8-5/16 Unreinforced
	3/16-3/8 Reinforced
Polyethylene- low to hi-density Type 1,2,3,4	1/16-3/8
Polyamide	3/16-3/8
Polyethylene oxide	1/4-3/8
Polypropylene	3/16-3/8
Polyethylene general purpose medium impact- hi impact	1/8-3/8
Polysulfure	1/4-3/8
Polyvinyl (plasticized)	1/8-3/8
PVC Rigid (Modified)	1/4-5/8
Polyurethane	1/4-5/16

Fuente: [11] Dubois, Plastic mold engineering handbook, pág. 411

Entonces tenemos: para el canal principal 6mm

$$a \approx 3b$$

$$f = a * b = 1.5 * 0.5 = 0.75$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \pi * \frac{6^2}{4} = 28.274$$

$$l = 0.25 a \text{ a } 2.5 \text{ mm}$$

$$f = (0.07 \text{ a } 0.1)$$

De la figura 3.11 se deduce que:

$$f1=f2=f3=f4$$

$$f5=f6=f7=f8$$

$$\text{Longitud } f1=23.5+15=38.5\text{mm}$$

$$\text{Longitud } f2=23.5+15+47=85.5\text{mm}$$

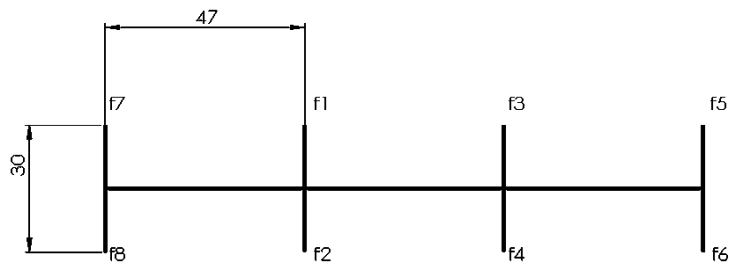


Figura 3. 11 Dimensiones para la distribución de cavidades

Fuente: Autor

Por tener caminos iguales. Para la primera sección de estrangulamiento se toma:

$$f1 = f2 = 0.07F$$

$$f1 = 0.07 * 28.274 = 1.979\text{mm}^2$$

$$f1 = 3b_1^2 = 1.979\text{mm}^2$$

Despejamos b_1

$$b_1 = 0.812 \text{ mm}$$

$$a_1 = 3 * b_1 = 2.437 \text{ mm}$$

Determinamos el valor de K ; la longitud de las secciones, tiene que ser iguales en todos los canales de estrangulamiento por razones técnicas de producción, tomamos:

$$l = 0.5mm$$

$$K = \frac{1.979}{0.5 * \sqrt{23.5 + 15}} = 0.638$$

Con esto f_3 se obtiene:

$$0.638 = \frac{f_5}{0.5 * \sqrt{23.5 + 47 + 15}}$$

$$f_5 = 0.5 * \sqrt{23.5 + 47 + 15} * 0.638$$

$$f_5 = 2.95$$

$$f_5 = 3b_5^2 = 2.95$$

$$b_5 = 0.9916$$

$$a_5 = 3 * b_5 = 2.975$$

Dimensiones de los estrangulamientos en el molde

Para las cuatro entradas centrales tenemos:

$$f1=f2=f3=f4$$

$$a = 0.8$$

$$b = 2.4$$

En las entradas laterales tenemos:

$$f5=f6=f7=f8$$

$$a = 1mm$$

$$b = 3mm$$

Salidas de aire de los moldes

El aire saldrá por los espacios generados por los expulsores, las ranuras del plano de partición y el espacio que existe al colocar los tornillos para el soporte. Si estas no son suficientes se realizarán como se muestra en la figura 3.12

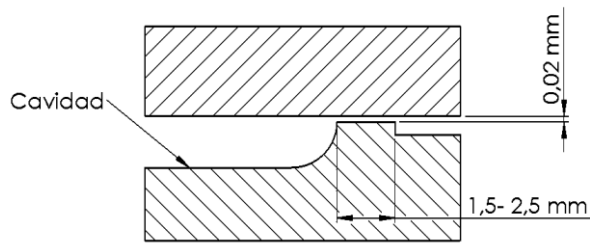


Figura 3. 12 Dimensiones de salidas de aire

Fuente: Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 106

Ranuras de 0.02mm en los costados de las cavidades para las salidas de aire en la inyección, con un ancho de 2mm.

3.2.6.2 Simulación del proceso de llenado

Para esto tomamos en cuenta los datos obtenidos anteriormente, el número de cavidades es 8 distribuidas en serie con un paso de 47 mm, el canal de llenado de 6 mm, para el material tomamos los datos para el polipropileno, la temperatura de masa fundida será de 210°C y la temperatura del molde 60°C con esto simulamos en el software MOLDFLOW.

Confianza de llenado

Después de realizada la simulación tenemos que la confianza de llenado es del 100% en todas la cavidades del molde como se muestra en la figura 3.13, con esto debemos evaluar el tiempo de llenado y también la calidad de la inyección.

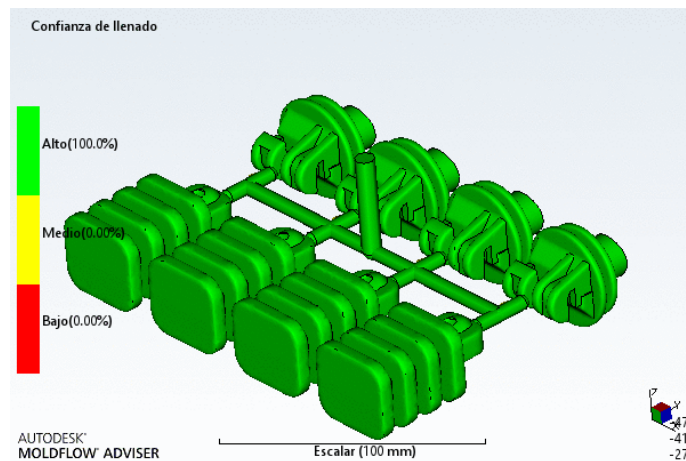


Figura 3. 13 Confianza de llenado

Fuente: Autor

Tiempo de llenado

Para el tiempo de llenado debemos tomar en cuenta que se debe efectuar de forma simultánea en todas las cavidades para esto simulamos las entradas con los cálculos realizados anteriormente, las superficies de color rojo de la figura 3.14 indican que son las primeras en llenarse para compensar esto reduciremos el ancho de la entrada de estrangulamiento.

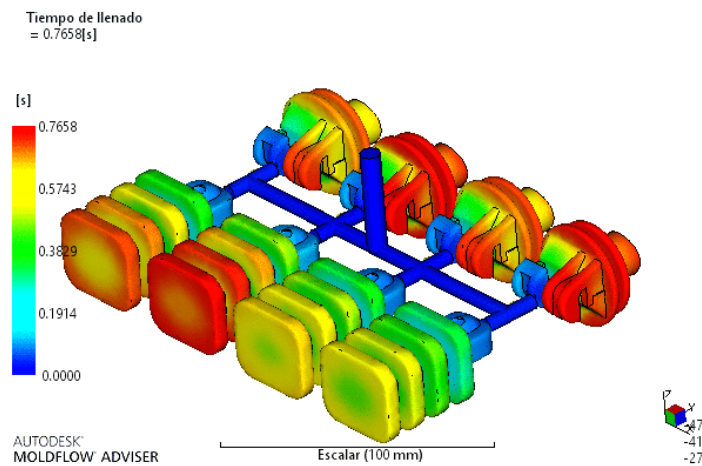


Figura 3. 14 Tiempo de llenado

Fuente: Autor

Tiempo de enfriamiento (sin refrigeración)

Este tiempo está calculado para saber qué tiempo es necesario para que el producto llegue a la temperatura de expulsión (superficies de color azul en la figura 3.15), en este caso el tiempo máximo es 721 segundos, sin el sistema de enfriamiento.

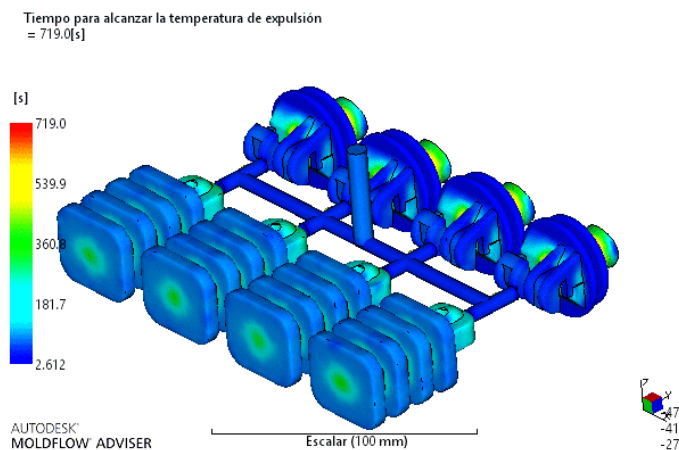


Figura 3. 15 Tiempo de enfriamiento (sin refrigeración)

Fuente: Autor

Predicción de Calidad

La simulación de inyección (figura 3.16) muestra que existirá una buena calidad del producto inyectado ya que la mayor parte de las superficies está en color verde alrededor del 78.5%.

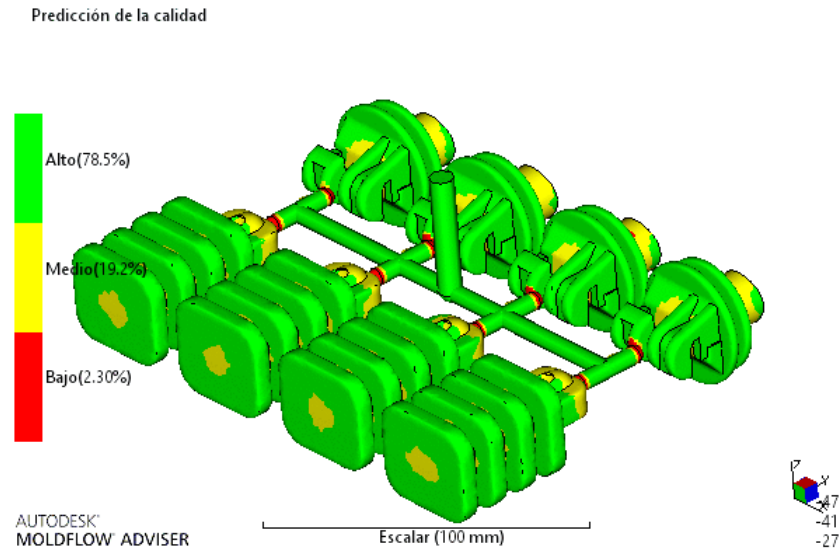


Figura 3. 16 Predicción de Calidad

Fuente: Autor

A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos al realizar la simulación de inyección. Estos datos son útiles para el diseño de los componentes del molde de inyección.

Tabla 3. 8 Datos obtenidos de la simulación de inyección

Descripción	Unidades	Valor
Tiempo de llenado	s	0.77
Presión de Inyección	Mpa	32.559
Fuerza de cierre Máxima	Tonelada	22.472
Tiempo estimado de ciclo (sin Refrigeración)	s	843.77
Peso total de la pieza	g	172.503
Volumen de inyectada	cm ³	221.1924
Volumen de Cavidad	cm ³	212.5152
Volumen de sistema de canales	cm ³	8.6772

Fuente: Autor

3.2.7 Sistema de regulación de temperatura

Temperaturas de trabajo

Según la tabla 3.9 para la temperatura de inyección se recomienda una temperatura entre 180°C y 200°C, la temperatura del molde está en un rango de 0°C a 80°C

Tabla 3. 9 Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección.

Material	Temperatura de elaboración [°C]	Temperatura de molde [°C]
Poliétileno de baja densidad	170- 260	0-70
Poliétileno de alta densidad	220- 230	0- 70
Poliestireno normal	200- 250	30- 60
Poliestireno anti choque	200- 250	30- 60
Poliamida 6	240- 290	60- 100
Policarbonato	280- 310	85- 120
Copolímero acetal	180- 230	70- 130
Cloruro de polivinilo blando	180	20- 80
Cloruro de polivinilo duro	160- 190	20- 80
Polipropileno	180- 280	0- 80
Acetato de celulosa	180- 230	40- 80
Acetobutirato de celulosa	180- 220	40- 80
Propiato de celulosa	180- 220	40- 80
Acrinitrilo- estireno- butadieno (ABS)	180- 240	50- 80

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 106

Ejecución práctica de canales de enfriamiento

Por razones de costo y condiciones geométricas los canales se los harán de forma horizontal, que cruzaran el molde tratando que estas vayan distribuidas de forma simétrica como se muestra en la figura 3.17.

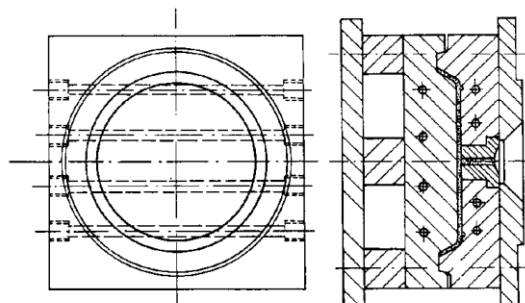


Figura 3. 17 Canales de refrigeración

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 125

Simulación del sistema de regulación de temperatura

Para determinar tiempo de duración del ciclo de enfriamiento utilizamos un software, a continuación tenemos los datos obtenidos en el mismo.

La simulación se la hizo con las dimensiones estimadas en la figura 3.18 debido a las limitaciones que se tiene por la geometría del molde y evitando interferencia con los agujeros para la expulsión; la temperatura de expulsión estimada es de 90° C como refrigerante se usó agua a 25 °C, con canales de 8mm.

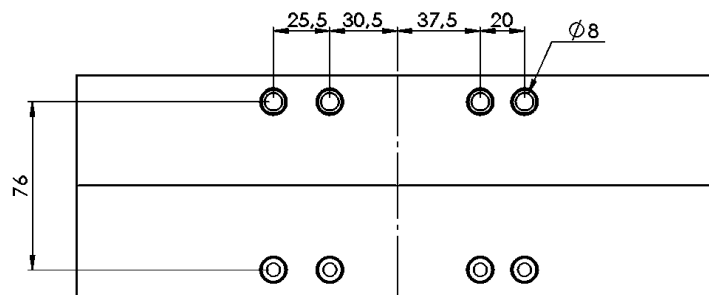


Figura 3. 18 Distribución de canales de Refrigeración.

Fuente: Autor

Temperatura de la pieza

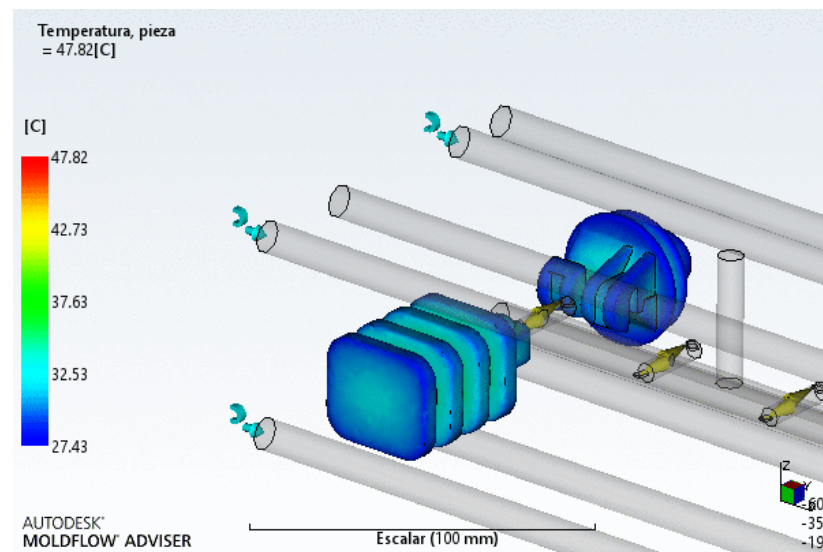


Figura 3. 19 Temperatura de la pieza

Fuente: Autor

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión

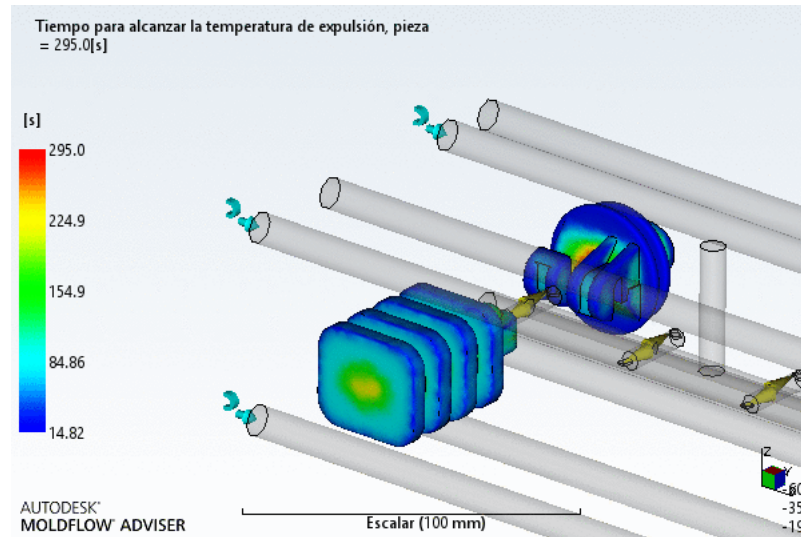


Figura 3. 20 Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión

Fuente: Autor

El tiempo del ciclo de enfriamiento va de 14.32 segundos a 295 segundos (figura 3.20) la temperatura en las superficies de expulsión (figura 3.19) llegan a la temperatura adecuada en 14 segundos de enfriamiento, para evitar deformación en la parte central por el uso de tornillo tomamos un tiempo de ciclo de 35 s que se comprobaba en las pruebas de inyección.

3.2.8 Sistema de extracción

La extracción del producto se hará con placas expulsoras accionadas por un eje que se mueve en dirección del desmoldeo, estas regresaran a su posición original con la ayuda de cuatro resortes dispuestos en forma simétrica; al cerrarse completamente el molde las placas son presionadas hacia la placa de respaldo por dos contra botadores.

En las placas se fijan los expulsores que son los que empujan el producto hacia afuera de la cavidad en la parte móvil del molde.

Debido a la geometría y dimensiones del producto se distribuyeron los expulsores como muestran los agujeros en la figura 3.21

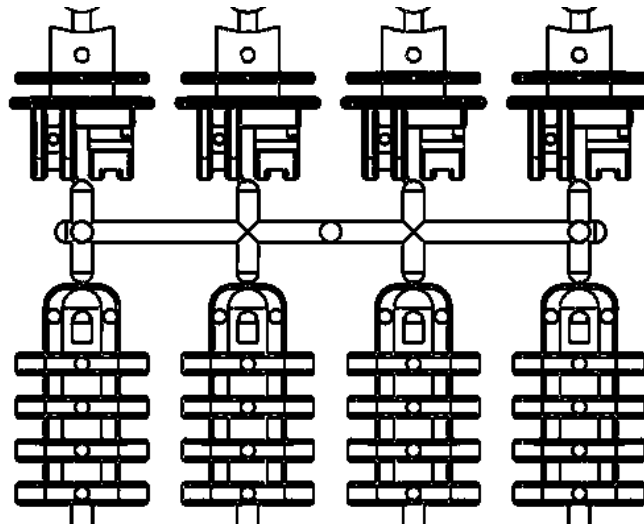


Figura 3. 21 Distribución de expulsores en cada cavidad.

Fuente: Autor

3.2.9 Dimensionamiento de placas de cavidad, postizos, elementos de expulsión, placas base del molde.

En la figura 3.22 se muestran todos los componentes del molde, con las dimensiones del producto y la ayuda de un software CAD se asignaron las siguientes dimensiones a las placas.

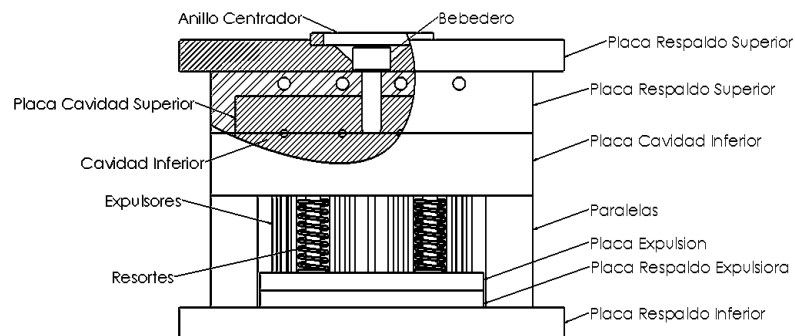


Figura 3. 22 Partes constitutivas del molde de inyección

Fuente: Autor

Placas de cavidad

Las placas de cavidades se dimensionaron según la distribución de las cavidades estas llevan tallados los canales de llenado, para la placa de cavidad superior se necesita un agujero central para el bebedero (figura 3.23), la placa de cavidad inferior lleva las perforaciones para los expulsores y los agujeros para los imanes (figura

3.24), con estas consideraciones las dimensiones de las placas de cavidad son de 220 mm por 175 mm y espesor de 30mm para las dos cavidades

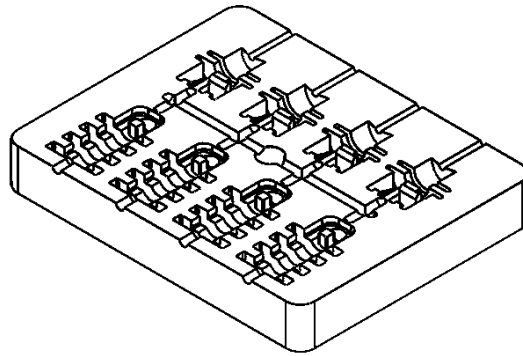


Figura 3. 23 Placa Cavidad Superior

Fuente: Autor

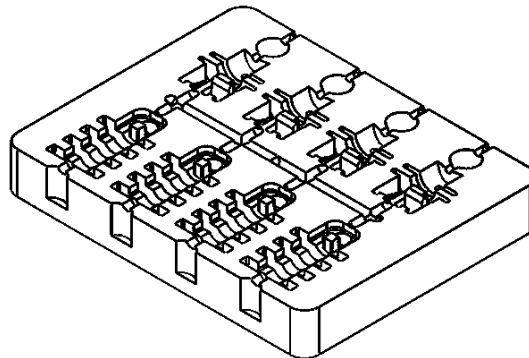


Figura 3. 24 Placa Cavidad Inferior.

Fuente: Autor

Placas porta cavidades

Las placas porta cavidad llevaran empotradas las placas de cavidad esto se hizo para ahorrar material por su alto costo, y debido a que el mecanizado se vuelve complicado; el producto inyectado debe llevar un tornillo incrustado y la proyección de este hace que las dimensiones del molde aumenten de forma considerable.

En estas placas se perforan los agujeros para los bujes y columnas guía, también para los agujeros de refrigeración del molde y los agujeros roscados para el ensamblaje con las placas de respaldo. Las medidas de estas placas son de 290 mm por 260 mm y un espesor de 50mm ya que llevaran un vaciado de 30 mm para el ensamblaje de las placas de cavidad (ver en figura 3.25 y figura 3.26).

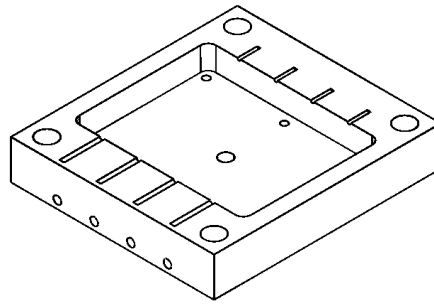


Figura 3. 25 Placa Porta cavidad Superior.

Fuente: Autor

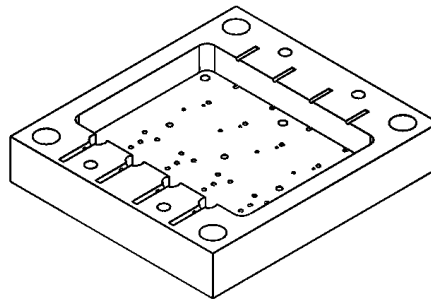


Figura 3. 26 Placa Porta cavidad Inferior.

Fuente: Autor

Placas de expulsión

La placa de expulsión (figura 3.27) lleva los agujeros donde irán empotrados los expulsores esta tiene una placa de respaldo (figura 3.28) sujeta con pernos a la placa de expulsión, para las placas de expulsión se debe considerar el pandeo por la fuerza que ejerce el eje expulsor de la máquina sobre estas y también por las perforaciones que lleva la placa de expulsión, las dimensiones para las placas son de 290 mm por 180 mm por 15 mm de espesor.

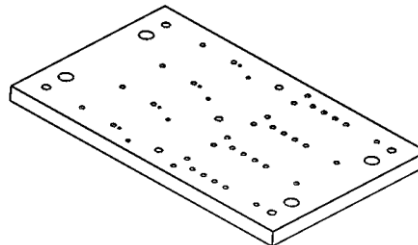


Figura 3. 27 Placa Expulsora

Fuente: Autor

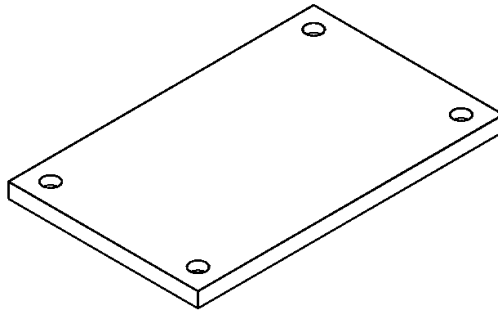


Figura 3. 28 Placa de respaldo Expulsora

Fuente: Autor

Placas Paralelas

Las placas paralelas (figura 3.29) se dimensionan según la altura de expulsión necesaria para que el producto salga totalmente de la cavidad en la parte móvil del molde, también tomamos en cuenta la altura de los resorte ya comprimidos, y la distancia que queda de luz entre las dos placas para evitar el pandeo de las placas de cavidad inferior, van alineadas con el lado más largo de la placa de cavidad, las dimensiones para esta placa es de 290mm por 90mm y 38mm de espesor.

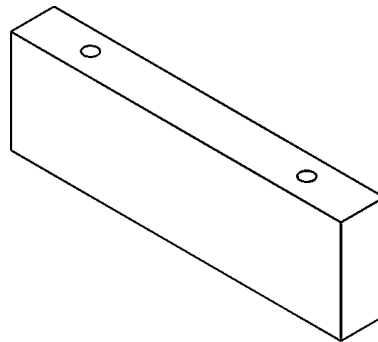


Figura 3. 29 Placa Paralelas

Fuente: Autor

Placas de respaldo

En la placa de respaldo superior (figura 3.30) va ensamblado el anillo de centrado del molde hacia la máquina, también las perforaciones para los pernos que sujetaran las placas porta cavidad, llevan un excedente a cada lado para poder sujetar el molde a la máquina inyectora, las medidas para esta son de 290 mm por 310 mm y 25 mm de espesor.

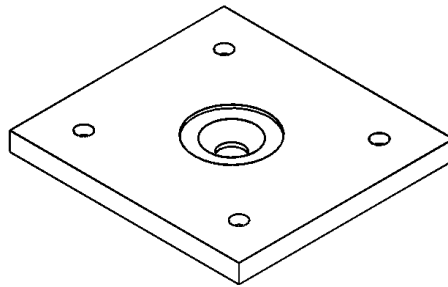


Figura 3. 30 Placa Respaldo Superior.

Fuente: Autor

En la placa de respaldo inferior (figura 3.31) se perforan los agujeros para los pernos que sujetan a la placa porta cavidad inferior también lleva el agujero de 40 mm para el expulsor de máquina, sus medidas son de 290 mm por 310 mm y 25 mm de espesor.

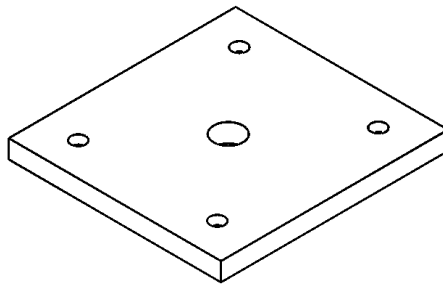


Figura 3. 31 Placa Respaldo Inferior.

Fuente: Autor

Para la adquisición de las placas se aumentara 5mm en el largo y en el ancho para el fresado previo de las placas.

Tabla 3. 10 Dimensiones de placas para el molde

Descripción	Dimensiones [mm]			Cantidad
	Largo	Ancho	Espesor	
Placa Cavidad Inferior	220	175	30	1
Placa Cavidad Superior	220	175	30	1
Placa base cavidad inferior	290	260	50	1
Placa base cavidad superior	290	260	50	1
Placa respaldo inferior	290	310	25	1
Placa respaldo superior	290	310	25	1
Placa expulsora	290	180	15	1
Placa respaldo expulsora	290	180	15	1
Paralela	90	290	38	2

Fuente: Autor

Con estos datos tenemos las medidas externas máximas del molde como se muestra en la figura 3.32, en la máquina de inyección **Chen Hsong Ibérica EM150-SVP/2** el grueso mínimo del molde debe ser de 160mm y un máximo de 450mm en este caso tenemos 240mm; el espacio entre columnas es de 455mm por 425mm las dimensiones del molde son de 290mm por 310mm.

La longitud máxima de expulsión en la máquina es de 100 mm, para la expulsión del producto necesitamos 40mm mas la altura de la placa de respaldo inferior que es 25mm entonces tenemos que el expulsor de la máquina debe salir 65mm.

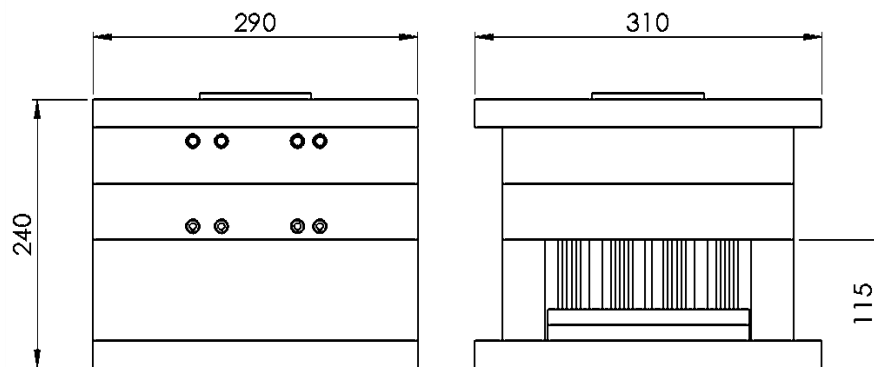


Figura 3. 32 Dimensiones máximas del molde

Fuente: Autor

3.2.9.1 Configuración de varillas expulsoras

Las varillas expulsoras están sometidas a compresión durante su actuación, han de dimensionarse contra el pandeo, para ello hay que darles suficiente grosor, pero también una guía de suficiente longitud en el molde. La longitud de esta guía ha de ser de 2,5 a 8 veces el diámetro de la varilla. Para los diversos diámetros de varilla expulsoras pueden considerarse los siguientes valores orientativos:

Tabla 3. 11 Longitud guía aproximada para varillas expulsoras.

Diámetro de varilla d (mm)	Longitud de guía (mm)
1 a 3	Aprox. [3 a 4] d
3 a 5	Aprox. [4 a 3] d
5	Aprox. [3 a 2.5] d

Fuente: [3] G. Menges, G. Mohren, (1983), pág. 152

Selección de elementos de expulsión

Para los expulsores de 4mm y 6mm se seleccionaron expulsores DIN 1530 AP (figura 3.33), en la tabla 3.12 se pueden ver las características del material.

DIN 1530 AP: Expulsor Nitrurado Pulido Forma “AP”

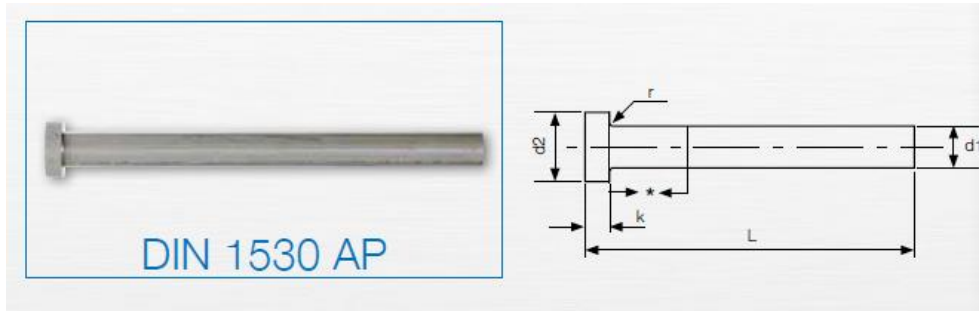


Figura 3. 33 Expulsor Nitrurado Pulido Forma “AP”

Fuente: [12] Catálogo Royme, pág. 41

Tabla 3. 12 Material Expulsor Templado Forma “AP”

Material	Dureza			Temperatura de trabajo Máxima
	Superficie	Núcleo	Cabeza	
1.2344	70HRC	40-45 HRC	45±5HRC	650°C

Fuente: [12] Catálogo Royme, pág. 41

Para los expulsores de 2 mm y 3 mm se asignaron expulsores DIN 1530 C (figura 3.34) en la tabla 3.12 se pueden ver las características del material.

DIN 1530 C: Expulsor Nitrurado Forma “C”

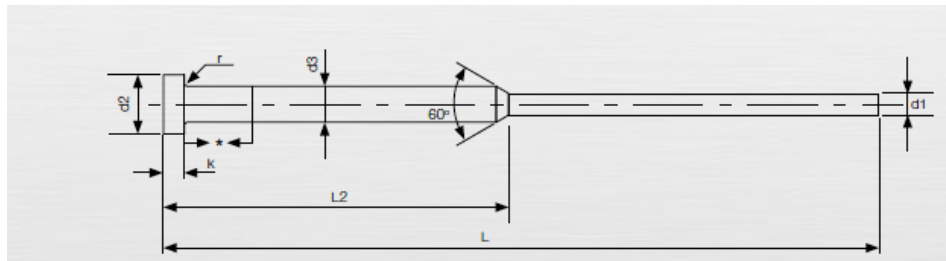


Figura 3. 34 Expulsor Nitrurado Forma “C”

Fuente: [12] Catálogo Royme, pág. 43

Tabla 3. 13 Material Expulsor Templado Forma “C”

Material	Dureza			Temperatura de trabajo Máxima
	Superficie	Núcleo	Cabeza	
1.2344	70HRC	40-45 HRC	45±5HRC	650°C

Fuente: [12] Catálogo Royme, pág. 43

De las dimensiones seleccionadas para las placas obtenemos los siguientes valores de longitud y diámetro de los expulsores para el molde como se muestra en la tabla 3.14

Tabla 3. 14 Características expulsores

Descripción	Longitud necesaria[mm]	Longitud [mm]	Cantidad	Tipo
Expulsor 2mm	108	125	4	Nitrurado DIN 1530C
Expulsor 3mm	120	125	4	Nitrurado DIN 1530C
Expulsor 4mm	110	125	16	Nitrurado DIN 1530AP
Expulsor 4mm	124	125	20	Nitrurado DIN 1530AP
Expulsor 6mm	123	125	3	Nitrurado DIN 1530AP
Expulsor 12mm	126	160	4	Nitrurado DIN 1530AP

Fuente: Autor

Dimensiones del bebedero

Descripción:

Cono del taladro: $1^{\circ} 30'$ por lado en la figura 3.35 se muestra el esquema del bebedero.

Material:

1.2826 / 55 ± 2 HRC, DIN ISO 10072 (DIN 16752)

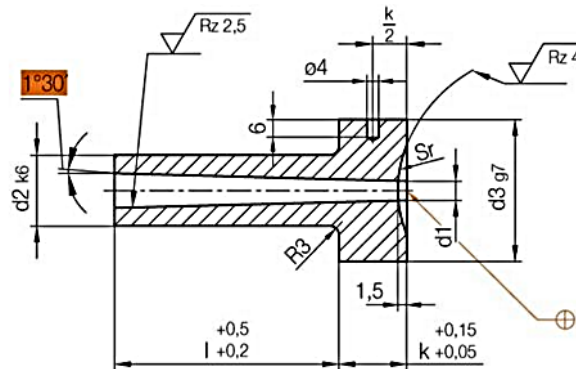


Figura 3. 35 Bebedero

Fuente: Catálogo digital Hasco, disponible en http://www.hasco.com/es/content/view/products_product_variants/16950

Tabla 3. 15 Dimensiones del bebedero

N° pedido	d2 [mm]	l [mm]	d1 [mm]	Sr [mm]	k [mm]	d3 [mm]
Z51/18/56/4.5/40	18	56	4.5	40	18	38

Fuente: Catálogo digital Hasco, disponible en http://www.hasco.com/es/content/view/products_product_variants/16950

3.2.10 Asignación del material

Estimación de Materiales para placas de cavidad:

Tabla 3. 16 Características de los materiales disponibles para moldes de inyección.

Proveedor	Calidad	Norma	Resistencia al desgaste	Tenacidad	Pulibilidad	Maquinabilidad en estado de suministro	Estabilidad en el temple	Resistencia a la corrosión	Estado de suministro
Böhler	M238 Acero pre templado	AISI P20 (mejorado); EN/DIN 1.2738; 40CrMnNiMo8-6-4	buena	buena	buena	buena	Muy buena	Muy buena	V/290-330HB
Böhler	M300 ISOPLAST Acero templado y revenido resistente a la corrosión	DIN ~1.2316; EN X38CrMo16	buena	buena	excelente	buena	buena	Excelente	V/900-1120 N/mm ²
Iván Bohman	STAVAX Acero Inoxidable	AISI 420; W.-Nr. 12083	buena	buena	buena	buena	buena	buena	190 Brinell
Iván Bohman	IBCA 718 Acero aleado al cromo-níquel- molibdeno	UNE F-5303, F-3404, W.-Nr. 1.2738, 1.2311 (mejorado)	buena	buena	Excelente	buena	buena	buena	V/190 -330 HB

V: templado y revenido para obtener buenas propiedades mecánicas.

Fuente: Catálogo Iván Bohman, Manual Aceros Böhler [13].

En el Ecuador existen varios distribuidores de aceros especiales, entre estos tenemos a Böhler e Iván Bohman, de estos obtuvimos las características de los materiales específicos para la aplicación en moldes de inyección.

Características que debe tener el material:

- El acabado superficial del producto se lo va a dejar con electroerosión, por esta razón no es necesario que tenga una excelente pulibilidad.
- Debe tener una buena maquinabilidad.
- Resistencia al desgaste por el contacto que tienen los expulsos en el molde.
- Buena resistencia a la corrosión.

Para las placas de cavidades escogimos el acero M238 de Böhler

Composición química

Tabla 3. 17 Composición química

Composición química (Valor aproximado en %)					
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0.38	0.3	1.5	2.00	0.20	1.0

Fuente: [13] Manual Aceros Böhler, pág. 31

Placas Porta moldes

Para las placas complementarias usamos acero AISI 1020 debido a que estos no están sometidos a grandes esfuerzos ni tampoco a desgaste por contacto con otros elementos, las placas porta cavidad serán de acero AISI 1020.

Tabla 3. 18 Materiales de placas para el molde

Descripción	Material
Placa Cavidad Inferior	M238
Placa Cavidad Superior	M238
Placa base cavidad inferior	AISI 1020
Placa base cavidad superior	AISI 1020
Placa respaldo inferior	AISI 1020
Placa respaldo superior	AISI 1020
Placa de expulsión	AISI 1020
Placa respaldo expulsión	AISI 1020
Paralela	AISI 1020

Fuente: Autor

Selección de Elementos de guiado

Los elementos de guiado ensamblados en las placas de cavidad así:

Las columnas guía estarán en la parte fija del molde y los bujes guía en la parte móvil, estos elementos están normados según norma DIN 16761; las placas que debemos guiar son las de cavidad y porta cavidad por esta razón tomaremos las columnas y bujes guía como se muestra en la figura 3.36 y figura 3.37 para un espesor de 50mm de las placas porta cavidad.

Elementos de guiado

Norma: DIN 16761

Columna Guía DIN 16761-B

Material: 1.7131; 16MnCr5

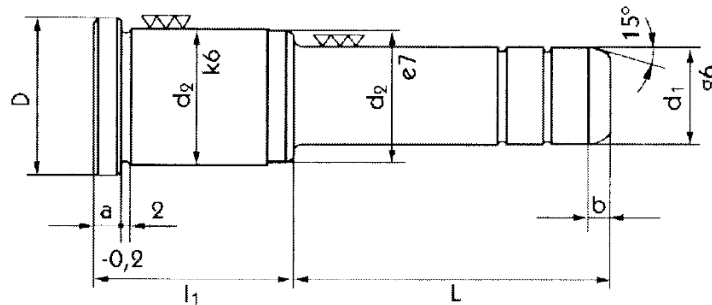


Figura 3. 36 Columna Guía

Fuente: [12] Catálogo Columnas Royme, pág. 7

Para este caso tomamos las siguientes dimensiones para la columna guía

Tabla 3. 19 Dimensiones Columna guía

d1	d2	D	a	b	l1	L
18	25	30	6	6	44	50

Fuente: [12] Catálogo Columnas Royme, pág. 7

Buje Guía DIN 16761

Material: 1.7131; 16MnCr5

Dureza: 60- 62 HRc

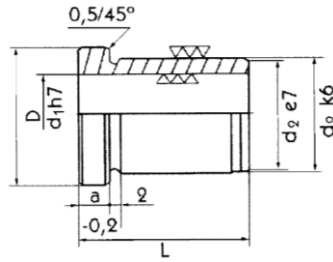


Figura 3. 37 Buje Guía

Fuente: [12] Catálogo Casquillos Royme, pág. 18

Tenemos los siguientes valores

Tabla 3. 20 Dimensiones Buje guía

d1	d2	D	a	L
18	25	30	6	45

Fuente: [12] Catálogo Casquillos Royme, pág. 18

3.2.10.1 Simulación de esfuerzos en las partes constitutivas del molde

Placa de Cavidad Inferior y Porta cavidad Inferior

La placa de cavidad inferior va ensamblada en la placa porta cavidad inferior, asignamos las características del material M238 de Böhler a la placa de cavidad inferior, la placa porta cavidad es de acero AISI 1020, están sometida a la presión de inyección en las cavidades (37 Mpa) y también a la fuerza de cierre de la máquina inyectora (28Toneladas). En la parte superior de la placa está en contacto con la placa de cavidad superior y en la parte inferior en las placas paralelas.

El esfuerzo máximo en las placas de cavidad inferior es de 186.9 MPa (figura 3.38), los desplazamientos llegan a un máximo de 0.0068 mm (figura 3.39), el factor de seguridad mínimo es de 5.5 para la placa porta cavidad inferior, y de 3.5 para la placa de cavidad inferior (figura 3.40, 3.41).

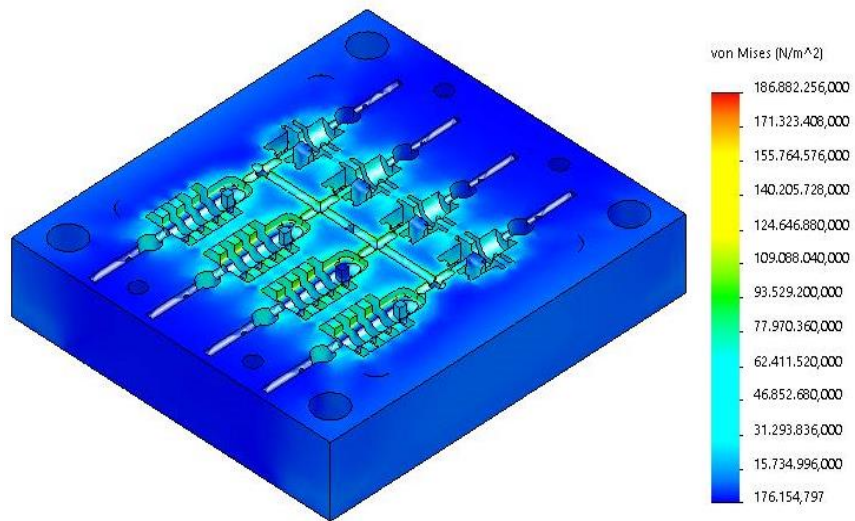


Figura 3. 38 Esfuerzos en las placas de cavidad y porta cavidad inferior

Fuente: Autor

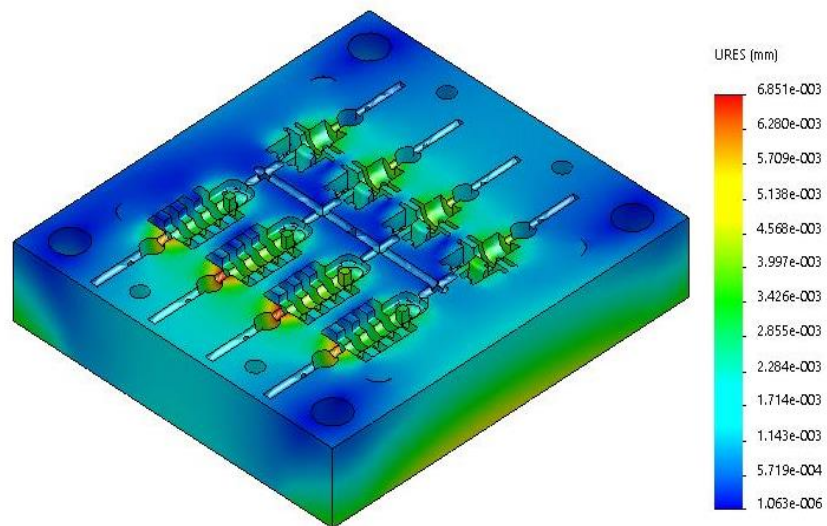


Figura 3. 39 Desplazamientos en las placas de cavidad y Porta Cavidad Inferior

Fuente: Autor

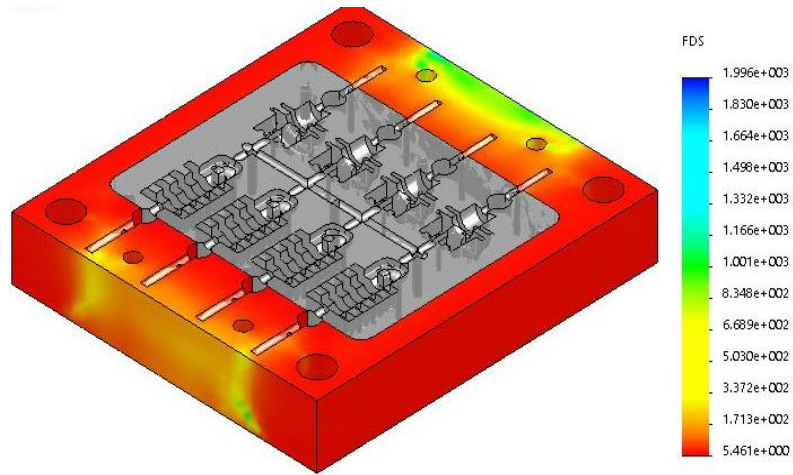


Figura 3. 40 Factor de seguridad Placa porta cavidad inferior

Fuente: Autor

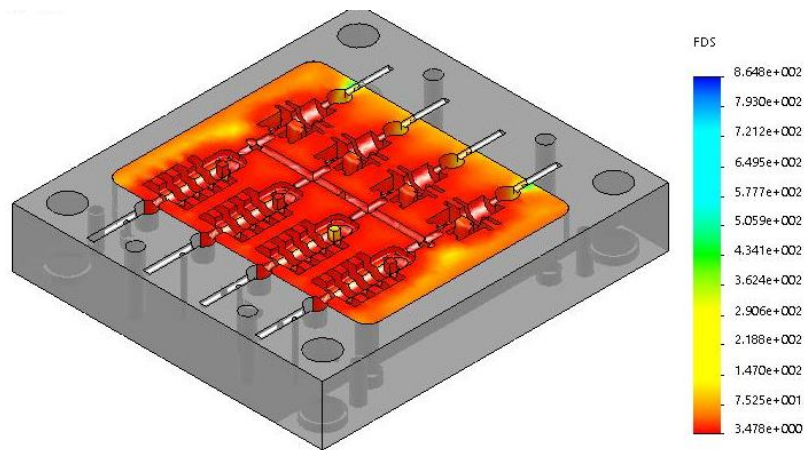


Figura 3. 41 Factor de seguridad Placa Cavidad Inferior y porta cavidad inferior.

Fuente: Autor

El factor de carga para las placas de cavidad inferior es 4,6 (figura 3.42)

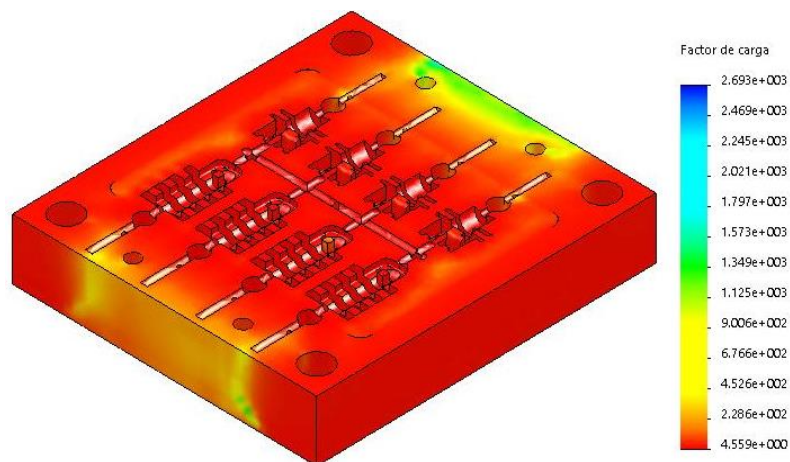


Figura 3. 42 Factor de Carga (Fatiga) Placa Cavidad Inferior

Fuente: Autor

La vida total de las placas de cavidad inferior es de 1000000 ciclos (figura 3.43)

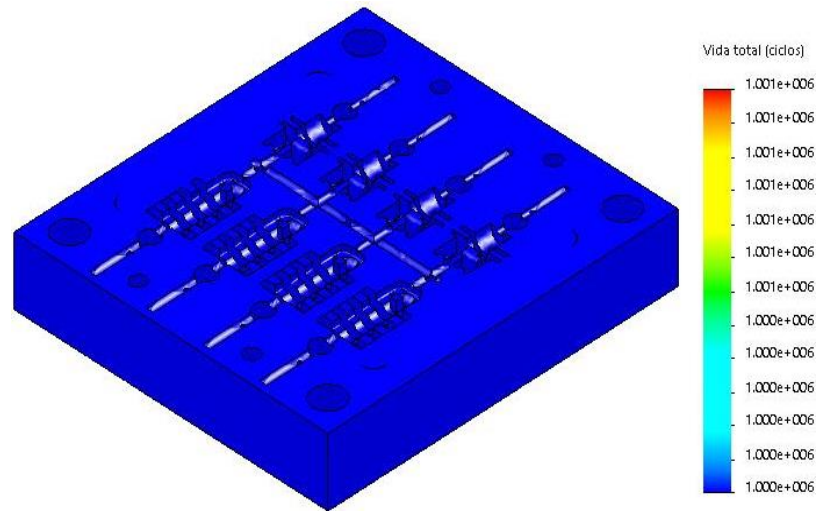


Figura 3. 43 Vida Total (Fatiga) Placa Cavidad Inferior

Fuente: Autor

Cavidad superior

La placa de cavidad superior está sometida a la fuerza de cierre y la presión de inyección en la parte superior está en contacto con la placa de cavidad inferior, y en la parte inferior sujeta con pernos a la placa de respaldo

Factor de seguridad mínimo en la placa de cavidad superior es de 4 (figura 3.46), y para la placa porta cavidad superior es de 7.5 (figura 3.47), el esfuerzo máximo en esta placas es de 163.14 MPa (figura 3.44), y el desplazamiento máximo es de 0.007 mm (figura 3.45) que no es considerable.

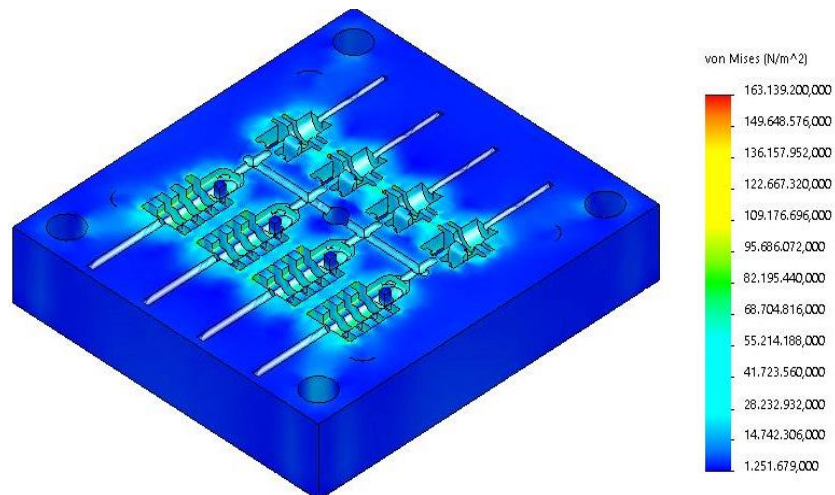


Figura 3. 44 Esfuerzos en placas de cavidad y porta cavidad superior

Fuente: Autor

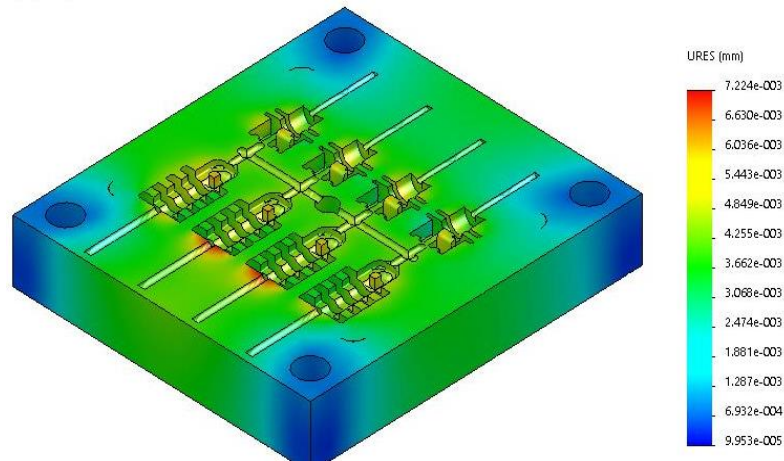


Figura 3. 45 Tensiones y desplazamientos en la Placa Cavity y Porta Cavity Superior

Fuente: Autor

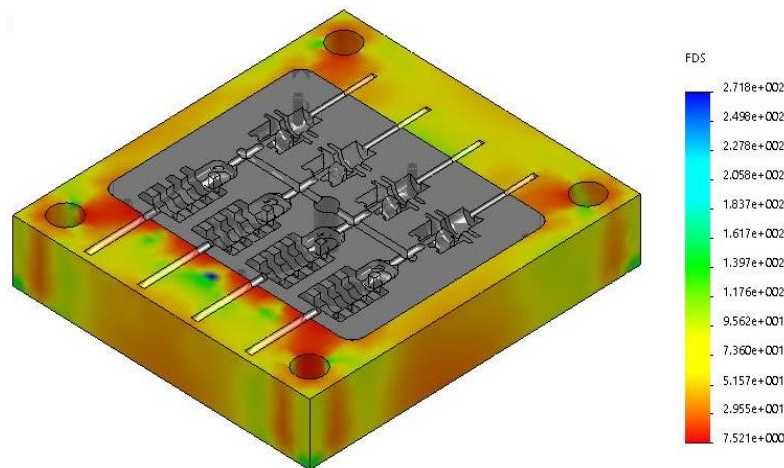


Figura 3. 46 Factor de seguridad Porta Cavity Superior

Fuente: Autor

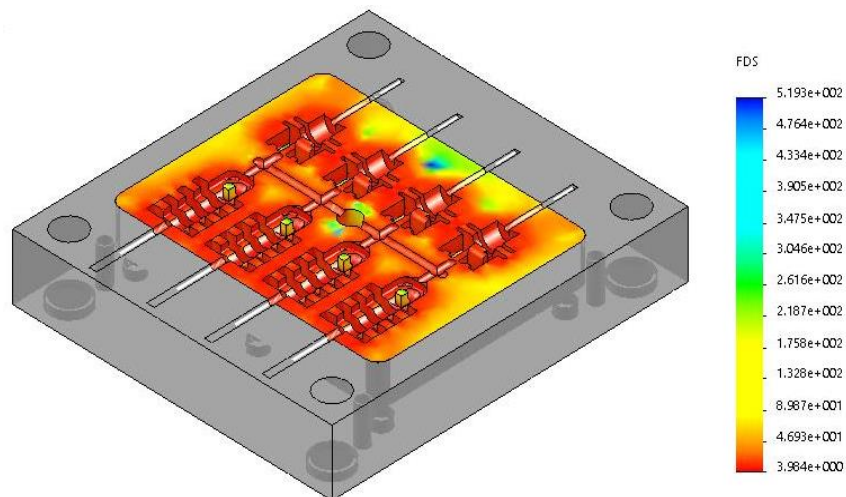


Figura 3. 47 Factor de seguridad Placa Cavity Superior

Fuente: Autor

El factor de carga en las placas de cavidad inferior es de 2.6 (figura 3.48), un valor menor a 1 indicaría fallo, la vida total es de 1000000 de ciclos (figura 3.49).

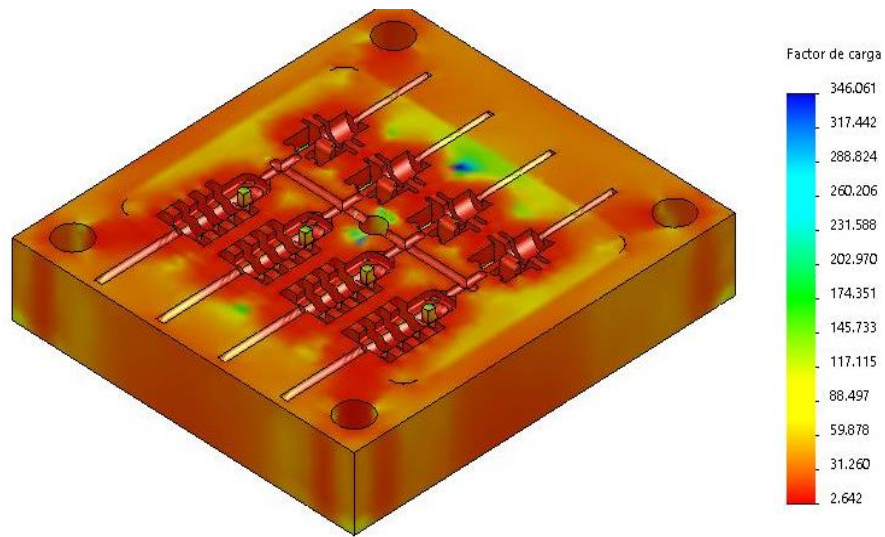


Figura 3. 48 Factor de Carga (fatiga) Placa Porta Cavidad Superior

Fuente: Autor

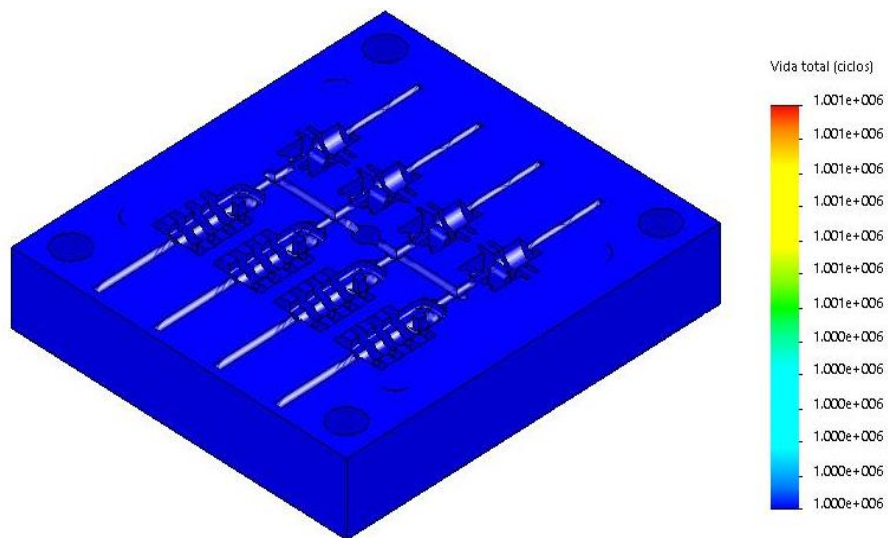


Figura 3. 49 Vida total (fatiga) Placa Porta Cavidad Superior

Fuente: Autor

Placas Paralelas

Estas estarán sometidas a la fuerza de cierre del molde (28 toneladas) en la parte inferior están en contacto con la placa de respaldo y en la parte superior con la placa de cavidad.

El esfuerzo máximo es de 36 Mpa (figura 3.50) y para estas placas se tiene un factor de seguridad mínimo 9.8 (figura 3.51)

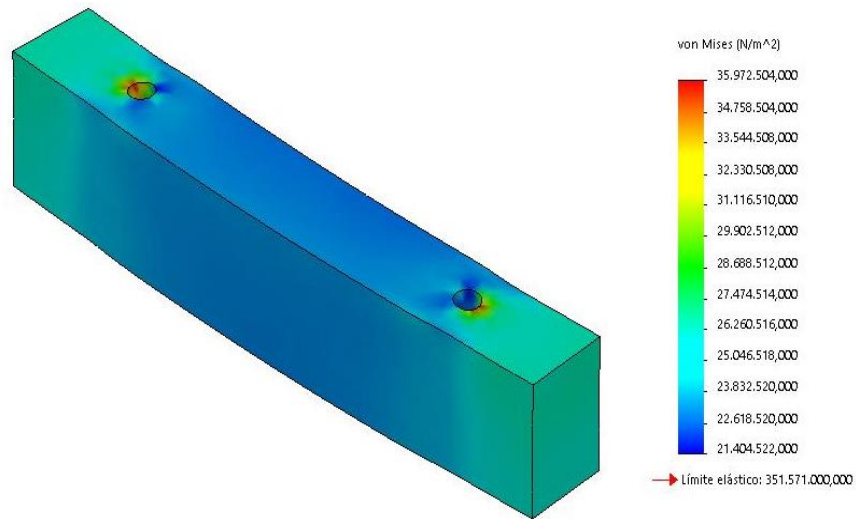


Figura 3. 50 Esfuerzos máximos en Placa Paralela

Fuente: Autor

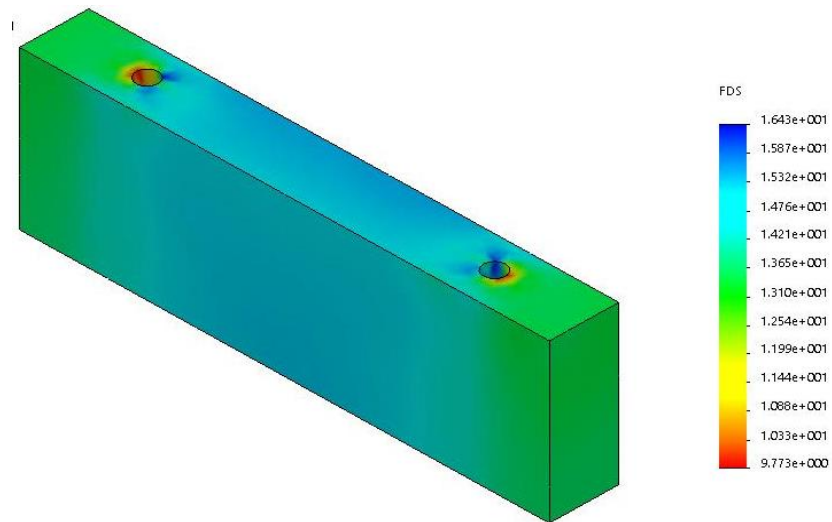


Figura 3. 51 Factor de seguridad Placa Paralela

Fuente: Autor

El factor de carga para las placas paralelas es de 4 (figura 3.52) la placa fallaría si este valor es menor a 1, la vida total de 1000000 ciclos (figura 3.53).

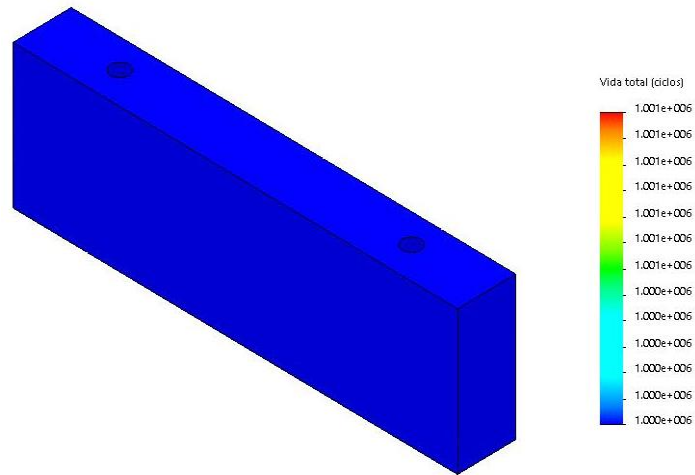


Figura 3. 52 Vida total (fatiga) placa paralela

Fuente: Autor

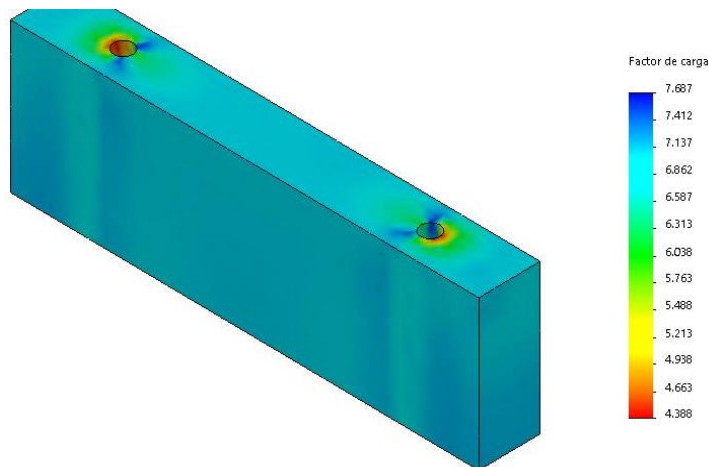


Figura 3. 53 Factor de carga (fatiga) Placa Paralela

Fuente: Autor

Placa Respaldo Superior

Esta soportara la fuerza de cierre del molde, en sus extremos va sujeta con bridas a la máquina en el momento del montaje durante la inyección soportara todo el peso del molde de inyección.

El esfuerzo máximo en estas placas es de 29.7 Mpa (figura 3.54), el factor de seguridad mínimo para la placa de respaldo superior es de 12 (figura 3.55), el factor de carga es de 15 (figura 3.56) y la vida llega a 100000 ciclos (figura 3.57).

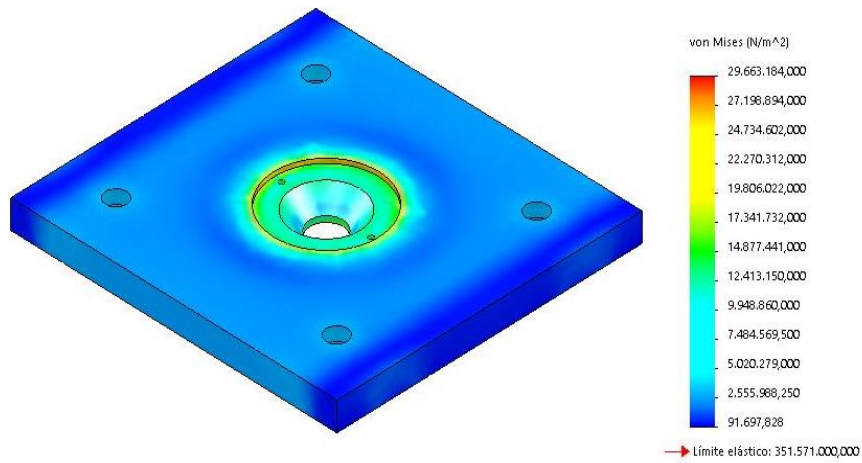


Figura 3. 54 Esfuerzos placa de respaldo superior

Fuente: Autor

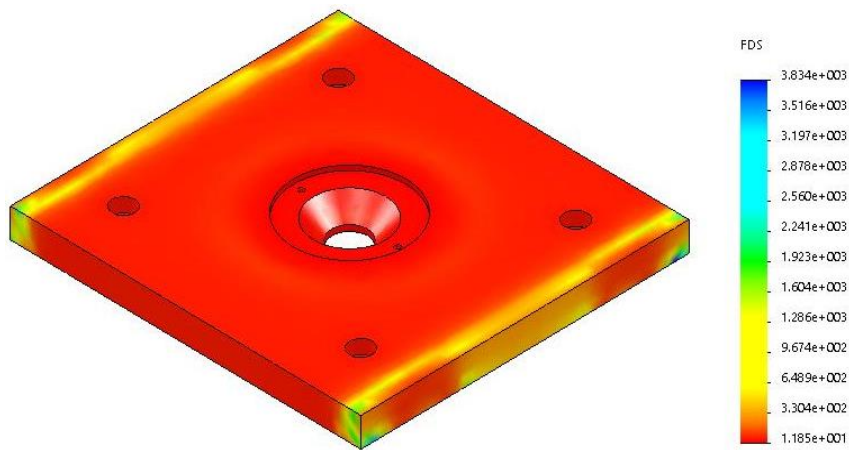


Figura 3. 55 Factor de seguridad Placa de Respaldo Superior

Fuente: Autor

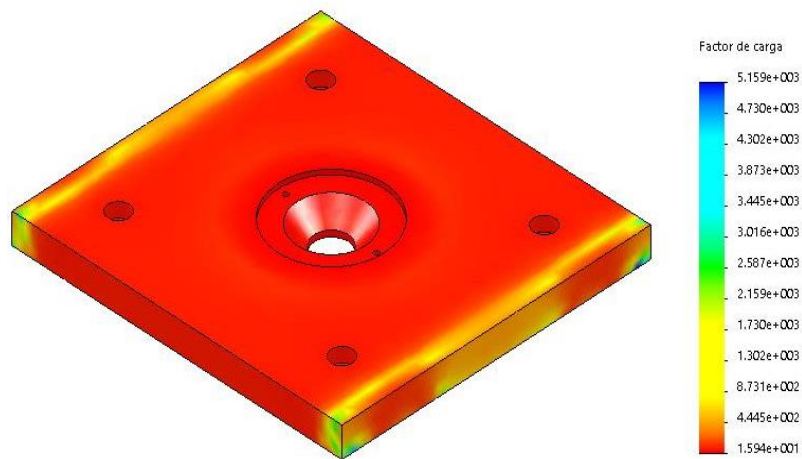


Figura 3. 56 Factor de carga (fatiga) placa respaldo superior

Fuente: Autor

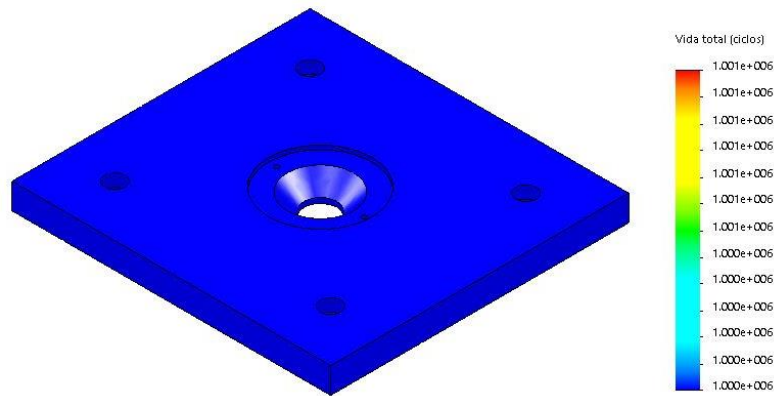


Figura 3. 57 Vida total (fatiga) Placa de Respaldo Superior

Fuente: Autor

Placas de expulsión

Estas están sometidas a la fuerza de que aplica el eje de expulsión en el centro de la placa de respaldo de expulsión, debido a su longitud y a que la placa de expulsión tiene muchas perforaciones se debe tomar en cuenta el pandeo que se genera al actuar el eje sobre estas placas.

El esfuerzo máximo es de 42.5 MPa (figura 3.58), el factor de seguridad mínimo para la placa de expulsión es de 15 (figura 3.59, 3.60), y para la placa de respaldo es de 40, el desplazamiento máximo es de 0.01mm (figura 3.61) que es un valor despreciable; la vida total de placa es de 1000000 de ciclos (figura 3.63), que sobrepasa lo necesario, el factor de carga es de 19 (figura 3.62) si este valor fuera inferior a uno las placas fallarían.

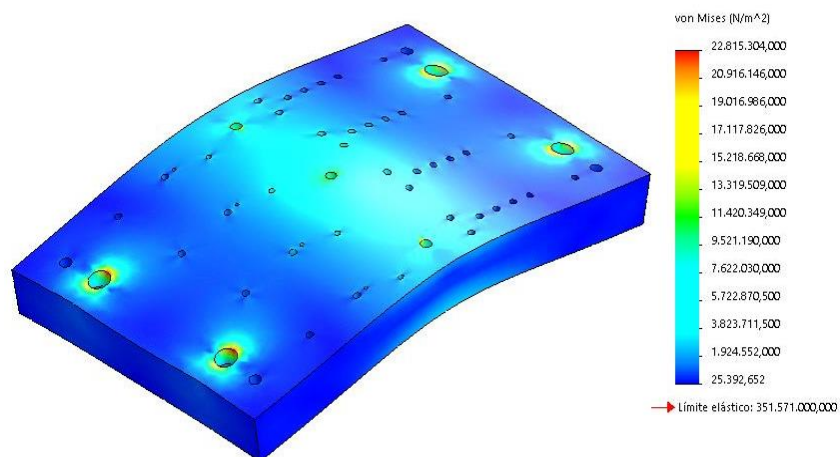


Figura 3. 58 Esfuerzos máximos Placas de expulsión

Fuente: Autor

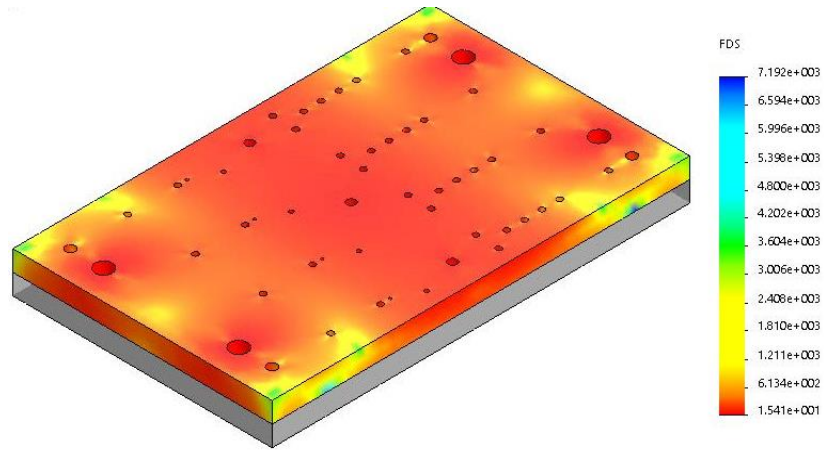


Figura 3. 59 Factor de seguridad placa de expulsión

Fuente: Autor

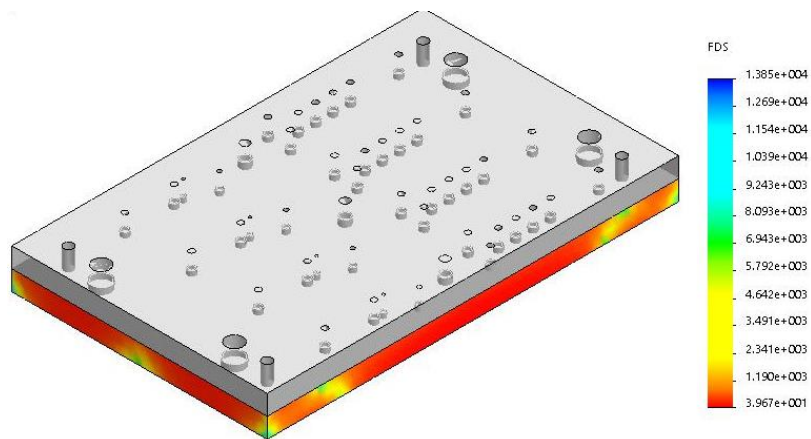


Figura 3. 60 Factor de seguridad placa respaldo expulsión

Fuente: Autor

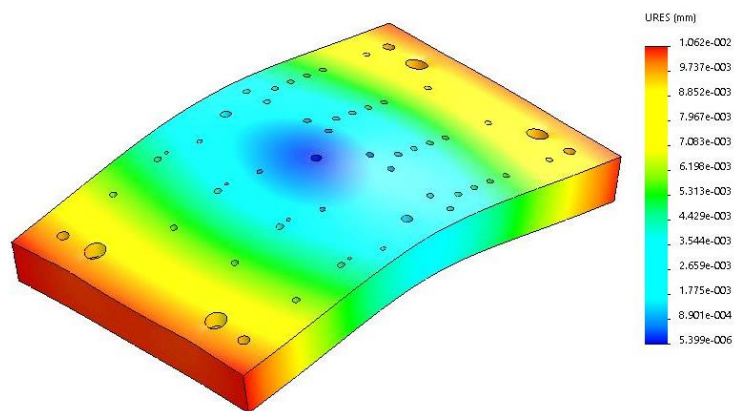


Figura 3. 61 Desplazamientos placas de expulsión

Fuente: Autor

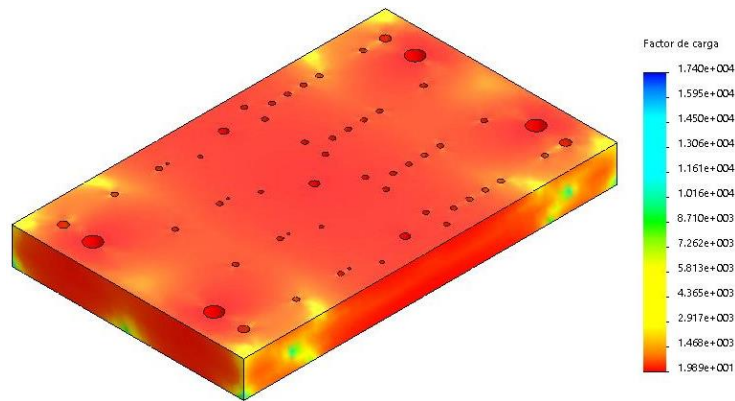


Figura 3. 62 Factor de carga (fatiga) Placas de expulsión

Fuente: Autor

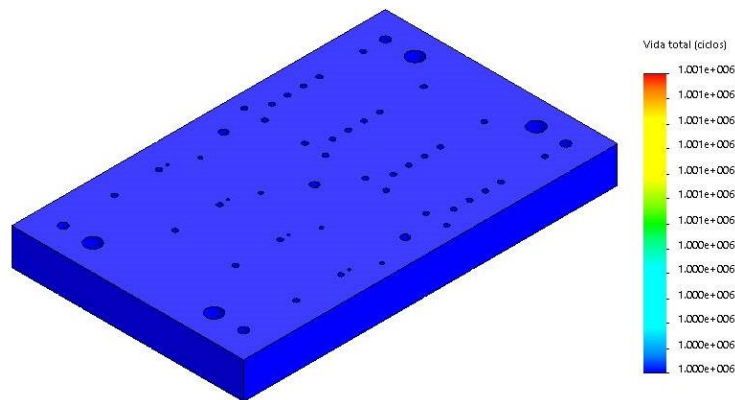


Figura 3. 63 Vida total (fatiga) Placas de Expulsión

Fuente: Autor

3.2.11 Determinación de velocidades de corte, avance, velocidad del husillo

3.2.11.1 Descripción del proceso de Cálculo

Para el cálculo de la velocidad del husillo utilizamos la velocidad de corte que varía según el tipo de herramienta que utilizamos, el material de la herramienta y el material a mecanizar, en el anexo A se muestran las fórmulas para el cálculo de los parámetros de corte, para las placas de cavidades de acero M238 de Böhler tomaremos los valores para los aceros de 85 a 110 Kg/mm², las placas porta molde de acero AISI 1020 estimamos los valores para acero de 40-50 Kg/mm².

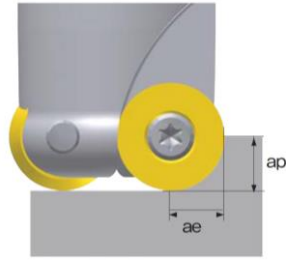


Figura 3. 64 Profundidad y ancho de corte (ap = Profundidad de corte; ae = Ancho de corte)

Fuente: [14] Catálogo KORLOY Herramientas de corte 2014, Pág. E138

Velocidad de corte

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

V_c = Velocidad de corte (m/min)

n = Velocidad del husillo R.P.M. (min^{-1})

D = Diámetro de la herramienta (mm)

De la fórmula 3.7 de velocidad de corte [14] V_c despejamos la velocidad del husillo [n]

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Avance por diente [14]

$$f_z = \frac{V_f}{n \times z} \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Donde:

V_f = Velocidad de Avance (mm/min)

f_z = Avance por diente (mm/diente)

z = número de dientes de la herramienta

Velocidad de Avance [14]

Para la velocidad de avance tomamos los valores recomendados por el catálogo de herramientas KORLOY para avance por diente en el Anexo A y utilizando la siguiente relación calculamos.

$$V_f = f_z \times n \times z \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Profundidad de corte

Para la profundidad de corte (figura 3.64) tomaremos valores recomendados por el catálogo de herramientas Korloy, que se muestra en el Anexo B estos también dependerán de la geometría de elemento, y de la robustez de la herramienta.

Antes de ser montadas en la máquina CNC todas las placas pasan por un proceso de fresado de planeado y cuadrado para dejarlas en las medidas determinadas en el plano, posteriormente se rectifican las superficies.

3.2.11.2 Determinación de valores de trabajo para la máquina CNC



Figura 3. 65 Herramienta para planeado de placas

Fuente: Autor

Para el planeado de placas se utilizara una herramienta de 80mm de diámetro con cuatro insertos (figura 3.65), para esta tenemos una velocidad de corte de 150 m/min para el acero M238 (Anexo B4) y 200 para el acero AISI 1020 tomado para el inserto (PC3545).

Tabla 3. 21 Descripción de la herramienta de planeado.

Herramienta	FMRC (M) 3080HRD		
Inserto	(PC3545)		
Descripción	Velocidad Husillo	Avance por diente	Avance
Planeado acero 30-40 HRC	600	0,3	720
Planeado Acero ~ 200HB	800	0,5	1600

Fuente: [14] Catálogo KORLOY Herramientas de corte 2014, Pág. E137

Porta Cavidad Inferior

En este elemento primero se realizará el mecanizado del encajonado para la cavidad inferior posteriormente el perforado y afinado de los agujeros para los bujes guía, terminado este proceso perforamos los agujeros de expulsión desde la parte posterior del molde. Los valores recomendados para el perforado se muestran en el anexo B10; para la herramienta FMRS3025 (Anexo B3) tomamos la velocidad de corte de 150

m/min (Anexo B4). En el afinado del encajonado tomamos los valores para IPFE 4160 (Anexo B5, B6)

Tabla 3. 22 Procesos de mecanizado placa porta cavidad inferior

Porta cavidad inferior											
Material	Unidad	AISI 1020									
Proceso		Desbaste Encajonado	Encajonado Afinado 1	Encajonado Afinado 2	Guías	Perforado					
Herramienta		FMRS 3025HRD-L	IPFE4160-100	IPFE4160-100	IPFE4160-100	1 Broca Hss	2 Broca Hss	3 Broca Hss	4 Broca Hss	5 Broca Hss	6 Broca Hss
Inserto		RDKT10T3 M0-MF (PC3545)									
Diámetro		25	16	16	16	22	2	3	4	6	12
Número de filos		2	4	4	4	2	2	2	2	2	2
Velocidad de corte	m/min	150	100	100	100	24	24	24	24	24	24
Profundidad de corte	mm	1,5	8	3,2	3,2	10	2	3	4	6	8
Velocidad del husillo	RPM	1910	1989	1989	1989	347	3820	2546	1910	1273	637
Avance fz	mm/diente	0,2	0,045	0,035	0,035						
Avance Vf	mm/min	764	358	279	279						
Avance por Revolución	mm/rev					0,3	0,08	0,09	0,1	0,2	0,2

Fuente: Autor

Porta Cavidad Superior

Para esta placa realizamos los mismos procesos de mecanizado que la placa porta cavidad inferior excepto los agujeros de expulsión.

Tabla 3. 23 Procesos de mecanizado placa porta cavidad superior

Porta cavidad Superior						
Material	Unidad	AISI 1020				
Proceso		Desbaste Encajonado	Encajonado Afinado 1	Encajonado Afinado 2	Guías	Perforado 1
Herramienta		FMRS 3025HRD-L	IPFE4160-100	IPFE4160-100	IPFE4160-100	Broca Hss
Inserto		RDKT10T3M0 -MF (PC3545)				
Diámetro		25	16	16	16	22
Número de filos		2	4	4	4	2
Velocidad de corte	m/min	150	100	100	100	24
Profundidad de corte	mm	1,5	10	3,2	3,2	10
Velocidad del husillo	RPM	1910	1989	1989	1989	347
Avance fz	mm/diente	0,2	0,045	0,035	0,035	
Avance Vf	mm/min	764	358	279	279	104
Avance por Revolución	mm/rev					0,3

Fuente: Autor

Cavidad Inferior

Se realiza primero el mecanizado exterior para el encajonado con la herramienta IPFE 4160 (Anexo B5) con velocidad del husillo y avance tomadas del anexo B6, posteriormente mecanizamos las cavidades, en estas se dejara una pared de 0.2mm la medida final estará dada por electroerosión, se perforará los agujeros desde la parte posterior los agujeros para la expulsión, para las herramientas IBE4000 (Anexo B7) tomamos los valores recomendados por el fabricante (Anexo B8).

Tabla 3. 24 Procesos de mecanizado placa cavidad inferior

Cavidad inferior										
Material	Unidad	M238								
Proceso		Encajonado	Desbaste Cavidades 1	Desbaste Cavidades 2	Perforado					Canales
Herramienta		IPFE4160-100	IBE4050-080	IBE4040-070	1 Broca Hss	2 Broca Hss	3 Broca Hss	4 Broca Hss	5 Broca Hss	IBE4060-090
Diámetro		16	5	4	2	3	4	6	12	6
Número de filos		4	4	4	2	2	2	2	2	4
Velocidad de corte	m/min	70	65	53	14	14	14	14	14	60
Profundidad de corte	mm	10	1,5	1,2	2	3	4	5	7	3
Velocidad del husillo	RPM	1393	4138	4218	2228	1485	1114	743	371	3183
Avance fz	mm/diente	0,055	0,016	0,016						0,022
Avance Vf	mm/min	306	265	270						280
Avance por Revolución	mm/rev				0,035	0,04	0,05	0,06	0,20	

Fuente: Autor

Cavidad Superior

Para esta placa realizamos los mismos procesos de mecanizado que la placa de cavidad inferior excepto los agujeros de expulsión.

Tabla 3. 25 Procesos de mecanizado placa cavidad superior

Cavidad Superior						
Material	Unidad	M238				
Proceso		Encajonado	Desbaste Cavidades 1	Desbaste Cavidades 2	Perforado 1	Canales
Herramienta		IPFE4160-100	IBE4050-080	IBE4040-070	Broca Hss	IBE4060-090
Diámetro		16	5	4	16	6
Número de filos		4	4	4	2	4
Velocidad de corte	m/min	70	65	53	14	60
Profundidad de corte	mm	0,4	1,5	1,2	2	3
Velocidad del husillo	RPM	1393	4138	4218	279	3183
Avance fz	mm/diente	0,055	0,016	0,016		0,022
Avance Vf	mm/min	306	265	270		280
Avance por Revolución	mm/rev				0,2	

Fuente: Autor

Placa Respaldo Inferior

Esta lleva los agujeros para los pernos que van de esta placa a la placa porta cavidad inferior, lleva también un agujero pasante en el centro para el eje de expulsión. Los parámetros de mecanizado para el perforado fueron tomados del anexo B10, para la herramienta IPFE4100 (Anexo B5) se tomaron los valores de avance y velocidad del husillo del anexo B6.

Tabla 3. 26 Procesos de mecanizado placa respaldo inferior

Placa respaldo inferior				
Material	Unidad	AISI 1020		
Proceso		Perforado 1	Perforado 2	Desbaste 01
Herramienta		Broca Hss	Broca Hss	IPFE4100-100
Diámetro		12,5	25	10
Número de filos		2	2	4
Velocidad de corte	m/min	14	14	100
Profundidad de corte	mm	2	2	2
Velocidad del husillo	RPM	357	178	3183
Avance fz	mm/diente			0,042
Avance Vf	mm/min	71,3	35,7	535
Avance por Revolución	mm/rev	0,2	0,2	

Fuente: Autor

Placa Respaldo Superior

En esta perforaremos los agujeros de amarres a la placa de cavidad superior, y también haremos el vaciado para el anillo centrador a la máquina, en esta lleva también el agujero para el bebedero.

Tabla 3. 27 Procesos de mecanizado placa respaldo superior

Placa respaldo superior				
Material	Unidad	AISI 1020		
Proceso		Perforado 1	Perforado 2	Desbaste 01
Herramienta		Broca Hss	Broca Hss	IPFE4100-100
Diámetro		12,5	25	10
Número de filos		2	2	4
Velocidad de corte	m/min	14	14	100
Profundidad de corte	mm	2	2	2
Velocidad del husillo	RPM	357	178	3183
Avance fz	mm/diente			0,042
Avance Vf	mm/min			535
Avance por Revolución	mm/rev	0,2	0,2	

Fuente: Autor

Paralelas

En estas se perfora los agujeros para el paso de los pernos de sujeción a la placa de cavidad inferior.

Tabla 3. 28 Procesos de mecanizado placas paralelas

Paralelas		
Material	Unidad	AISI 1020
Proceso		Perforado 1
Herramienta		Broca Hss
Diámetro		12,5
Número de filos		2
Velocidad de corte	m/min	14
Profundidad de corte	mm	8
Velocidad del husillo	RPM	357
Avance fz	mm/diente	
Avance Vf	mm/min	
Avance por Revolución	mm/rev	0,2

Fuente: Autor

Placa Expulsión

Perforaremos los agujeros para los expulsores posteriormente ampliaremos los agujeros en la parte posterior para la base de los expulsores, y los agujeros para la sujeción a la placa de respaldo, los parámetros de corte son los recomendados por N. Larburu en el anexo B10.

Tabla 3. 29 Procesos de mecanizado placa expulsión

Placa de expulsión						
Material	Unidad	AISI 1020				
		Perforado 1	Perforado 2	Perforado 3	Perforado 4	Perforado 5
Proceso						
Herramienta		Broca Hss	Broca Hss	Broca Hss	Broca Hss	Broca Hss
Inserto						
Diámetro		2	3	4	6	12
Número de filos		2	2	2	2	2
Velocidad de corte	m/min	24	24	24	24	24
Profundidad de corte	mm	2	2	2	2	2
Velocidad del husillo	RPM	3820	2546	1910	1273	637
Avance fz	mm/diente					
Avance Vf	mm/min					
Avance por Revolución	mm/rev	0,08	0,09	0,1	0,2	0,2

Fuente: Autor

Placa de respaldo expulsión

Esta lleva los agujeros para la sujeción a la placa de expulsión.

Tabla 3. 30 Procesos de mecanizado placa respaldo expulsión

Placa respaldo expulsión			
Material	Unidad	AISI 1020	
Proceso		Perforado 1	Perforado 2
Herramienta		Broca Hss	Broca Hss
Inserto			
Diámetro		6	8,5
Número de filos		2	2
Velocidad de corte	m/min	24	24
Profundidad de corte	mm	2	2
Velocidad del husillo	RPM	1273	899
Avance fz	mm/diente		
Avance Vf	mm/min		
Avance por Revolución	mm/rev	0,2	0,2

Fuente: Autor

Electrodo Tensor 01

El material a mecanizar es cobre recomendado para el proceso de mecanizado por Electro erosión; este electrodo tendrá la forma de la cavidad del tensor 01, los parámetros de corte para el cobre se muestran en el anexo B9

Tabla 3. 31 Procesos de mecanizado electrodo tensor 01

Electrodo tensor 01					
Material	Unidad	Cobre			
Proceso		Desbaste 01	Desbaste 02	Afinado 01	Afinado 02
Herramienta		Fresa Radio 2,5	Fresa Radio 2	Fresa Radio 2	Fresa Radio 1
Diámetro		5	4	4	2
Número de filos		2	2	2	2
Velocidad de corte	m/min	28	28	40	40
Profundidad de corte	mm	1	0,5	0,2	0,2
Velocidad del husillo	RPM	1783	2228	3183	6366
Avance fz	mm/diente	0,25	0,25	0,15	0,15
Avance Vf	mm/min	891	1114	955	1910

Fuente: Autor

Electrodo Tensor 02

El material a mecanizar es cobre recomendado para el proceso de mecanizado por Electro erosión, este tendrá la forma de la cavidad del tensor 02.

Tabla 3. 32 Procesos de mecanizado placa electrodo tensor 02

Electrodo tensor 02					
Material	Unidad	Cobre			
Proceso		Desbaste 01	Desbaste 02	Afinado 01	Afinado 02
Herramienta		Fresa Radio 2,5	Fresa Radio 2	Fresa Radio 1,5	Fresa Radio 1
Diámetro		5	4	3	2
Número de filos		2	2	2	2
Velocidad de corte	m/min	28	28	40	40
Profundidad de corte	mm	1	0,5	0,2	0,2
Velocidad del husillo	RPM	1783	2228	4244	6366
Avance fz	mm/diente	0,25	0,25	0,15	0,15
Avance Vf	mm/min	891	1114	1273	1910

Fuente: Autor

3.2.12 Mecanizado del molde y ensamblaje.

3.2.12.1 Descripción del proceso de mecanizado

Generar códigos para la máquina

Existen varios software para generar los códigos para el mecanizado, en estos se encuentran varios procesos para optimizarlo, dependiendo de la geometría y dimensiones del elemento que queremos obtener, la aplicación de estos procesos están a criterio del programador.

El mecanizado se realizará en máquinas de tres ejes, todas con control FANUC

Para la sujeción de las herramientas al husillo se utiliza un cono de sujeción CAT40

Sujeción de la placa en la mesa de la máquina.

La sujeción a la mesa de la máquina se hace con bridas teniendo en cuenta que no interfiera con las partes que serán mecanizadas.

Asignación de centros y calibración del cero en la máquina, para cada herramienta.

Se realiza con la ayuda de un eje localizador de centros (figura 3.66), después de esto se ingresa los datos de los ejes “X” e “Y” en la máquina. Quedando centrado el husillo en la placa se ingresa la referencia del eje Z, para los cambios de herramienta se ingresa la longitud de compensación de altura para cada herramienta.



Figura 3. 66 Localizador de centros

Fuente: http://www.starrett.com.ar/productos/images_prod/Localizador-de-Arestas-Serie-827_ImgProd2355.jpg

3.2.12.2 Tiempos de mecanizado

A continuación se detalla el tiempo estimado de mecanizado de cada una de las placas del molde

Placa Porta Cavidad Superior

Tabla 3. 33 Descripción tiempo de mecanizado Placa Porta Cavidad Superior.

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	108
Encajonado	260
Guías	15
Perforación	25
Cabezas Pernos	15
Total	423
Total (horas)	7,05

Fuente: Autor

Placa Porta Cavidad Inferior

Tabla 3. 34 Descripción tiempo de mecanizado Placa Porta Cavidad Superior.

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	108
Encajonado	260
Guías	15
Perforación	95
Cabezas Pernos	15
Total	493
Total (horas)	8,22

Fuente: Autor

Placa Cavidad Inferior

Tabla 3. 35 Descripción tiempo de mecanizado Placa Cavidad Inferior

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	105
Contorno Encajonado	94
Horizontal Cavidades 01	200
Horizontal Cavidades 02	168
Canales	38
Perforación	126
Total	731
Total (horas)	12,18

Fuente: Autor

Placa Cavidad Superior

Tabla 3. 36 Descripción tiempo de mecanizado Placa Cavidad Superior

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	105
Contorno Encajonado	94
Horizontal Cavidades 01	200
Horizontal Cavidades 02	168
Canales	35
Perforación	12
Total	614
Total (horas)	10,23

Fuente: Autor

Placa Respaldo Inferior

Tabla 3. 37 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Inferior

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	110
Perforación	12
Cabezas Pernos	15
Guías	10
Total	147
Total (horas)	2,45

Fuente: Autor

Placa Respaldo Superior

Tabla 3. 38 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Superior

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	65
Perforación	18
Cabezas Pernos	15
Guía	10
Anillo Centrado	105
Total	213
Total (horas)	3,55

Fuente: Autor

Paralelas

Tabla 3. 39 Descripción tiempo de mecanizado Paralelas

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	85
Perforación	21
Total	106
Total (horas)	1,77

Fuente: Autor

Placa Expulsión

Tabla 3. 40 Descripción tiempo de mecanizado Placa Expulsión

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	48
Perforación	72
Guías	10
Anillo Centrado	105
Cabezas Expulsores	31
Total	266
Total (horas)	4,43

Fuente: Autor

Placa Respaldo Expulsión

Tabla 3. 41 Descripción tiempo de mecanizado Placa Respaldo Expulsión

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Planeado	48
Perforación	18
Cabezas Pernos	12
Total	78
Total (horas)	1,30

Fuente: Autor

Electrodo 01

Tabla 3. 42 Descripción tiempo de mecanizado Electrodo 01

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Desbaste	186
Acabado	318
Total	504
Total (horas)	8,40

Fuente: Autor

Electrodo 02

Tabla 3. 43 Descripción tiempo de mecanizado Electrodo 02

Proceso de Mecanizado	Tiempo de Mecanizado (minutos)
Desbaste	152
Acabado	294
Total	446
Total (horas)	7,43

Fuente: Autor

Tiempos adicionales de proceso que se hacen de forma manual

Tabla 3. 44 Descripción de tiempos adicionales al mecanizado

Adicionales		
Descripción	Tiempo individual (min)	Total (minutos)
Centrado Placas	25	325
Roscado	8	160
Escariado	5	210
Ajustes	--	90
Total		785
Total Horas		13,0

Fuente: Autor

Transmisión de códigos a la máquina

La transmisión de código se la hace directamente del computador a la máquina a través de un cable RS 232 y desde un programa enviamos el archivo con los códigos.

Uso de refrigerante

Por la exigencia del mecanizado se necesita usar refrigerante para que la herramienta y el material no sufran un calentamiento excesivo, para el fresado y taladrado de

acero aleado de más de 90 Kg/mm² se recomienda un lubricante de agua con 8% de aceite soluble (Taladrina).

Para el fresado de cobre se utiliza agua con 5% de aceite soluble (Taladrina), como se muestra en el anexo C.

3.3 Descripción de Planos

En la sección planos (pág. 125) se muestran todos los detalles y dimensiones del molde

Plano 01, 02

En estos están detalladas las medidas finales de los tensores después de ser inyectados, con las tolerancias permitidas para estos elementos, cada uno llevara un tornillo en el caso del Tensor 01 tiene un tornillo M6 y para el Tensor 02 un tornillo M5.

Plano 03, 04, 05

En el plano 03 van asignados con un número cada una de las piezas que componen el molde en una vista explosionada, en el plano 04 se muestra la tabla con los detalles de cada una de las piezas, el número asignado, nombre, número de elementos, y la norma de cada uno, en el plano 05 se muestra las dimensiones totales del molde.

Plano 06, 07, 08, 09, 10

En el plano 06 se muestran las medidas de la placa de cavidad superior, con las debidas tolerancias para el acople con la placa Porta cavidad inferior (plano 10), en el plano 07 está la placa de cavidad inferior, la placa porta cavidad inferior (plano 08) lleva también los agujeros para las varillas de expulsión, en el plano 09 está la tabla con las coordenadas de los agujeros de expulsión, estas medidas son las mismas para la placa de cavidad inferior, placa porta cavidad inferior y la placa de expulsión, teniendo como referencia el centro de cada una.

Plano 11, 12, 13, 14, 15

En el plano 11 se muestra las dimensiones de la placa de cavidad Superior, en el plano 12 la placa Porta cavidad Superior, en el plano 13 se muestra la palca paralela. En el plano 14 se muestra la placa de expulsión con los agujeros para los expulsores 15 la placa de respaldo de expulsión.

3.4 Precio unitario

Para el cálculo precio unitario tomamos en cuenta el costo total del molde, la materia prima, los tornillos de cada tensor, el costo hora de la máquina de inyección, y la presencia de un operador en la máquina.

Tabla 3. 45 Descripción de valores totales, para el cálculo del precio unitario

Descripción	Valor
Producción	80000
Tiempo de ciclo [s]	48
Número de cavidades	8
Molde [\$]	3108,42
Hora Máquina Inyección [\$/h]	15
Hora Hombre [\$/h]	2,60
Peso tensor 01 [g]	33,43
Peso tensor 02 [g]	15,06
Material \$/Kg	2,27

Fuente: Autor

Tabla 3. 46 Descripción de Valores por unidad

Descripción	Tensor 01	Tensor 02
Costo molde \$/unidad	0,039	0,039
Costo material \$/unidad	0,076	0,034
Costo operador \$/unidad	0,004	0,004
Costo hora Máquina \$/unidad	0,025	0,025
Costo Tornillo \$/unidad	0,100	0,070
Total	0,24	0,17

Fuente: Autor

3.5 Medidas Ambientales

3.5.1 Las taladrinas usadas [15]

Las taladrinas son una serie de productos empleados mayoritariamente en la industria del mecanizado metálico por sus propiedades lubricantes y refrigerantes en las operaciones donde existe un contacto directo entre la pieza que se moldea o transforma y la herramienta utilizada para ello. Se suelen presentar como concentrados para ser diluidos en agua, en distintas proporciones, entre el 2 y el 5%, y en función de los diferentes usos. Así, la taladrina optimiza las condiciones físico-químicas de la zona de contacto entre metales reduciendo la fricción y, con ello, facilitando el acabado de la superficie metálica y alargando la vida útil de la herramienta. Además la taladrina previene el sobrecalentamiento de las piezas y la maquinaria, evacúa la viruta resultante y evita el óxido.

Con su utilización y el estrés mecánico al que se someten, las propiedades de las taladrinas van desapareciendo, reduciéndose su rendimiento y contaminándose el producto con agentes externos tales como aceites y grasas, partículas sólidas metálicas, microorganismos, polvo ambiental, etc.

Con el uso, las propiedades de las taladrinas van desapareciendo, reduciéndose su rendimiento y contaminándose con agentes externos como aceites y grasas, partículas sólidas metálicas, microorganismos, polvo ambiental, etc.

Esta combinación de agentes externos, unidos a los componentes propios de la taladrina, convierten a estos productos, una vez que se encuentran agotados, en residuos altamente contaminantes, tanto para el medio ambiente como para los propios operarios que las manejan. Las taladrinas usadas o agotadas pueden contener metales pesados, biocidas, gérmenes nocivos y sustancias en descomposición, nitrosaminas, compuestos de boro, etc., por lo que están consideradas como residuo peligroso por la normativa europea y española.

3.5.2 Gestión del aceite industrial usado

Desde el 7 de noviembre de 2006 se aprobó la resolución de consejo 871, resolvió aprobar la Ordenanza para el manejo ambiental de aceites, pilas y acumuladores usados en el cantón Ambato [16], dice:

Capítulo I Art. 4

j) Los aceites de corte de taladrina y los dieléctricos (de transformadores) deben ser almacenados en sus recipientes de origen, quedando prohibido almacenar en recipientes plásticos y de asbesto- cemento.

Capítulo I Art. 5 Para ejercer la actividad de cambio, almacenamiento de aceites lubricantes, dentro de la jurisdicción del cantón Ambato, se requiere obtener el correspondiente permiso ambiental previa inscripción y registro, que para estos efectos mantendrá la Dirección de Higiene, Salud Pública y Ambiente.

Capítulo I Art. 12

a) Todo vertido de aceite usando en aguas superficiales, subterráneas y en los sistemas de alcantarillado o evacuación de aguas residuales.

b) Usarlos en actividades agropecuarias.

c) Infiltrarlos en el suelo.

d) Mezclarlos con los policloro de fenilos ni con otros residuos tóxicos y peligrosos.

e) La movilización con personas, animales, medicamentos, y alimentos determinados ara algunas de estas labores.

f) La movilización y almacenamiento en tambores con capacidad menor a 55 galones, salvo que realice en vehículos tanque destinados para el efecto.

j) El almacenamiento en tanques fabricados de concreto, revestido en concreto y/o asbesto- cemento.

k) La disposición de aceites, grasas y lubricantes usados o de materiales contaminados con estos, usados mediante los servicios de recolección de residuos domésticos.

3.5.3 Condiciones de recogida de las taladrinas usadas.

Además de su potencial contaminante, las taladrinas usadas conllevan una costosa gestión porque, al contener grandes cantidades de agua, el residuo resultante representa volumen muy superior al del producto original y, además, bajo la forma de una sustancia fuertemente emulsionada, que requiere complejos procesos de tratamiento y separación.

Sin embargo, es común a todos estos casos que el residuo sea una emulsión en la que el aceite usado propiamente dicho, es decir, la parte oleosa del residuo, representa un volumen muy pequeño en relación al total. Precisamente, esta característica impide la gestión tradicional del residuo (vía regeneración o fabricación de combustible) e implica muy superiores costes de gestión, especialmente por cuanto han de realizarse trabajos previos de separación o 'rotura' de la mezcla, mediante procesos tales como coagulación, floculación y decantación o flotación.

3.5.4 Proceso de gestión

El aceite usado de procedencia industrial puede presentar unas características muy poco homogéneas si proviene de productos de muy diverso tipo (aceites hidráulicos, aislantes, térmicos, de corte o de transmisiones) que han formado parte de múltiples procesos con contaminación (o no) por parte de elementos externos. Entre esta amplia casuística se encuentran las taladrinas usadas que, como se ha descrito, presentan una pequeña fracción de aceite muy emulsionada en un gran volumen acuoso. Habitualmente, el tratamiento consiste en separar primero la parte oleosa del residuo, aquella cuya gestión está financiada por el sistema, mediante procesos de filtración, decantación, centrifugación, deshidratación, o calefacción. Posteriormente se descontamina de metales pesados mediante diferentes tratamientos químicos (desmetalización). Se obtiene de esta forma un producto utilizable como combustible

alternativo al fuel oil industrial, del que se aprovecha el gran poder calorífico del aceite usado.

3.6 Presupuesto

Para el presupuesto tomamos en cuenta el valor de mecanizado, costo de materiales y mano de obra, accesorios del molde

Tabla 3. 47 Descripción Materiales, peso y costo

Descripción	Material	Cantidad	Dimensiones	Peso [Kg]	Costo [dólares]
Cavidad Superior	M238	1	225x180x30	9,60	86,00
Cavidad Inferior	M238	1	225x180x30	9,60	86,00
Porta cavidad Superior	AISI 1020	1	295x265x50	30,88	62,25
Porta cavidad Inferior	AISI 1020	1	295x265x50	30,88	62,25
Placa Respaldo Superior	AISI 1020	1	295x315x25	18,35	37,00
Placa Respaldo Inferior	AISI 1020	1	295x315x25	18,35	37,00
Placa expulsión	AISI 1020	1	295x185x15	6,47	13,04
Placa Respaldo expulsión	AISI 1020	1	295x185x15	6,47	13,04
Paralelas	AISI 1020	2	295x95x38	8,41	33,92
Electrodo Tensor 01	Cobre	1	65x40x25	0,59	9,83
Electrodo Tensor 02	Cobre	1	50x50x25	0,56	9,45
Total					449,78

Fuente: Autor

Tabla 3. 48 Descripción costo de accesorios para el molde

Accesorios	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Expulsor 2mm	4	1,80	7,20
Expulsor 3mm	4	2,00	8,00
Expulsor 4mm	36	2,12	76,32
Expulsor 6mm	3	2,42	7,26
Expulsor 12mm	4	3,06	12,24
Buje Guía	4	11,00	44,00
Columna Guía	4	15,00	60,00
Perno M12x120	4	1,72	6,88
Perno M12x40	4	0,78	3,12
Perno M8x30	8	0,42	3,36
Bebedero	1	15,00	15,00
Anillo centrador	1	6,00	6,00
Resorte	4	8,00	32,00
Total			281,38

Fuente: Autor

Tabla 3. 49 Costo total del molde

Costo Total Molde					
Descripción	Costo Hombre	Costo máquina	Hora Hombre	Hora Máquina	Total
Diseño	10,00	1,50	25,0	25,0	287,50
Materiales	-	-	-	-	449,78
Accesorios Molde	-	-	-	-	281,38
Programación CAM	8,00	1,50	6,0	6,0	57,00
Rectificado	2,80	10,00	2,0	12,0	125,60
Mecanizado CNC	5,00	21,00	12,0	67,0	1467,35
Mecanizado convencional	3,20	10,00	6,0	6,0	79,20
Mecanizado Electroerosión	3,20	15,00	3,0	12,0	189,60
Nitruración (\$6,72 por Kg)	-	-	-	-	129,00
Ensamblaje	2,80	0,00	2,0	0,0	5,60
Adicionales	2,80	0,00	13,0	0,0	36,40
Total					3108,42

Fuente: Autor

El costo total de molde es de 3108.42 dólares

3.7 Cronograma valorado de trabajo

N°	Actividad	Mes	Noviembre					Diciembre					Enero				Febrero				Marzo			
		Semana	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Diseño Conceptual (dimensionamiento del producto)		■	■	■	■	■																	
2	Diseño preliminar del molde					■	■																	
3	Simulación de inyección y tensiones en placas					■	■	■																
4	Dimensionamiento del molde de inyección						■	■	■															
5	Ejecución de Planos							■	■															
6	Cálculo de parámetros de corte (Velocidad de husillo, avance, profundidad de corte)							■	■	■														
7	Planeado y Rectificado de placas								■	■														
8	Mecanizado de placas de Cavidad									■	■	■	■											
9	Mecanizado de Placas Porta molde										■	■	■											
10	Electroerosión de placas de cavidad											■	■											
11	Corrección de alturas de expulsores												■											
12	Ensamblaje y ajuste del molde													■										
13	Pruebas de Inyección														■									
14	Nitruración de placas de cavidad														■	■								
15	Ensamblaje y ajuste del molde																■							
16	Informe Final, Conclusiones y Recomendaciones							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

3.8 Especificaciones Técnicas

Número de cavidades: 8, 4 tensores laterales y 4 transversales.

Dimensiones:

Largo: 310 mm

Ancho: 290 mm

Espesor molde: 240 mm

Tamaño de perno tensor 01: M6 x 75

Tamaño de perno tensor 02: M5 x 65

Material de Placas de cavidad: Acero Böhler M238 (AISI P20)

Materiales de Placas porta molde: Acero AISI 1020

Especificaciones para la máquina de inyección

Fuerza de cierre máxima: 28 toneladas

Volumen de inyección: 221.5 cm³

Volumen de Cavidades: 212.5 cm³

Volumen de sistema de canales: 8.7 cm³

Presión de inyección: 32.6 Mpa

Temperatura de inyección: 195°C

Longitud de carrera de expulsión: 40mm

Líquido refrigerante: Agua a temperatura ambiente.

Mantenimiento del molde de inyección

Un mantenimiento deficiente del molde acarrea un deterioro de la calidad de la pieza y de las condiciones de moldeo hasta el punto que se requerirá un procesado agresivo en vistas a obtener piezas de calidad aceptable. Para compensar las inyectadas cortas o las rebabas en los productos detectadas por los operarios, éstos tienden a aumentar las presiones de inyección y luego incrementar las fuerzas de cierre para mantener el molde cerrado durante la inyección. Esto conduce a un proceso degenerativo de aumento de la fuerza de cierre, que a su vez conlleva un desgaste acelerado del molde. El resultado es la inactividad innecesaria y costosa que hubiera podido evitarse mediante la simple aplicación de un programa de mantenimiento válido.

Limpieza del molde

Se debe limpiar cuidadosamente las superficies de cierre, las salidas de aire, utilizando limpiadores adecuados y estén completamente libres de restos de material que pueden hacer que las superficies de contacto se vayan deteriorando, poco a poco.

Lubricación

Posterior a la limpieza las guías y las columnas de deslizamiento, deben ser lubricadas, para tener un buen funcionamiento del molde, se debe usar lubricantes de alta calidad para evitar el desgaste prematuro de estos componentes.

Seguridad

Para el transporte y montaje del molde se debe utilizar una pluma grúa y este debe estar perfectamente sujetado, para evitar accidentes, en la máquina se fijara con bridas las dos partes, con la cavidad superior centrada en el lado de inyección.

CAPÍTULO 4

4.1. Conclusiones

- Se determinaron los parámetros necesarios para el diseño, partiendo del volumen que es 36.09 cm^3 para el tensor 01 16.7 cm^3 para el tensor 02; el material de la pieza que vamos a inyectar es Polipropileno, con el volumen máximo de inyección que es de 221.2 cm^3 y la velocidad de plastificación de la máquina inyectora Chen Hsong Ibérica EM150-SVP/2 B obtuvimos un molde de 8 cavidades 4 de cada tensor.
- Se estimó una fuerza de cierre de 28.8 toneladas, necesaria durante la inyección tras la simulación se determinó un valor más exacto de 23 toneladas.
- Los tensores son parcialmente simétricos por lo tanto la cavidad inferior y superior son casi idénticas, el cierre del molde es plano sin la necesidad de utilizar postizos desmontables, ni placas deslizantes.
- Para el sistema de expulsión se utilizaron varillas expulsoras ensambladas a dos placas, que al ser accionadas por el eje de la maquina empujan los tensores inyectados fuera de las cavidades.
- Las dimensiones de las placas de cavidad se estimaron en relación a la profundidad de las cavidades, su distribución dentro del molde, y la necesidad de hacer agujeros para la refrigeración, con esto se obtuvo un molde de ancho 310mm largo 290mm y una altura de 240mm que no sobrepasa las dimensiones máximas ni mínimas de la placa porta moldes de la máquina.
- Tras analizar la inyección en el molde se tomaron los datos de presión de inyección y fuerza máxima de cierre para la simulación de esfuerzos en las placas constitutivas del molde, asignándoles el material y espesores estimados.
- Para los parámetros de corte se tomó en cuenta las herramientas disponibles en el taller de la empresa Multiaccesorios MG, según las recomendaciones del fabricante de la herramienta se tomaron los valores de velocidad de corte

y avance, con el valor de la velocidad de corte y el diámetro de la herramienta se calculó su velocidad de rotación.

- Para la sujeción de los tornillos a la cavidad inferior del molde se utilizaron imanes caso contrario por la posición vertical del molde estos tenderían a caerse o moverse y provocar un choque entre estos y las placas de cavidad.
- Los accesorios del molde como son varillas expulsoras, guías, bebedero, anillo centrador y pernos, no se construyeron debido a que estas están normalizadas por DIN 16761, DIN 1530, DIN 16752 y pueden ser adquiridas de diferentes proveedores.
- El ciclo de inyección dura aproximadamente 48,5 segundos, el tiempo de inyección es de 1.5 segundos mayor al que se generó en la simulación del diseño, el tiempo de enfriamiento es de 35 segundos tiempo que permanecerá cerrado el molde, después de la apertura y expulsión, se colocan los tornillos en las cavidades esto toma alrededor de 10 a 12 segundos
- El producto terminado tiene muy buen aspecto, se tomaron medidas referenciales para compararlos con los expuestos en los planos existiendo una tolerancia de ± 0.2 mm, que está en el rango previsto.

4.2. Recomendaciones

- Para el mecanizado se recomienda el uso constante de taladrina, esto ayuda a que exista un mejor proceso de mecanizado, que la herramienta no se recaliente, y tenga una mayor vida útil.
- Los canales de distribución y el bebedero deben estar perfectamente pulidos en dirección al flujo del plástico.
- Durante el montaje de las placas para el mecanizado se debe tener mucho cuidado en su transporte, por sus dimensiones su peso podrían causar graves daños físicos si se cayera. De ser necesario se debe utilizar una grúa para el transporte de las placas.
- Para el centrado en la máquina el husillo no debe estar en movimiento, se debe usar un reloj palpador para alinear las caras de la placa con los ejes de la máquina; para el determinar el centro de la placa en donde será el sistema de referencia para el mecanizado se usa un localizador de bordes.

- En el ensamblaje del molde se debe señalar el orden de montaje de las placas, para sí posteriormente se necesita desarmarlo el ensamblaje se vuelva a hacer de la forma correcta.
- Para el montaje del molde en la máquina se debe tener mucha precaución y además utilizar zapatos de seguridad, guantes, ya que el molde es un tamaño considerable y por su peso podría causar accidentes o graves daños al personal si no se manipula adecuadamente.
- Debido a que se necesita poner los tornillos en el molde antes de la inyección se debe tener mucho cuidado con este proceso, además que la máquina no empieza el ciclo si está abierta alguna de las puertas de la misma.
- La rugosidad generada por el mecanizado por electroerosión puede generar que la pieza quede retenida en la cavidad del molde para esto se recomienda tener un ángulo de salida considerable.
- El material que queda de residuo en los canales de distribución y el bebedero puede reutilizar después de pasarlo por un molino y separarlo de impurezas, se debería analizar si el material tiene las mismas características del material virgen.
- La taladrina agotada no tiene ningún proceso de recuperación después de ser usada se recomienda la utilización de un proceso de almacenamiento y posterior desecho de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Sáenz, “*Elaboración de artículos plásticos para el hogar*”, Centro de Investigaciones Económicas y de la Micro, Pequeña y mediana Empresa, Ecuador, Octubre 2011.
- [2] H. Gastrow, *Moldes de Inyección para Plásticos 100 casos prácticos*, 2da ed., España, Ed. Barcelona activa, 1992
- [3] G. Menges, G. Mohren, *Moldes para Inyección de Plástico*, 3ra ed., México D.F., Ed. Calypso, 1983
- [4] M. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna*, 3ra ed., México D.F., Ed. McGraw- Hill, 2007
- [5] S. Kalpakjian, S. Schmid, *Manufactura, ingeniería y tecnología*, 5a ed., México, Ed. Pearson, 2008
- [6] W. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, 2da ed., España, Reverte, 2007
- [7] M. Solá, *Electromecanizado: electroerosión y mecanizado electroquímico*, 1ra ed., España, Marcombo, 1989
- [8] Taller de tecnología departamento de diseño industrial Universidad Nacional de la Plata, *Programación de control numérico*, disponible en: <http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>
- [9] M. Saguay, R. Torres, “*Análisis de comportamiento de medios dieléctricos ante las altas tensiones eléctricas*”, Universidad de Cuenca, 2011, disponible en: dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/687/1/te319.pdf
- [10] D. Rosato, D. Rosato, M. Rosato, *Injection Molding Handbook*, 3ra ed., Norwell Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, 2000
- [11] H. Dubois, *Plastic mold engineering handbook*, 4ta ed., New Jersey, Manukau Polytechnic, 1990
- [12] Royme, *Catálogo Normalizados para Matriceria*, España, 2014
- [13] Böhler, *Manual de aceros especiales*, 2a ed., Quito, 2011

- [14] Korloy, *Herramientas de Corte*, Catálogo 2014
- [15] E. Lecea, “*Taladrinas: un caso especial de gestión de aceites usados*”, Interempresas, Reciclaje y Gestión de recursos, disponible en: <http://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/100230-Taladrinas-un-caso-especial-de-gestion-de-aceites-usados.html>
- [16] Municipalidad de Ambato, “*Ordenanza para el manejo ambiental de aceites, pilas y acumuladores usados en el cantón Ambato*”, 2006.
- [17] N. Larburu, *Máquinas Prontuario*, 13a ed., España, Paraninfo, 2005
- [18] A. Casillas, *Cálculo de Taller*, 40a ed., España, Máquinas, 2008

Anexos

Anexo A Características de la máquina Chen Hsong Ibérica EM150-SVP/2 B

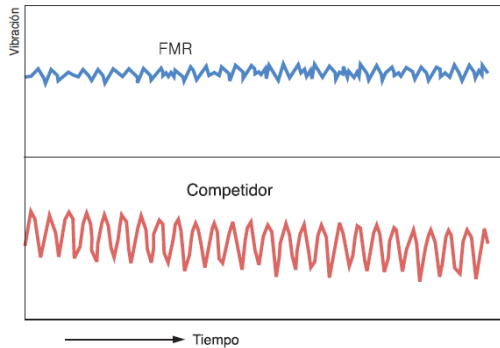
Descripción		EM80-SVP/2			EM120-SVP/2			EM150-SVP/2			EM180-SVP/2		
Unidad de Inyección													
Tipo husillo		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Diámetro	mm	31	36	42	36	42	46	42	46	52	46	52	60
Volumen inyección	cm ³	121	163	221	163	221	265	277	332	425	382	488	650
Peso máximo (PS)	g	113	150	203	150	203	244	255	305	391	351	449	598
Presión máxima de inyección	bar	2140	1590	1162	1926	1416	1172	1977	1651	1294	2160	1692	1284
Relación L/D del husillo	L/D	23	20	17	23	20	18	22	20	18	23	20	17
Velocidad de plastificación	g/s	6.6	10.8	15.1	11.7	16.4	22.2	13.8	18.6	25.5	19.9	27.3	36.4
Velocidad de inyección	cm ³ /s	64	86	117	107	146	175	131	157	200	170	218	290
Carrera husillo	mm	160			160			200			230		
Revoluciones del husillo	rpm	185			200			170			180		
Unidad de Cierre													
Fuerza de cierre	T	80			120			150			180		
Carrera de apertura	mm	320			340			410			460		
Espacio entre columnas	mm x mm	355 x 300			410 x 360			455 x 425			505 x 500		
Max. daylight	mm	640			720			860			960		
Grueso del molde (min - max)	mm - mm	130 - 320			145 - 380			160 - 450			180 - 500		
Carrera expulsor	mm	80			100			100			130		
Fuerza expulsor	kN	27			42			42			49		
Potencia / Calefacción													
Sistema de presión	bar	175			175			175			175		
Potencia del motor	kW	11			16			16			30		
Potencia calefacción	kW	6.5			9			9.5			10		
Zonas control temperatura		4			4			4			5		

Anexo B

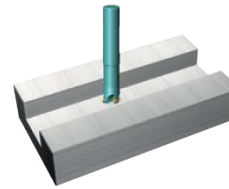
Anexo B1 Fórmulas para el cálculo de parámetros de mecanizado

Catálogo KORLOY 2014, Página E138.

Prueba de Vibración FMR



Ej. Maquinado



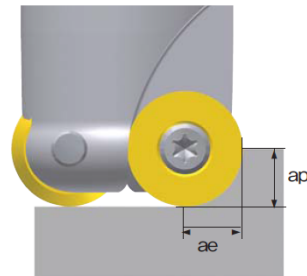
- **Pieza Trabajo** STD11
- **Condición Corte** $vc = 200\text{m/min}$
 $fz = 0.40\text{mm/t}$
 $ap = 2.0\text{mm}$
 $ae = 4.0\text{mm}$
- **Denominación** FMRS3032RD-S
RDKT10T3M0-MM
(PC3535)

Formulas para Fresado

Vel de Corte	RPM
$vc = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$ (m/min)	$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times D}$ (min ⁻¹)

Avance (por diente)	Avance (por minuto)
$fz = \frac{vf}{n \times z}$ (mm/t)	$vf = fz \times n \times z$ (mm/min)

Rango de desalhojo de viruta	Poder de Maquinado Requerido
$Q = \frac{ap \times ae \times vf}{1000}$ (cm ³ /min)	$Pkw = \frac{Q \times kc}{60 \times 10^2 \times \eta}$ (kW)
	$Php = \frac{Pkw}{0.75}$ (hp)



vc = Vel. de Corte(m/min)	H = Hp Requerido(Hp)
n = R.P.M(min ⁻¹)	Q = Desalhojo de Viruta(cm ³ /min)
D = Diam. De Corte(mm)	ap = Profundidad de Corte(mm)
vf = Avance por min(mm/min)	ae = Anchura del Corte(mm)
fz = Avance por Diente(mm/t)	Kc = Resistencia de Corte Especifica(MPa)
z = Avance por Diente	η = Eficiencia Mecanica(%)
Pc = Poder Requerido(kW)	

Alimentación según profundidad de corte

Codigo	Rompeviruta	Profundidad de Corte (mm)									
		0.2-0.5	0.5-1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	
RDHW0501M0	-	0.25	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
RDHW06T1M0	-	0.30	0.20	0.10	-	-	-	-	-	-	-
RDHW0702M0	-	0.35	0.25	0.10	0.07	-	-	-	-	-	-
RDHW0803M0	-	0.40	0.30	0.15	0.01	-	-	-	-	-	-
RDKT10T3M0 -	MF/MM	-	0.40	0.35	0.30	0.20	-	-	-	-	-
RDKT1204M0 -	MF/MM	-	0.50	0.45	0.30	0.25	0.22	-	-	-	-
RDHW1605M0	-	-	0.60	0.50	0.45	0.35	0.30	0.20	0.10	-	-
RDHW2006M0	-	-	-	0.60	0.50	0.40	0.30	0.25	0.15	0.10	-
RDKT1605M0 -	MM	-	0.60	0.50	0.45	0.35	0.30	0.20	0.10	-	-
RDKT2006M0 -	MM	-	-	0.60	0.50	0.40	0.30	0.25	0.15	0.10	-

Anexo B2 Inserto PC3545 para mecanizado de acero

/Catálogo KORLOY 2014 Página A18

Grado de recubrimiento PVD

Nuevo grado de PVD para acero fresado

PC3600(SU/MU) *Nuevo*

- Capa de recubrimiento con una alta dureza y resistencia a la oxidación a temperatura alta que asegura una herramienta estable
- Resistencia superior al desgaste y resistencia en maquinado de alta Velocidad de materiales en grado P
- SU : para uso general - MU : para economizar

Grado PVD universal

PC5300

- Alta eficiencia durante el maquinado de acero de carbono / hierro fundido/ acero inoxidable /HRSA
- Mecanizado estable debido al sustrato de carburo específico con una fuerte inflexibilidad y alta dureza que refrena fractura por astillado
- Excelente resistencia al desgaste debido a la película de revestimiento especial con resistencia ala oxidación, estabilidad térmica y suavidad en la superficie.

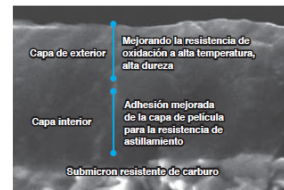


Calidad PVD para fresado de aleaciones resistentes al calor y acero inoxidable

PC5400 *Nuevo*

- Nueva capa de recubrimiento PVD con alta tenacidad y lubricación
- Gran fuerza de adherencia entre el sustrato con alta tenacidad y la capa de recubrimiento
- La excelente fortaleza de filo de corte y la resistencia al astillado aseguran un mecanizado estable para P, M, K, S.

● Estructura del recubrimiento



Última tecnología de revestimiento de PVD desarrollado por Korloy nuevo concepto de recubrimiento equipado con alta oxidación y alta dureza

● Sistema de selección

Pieza de Trabajo	Tipos de Maquinado	Grado recomendado	Velocidad de corte Recomendado	ISO	Rango de aplicación	
P	Acero	Corte Continuo	PC3600 <i>Nuevo</i>	200 (150~250)	P20	PC3600 <i>Nuevo</i>
		Corte Interrumpido	PC5300	120 (100~150)	P30	PC5300
	PC5400 <i>Nuevo</i>		P40		PC5400 <i>Nuevo</i>	
	PC3545		P50		PC3545	
M	Acero Inoxidable	Corte Continuo	PC5300	120 (100~150)	M20	PC5300
		Corte Interrumpido	PC9530	130 (50~200)	M30	PC9530
	PC5400 <i>Nuevo</i>		120 (100~150)	M40	PC5400 <i>Nuevo</i>	
K	Fundición	Corte Continuo	PC8110	250 (200~400)	K01	PC8110
		Corte Interrumpido	PC6510	200 (150~250)	K05	PC6510
	PC5300		165 (120~210)	K10	PC5300	
					K20	PC5400 <i>Nuevo</i>
S	HSRA	Corte Continuo	PC5300	70(40~100)	S20	PC5300
		Corte Interrumpido	PC5400 <i>Nuevo</i>	50(30~70)	S30	PC5400 <i>Nuevo</i>
H	Acero muy duro	Corte Continuo	PC210F	250(150~300)	H01	PC210F
					H10	

Anexo B3 Detalle Herramientas FMRS3000

Herramientas FMRS3000 con Insertos RDKT10T3M0 (PC3545), Catálogo KORLOY 2014, Página E160.

FMRS3000

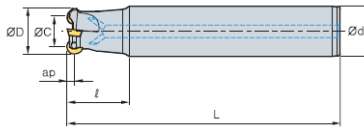


Fig. 1

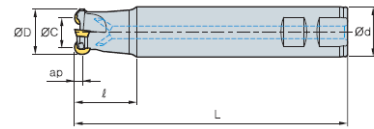


Fig. 2



• AR : 5°
• RR : -8°~-5°

(mm)

Codigo		$\varnothing D$	$\varnothing C$	$\varnothing d$	l	L	ap		Fig.	
FMRS	3021HRD-M	1	21	11	20	40	150	5	0.4	1
	3021HRD-M2	2	21	11	20	40	150	5	0.4	1
	3021HRD-L	1	21	11	20	50	200	5	0.6	1
	3021HRD-L2	2	21	11	20	50	200	5	0.6	1
	3025HRD-S	2	25	15	25	35	115	5	0.5	2
	3025HRD-M	2	25	15	25	70	200	5	0.7	1
	3025HRD-L	2	25	15	25	100	250	5	1	1
	3026HRD-M	2	26	16	25	70	200	5	0.65	1
	3026HRD-L	2	26	16	25	100	250	5	0.7	1
	3032HRD-S	3	32	22	32	40	125	5	1	2
	3032HRD-M	3	32	22	32	70	200	5	1.3	1
	3032HRD-L	3	32	22	32	150	300	5	1.6	1
	3040HRD-S	4	40	30	32	40	125	5	1.3	2
	3040HRD-M	4	40	30	32	70	200	5	1.5	1
	3040HRD-L	4	40	30	32	150	300	5	1.8	1

Insertos Disponibles

Codigo	RDKT-MF				RDKT-MM				RDCT-MA				pag.				
	NCM325	NCM335	NC5330	PC3500	PC3545	PC3550	PC6510	PC215K	PD2000	CN2000	CN20	CN80		H01	G10	ST30A	ST20
RDCT 10T3M0-MA																	E12
RDKT 10T3M0-MF																	E13
10T3M0-MM																	

Partes



FTGA03508(07)

TW15S

Anexo B4 Velocidad de corte, avance y profundidad de corte para mecanizado según la herramienta y el inserto.

Recomendaciones de parámetros de corte para insertos P3545 en varios tipos de mecanizado con herramientas FMR3000, Catálogo KORLOY 2014, Página E137

Condiciones de Corte Recomendada

• Fresa lateral, Ranurado, Rampeado, Copiado

Pieza Trabajo	Dureza	Calidades	Velocidad corte (m/min)	FMR1000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR1500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR3000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR4000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR5000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR6000 ap (mm) fz (mm/t)
P Acero en general Acero al Carbon Aleación de Acero, Acero alto Carbon	200HBs	PC3500 100-250	100-250	≤10 ≤0.4	≤12 ≤0.4	≤15 ≤0.4	≤17 ≤0.4	≤20 ≤0.5	≤24 ≤0.6	≤30 ≤0.7	≤40 ≤0.8
	30-40HRC	PC3545 100-200	100-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.2	≤1.2 ≤0.2	≤1.5 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤2.0 ≤0.4	≤2.7 ≤0.5	≤3.7 ≤0.6
	40-50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.2	≤1.2 ≤0.2	≤1.5 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤2.0 ≤0.4	≤2.7 ≤0.5	≤3.7 ≤0.6
	50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.2	≤1.2 ≤0.2	≤1.5 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤2.0 ≤0.4	≤2.7 ≤0.5	≤3.7 ≤0.6
M Aleación de Acero	270HBs	PC5300 50-200	50-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.2	≤1.2 ≤0.2	≤1.5 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤2.0 ≤0.4	≤2.7 ≤0.5	≤3.7 ≤0.6
K Acero Inoxidable	Tensile strength 350Mpas	PC5300 150-250	150-250	≤10 ≤0.4	≤12 ≤0.4	≤15 ≤0.4	≤17 ≤0.4	≤20 ≤0.5	≤24 ≤0.6	≤30 ≤0.7	≤40 ≤0.8

• Pocketing

Pieza Trabajo	Dureza	Calidades	Velocidad corte (m/min)	FMR1000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR1500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR3000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR4000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR5000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR6000 ap (mm) fz (mm/t)
P Acero en general Acero al Carbon Aleación de Acero, Acero alto Carbon	200HBs	PC3500 100-250	100-250	≤10 ≤0.3	≤12 ≤0.3	≤15 ≤0.3	≤17 ≤0.3	≤20 ≤0.4	≤24 ≤0.5	≤30 ≤0.6	≤40 ≤0.7
	30-40HRC	PC3545 100-200	100-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.1	≤1.2 ≤0.1	≤1.5 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤2.0 ≤0.3	≤2.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
	40-50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.1	≤1.2 ≤0.1	≤1.5 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤2.0 ≤0.3	≤2.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
	50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.1	≤1.2 ≤0.1	≤1.5 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤2.0 ≤0.3	≤2.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
M Aleación de Acero	270HBs	PC5300 50-200	50-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.9 ≤0.1	≤1.2 ≤0.1	≤1.5 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤2.0 ≤0.3	≤2.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
K Acero Inoxidable	Tensile strength 350Mpas	PC5300 150-250	150-250	≤10 ≤0.3	≤12 ≤0.3	≤15 ≤0.3	≤17 ≤0.3	≤20 ≤0.4	≤24 ≤0.5	≤30 ≤0.6	≤40 ≤0.7

• Plunging

Pieza Trabajo	Dureza	Calidades	Velocidad corte (m/min)	FMR1000 ae (mm) fz (mm/t)	FMR1500 ae (mm) fz (mm/t)	FMR2000 ae (mm) fz (mm/t)	FMR2500 ae (mm) fz (mm/t)	FMR3000 ae (mm) fz (mm/t)	FMR4000 ae (mm) fz (mm/t)	FMR5000 ae (mm) fz (mm/t)	FMR6000 ae (mm) fz (mm/t)
P Acero en general Acero al Carbon Aleación de Acero, Acero alto Carbon	200HBs	PC3500 100-250	100-250	≤25 ≤0.2	≤30 ≤0.2	≤35 ≤0.2	≤40 ≤0.2	≤50 ≤0.3	≤60 ≤0.4	≤80 ≤0.5	≤100 ≤0.6
	30-40HRC	PC3545 100-200	100-200	≤25 ≤0.1	≤30 ≤0.1	≤35 ≤0.1	≤40 ≤0.1	≤50 ≤0.2	≤60 ≤0.3	≤80 ≤0.4	≤100 ≤0.5
	40-50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤25 ≤0.1	≤30 ≤0.1	≤35 ≤0.1	≤40 ≤0.1	≤50 ≤0.2	≤60 ≤0.3	≤80 ≤0.4	≤100 ≤0.5
	50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤25 ≤0.1	≤30 ≤0.1	≤35 ≤0.1	≤40 ≤0.1	≤50 ≤0.2	≤60 ≤0.3	≤80 ≤0.4	≤100 ≤0.5
M Aleación de Acero	270HBs	PC5300 50-200	50-200	≤25 ≤0.1	≤30 ≤0.1	≤35 ≤0.1	≤40 ≤0.1	≤50 ≤0.2	≤60 ≤0.3	≤80 ≤0.4	≤100 ≤0.5
K Acero Inoxidable	Tensile strength 350Mpas	PC5300 150-250	150-250	≤25 ≤0.2	≤30 ≤0.2	≤35 ≤0.2	≤40 ≤0.2	≤50 ≤0.3	≤60 ≤0.4	≤80 ≤0.5	≤100 ≤0.6

























• Corte Helicoidal

Pieza Trabajo	Dureza	Calidades	Velocidad corte (m/min)	FMR1000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR1500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR2500 ap (mm) fz (mm/t)	FMR3000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR4000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR5000 ap (mm) fz (mm/t)	FMR6000 ap (mm) fz (mm/t)
P Acero en general Acero al Carbon Aleación de Acero, Acero alto Carbon	200HBs	PC3500 100-250	100-250	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤20 ≤0.3	≤20 ≤0.4	≤40 ≤0.5	≤40 ≤0.6
	30-40HRC	PC3545 100-200	100-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤3.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
	40-50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤3.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
	50HRC	PC3545 90-150	90-150	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤3.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
M Aleación de Acero	270HBs	PC5300 50-200	50-200	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤0.7 ≤0.1	≤1.7 ≤0.2	≤1.7 ≤0.3	≤3.7 ≤0.4	≤3.7 ≤0.5
K Acero Inoxidable	Tensile strength 350Mpas	PC5300 150-250	150-250	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤10 ≤0.2	≤20 ≤0.3	≤20 ≤0.4	≤40 ≤0.5	≤40 ≤0.6

Anexo B5 Detalle Herramientas IPFE4000

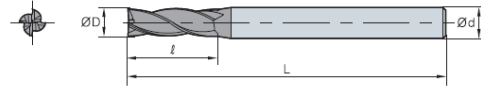
Herramientas I+ Endmill para mecanizado, Catálogo KORLOY 2014, Página F5

Herramientas planas de cuatro flautas para mecanizado de acero

Tipo	Forma	Codigo	Substrato	Figura	Recubierta	Usos	No.de Flautas		Tamaño		Pieza de trabajo						Pag.
							Min	Max	P	M	K	N	S	H			
									Acero	Acero Inoxidable	Fundición	Materiales No-Ferrosos	Mecanismo Ingot	Acero Inoxidable	Acero Endurecido		
I-Max	Plano	FE3000	FA2		-	Fundición, Acero	3	2	16	○	○	○	○			F30	
		FE4000	FA2		-	Fundición, Acero	4	2.5	20	○	○	○	○			F31	
	Plano Largo	FE2000	FA2		-	Fundición, Acero	2	3	20	○	○	○	○			F32	
		FE4000	FA2		-	Fundición, Acero	4	3	20	○	○	○	○			F32	
	Cónico Plano	FE2000-T	FA2		-	Fundición, Acero	2	3	16	○	○	○	○			F33 F34	
I+ Endmill	Plano	IPFE2000	PC320		○	General	2	1	20	○	○	○	○			F41	
		IPFE4000	PC320		○	General	4	1	20	○	○	○	○			F43	
	Plano Largo	IPLFE2000	PC320		○	General	2	1	20	○	○	○	○			F42	
		IPLFE4000	PC320		○	General	4	1	20	○	○	○	○			F44	
	Esférico	IPBE2000	PC320		○	General	2	1	20	○	○	○	○			F45	
		IPBE4000	PC320		○	General	4	1	20	○	○	○	○			F47	
	Esférico Largo	IPLBE2000	PC320		○	General	2	1	16	○	○	○	○			F46	
	Radio	IPRE2000	PC320		○	General	2	1	12	○	○	○	○			F48 F49	
		IPRE4000	PC320		○	General	4	2	12	○	○	○	○			F51	
	Largo radio	IPRE2000	PC320		○	General	2	3	12	○	○	○	○			F50	
IPRE4000		PC320		○	General	4	3	12	○	○	○	○			F52		
F-Endmill	Estándar	FME4000	PC203F		○	Alta Velocidad	4	6	12	○	○	○	○	○		F55	
	Largo	FMLE4000	PC203F		○	Alta Velocidad	4	6	12	○	○	○	○	○		F55	
Micro Endmills	Plano	MSE2000	PC215F		○	Alta Velocidad	2	0.2	1	○	○	○	○	○		F57	
	Esférico	MSBE2000	PC215F		○	Alta Velocidad	2	0.2	1	○	○	○	○	○		F57	
Para Material Duro de Cortar	Plano	IFSE3000	PC210		○	STS	3	3	20	○	○	○	○	○		F60	
Para Corte de Aluminio	Plano	SSEA2000	H01 PD3000		- (○)	Aluminio	2	1	20	○	○	○	○			F62	
		SSEA3000	H01 PD3000		- (○)	Aluminio	3	2	16	○	○	○	○			F62	
	Esférico	SSBEA2000	H01 PD3000		- (○)	Aluminio	2	1	20	○	○	○	○			F63	

○ : Excelente ○ : Bueno

IPFE4000(Estándar Plano)



ØD	Tolerancia
Ø1~Ø12	0.00 ~ -0.02
Ø12.1~Ø20	0.00 ~ -0.03



(mm)

Codigo	ØD	Ød	ℓ	L
IPFE				
4010-050-S3	1	3	3	50
4010-050-S4	1	4	3	50
4010-050	1	6	3	50
4015-050-S3	1.5	3	4	50
4015-050-S4	1.5	4	4	50
4015-050	1.5	6	4	50
4020-050-S3	2	3	6	50
4020-050-S4	2	4	6	50
4020-050	2	6	6	50
4025-050-S3	2.5	3	8	50
4025-050-S4	2.5	4	8	50
4025-050	2.5	6	8	50
4030-050-S3	3	3	8	50
4030-050-S4	3	4	8	50
4030-050	3	6	8	50
4035-050-S4	3.5	4	10	50
4035-050	3.5	6	10	50
4040-050-S4	4	4	11	50
4040-050	4	6	11	50
4045-050	4.5	6	13	50
4050-050	5	6	13	50
4055-050	5.5a	6	13	50
4060-050	6	6	16	50
4065-060	6.5	8	16	60
4070-060	7	8	16	60
4075-060	7.5	8	19	60
4080-060	8	8	20	60
4085-075	8.5	10	20	75
4090-075	9	10	20	75
4095-075	9.5	10	25	75
4100-075	10	10	25	75
4105-075	10.5	12	25	75
4110-075	11	12	30	75
4115-075	11.5	12	30	75
4120-075	12	12	32	75
4140-100	14	14	40	100
4160-100	16	16	40	100
4180-100	18	18	45	100
4200-100	20	20	45	100

Anexo B6 Condiciones de corte herramientas IPFE4000

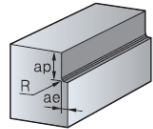
Catálogo KORLOY 2014, Página F39.

Condición de corte recomendada(Plano)

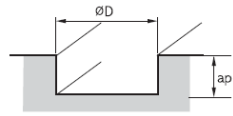
IPFE2000

Diámetro (ØD)	Acero de Carbono , Acero de aleación ~ HRC(SM50C, SCM, GC250, Fundición)			Acero de aleación, Acero de alta velocidad HRC30-45 (Pre acero endurecido, STD61, NAK)			Acero inoxidable (STS304, STS316)		
	R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)		R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)		R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)	
		mecanizado lateral	Mortajado		mecanizado lateral	Mortajado		mecanizado lateral	Mortajado
1.0	30,000	600	480	20,000	400	320	12,600	300	180
1.5	20,000	600	480	14,000	400	320	8,400	300	180
2.0	15,000	600	480	10,000	400	400	6,300	300	180
2.5	12,000	600	480	8,200	400	320	5,100	300	180
3.0	10,000	600	480	7,000	400	320	4,200	300	180
4.0	7,500	600	480	5,200	400	320	3,100	300	180
5.0	6,000	600	480	4,200	400	320	2,500	300	180
6.0	5,000	600	480	3,500	400	320	2,100	300	180
8.0	4,000	520	410	2,800	350	280	1,600	260	150
10.0	3,200	450	360	2,200	300	240	1,300	230	130
12.0	2,700	410	320	1,900	270	210	1,100	210	120
16.0	2,000	240	190	1,400	210	160	840	160	100
20.0	1,600	200	160	1,100	170	130	680	140	80

Pista de aplicación



La profundidad lateral (ap) y La profundidad radial (ae)
 • ap : $\leq 0.1D$ ($D \leq \phi 3$)
 $\leq 0.2D$ ($D > \phi 3$)
 • ae : $\leq 0.1D$ ($D \leq \phi 2$)
 $\leq 0.2D$ ($D > \phi 2$)

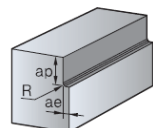


La profundidad de mortajado (ap)
 • ap : $\leq 0.1D$ ($D \leq \phi 2$)
 $\leq 0.2D$ ($D > \phi 2$)

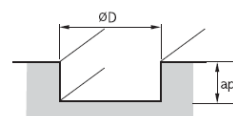
IPFE4000

Diámetro (ØD)	Acero de carbono, Acero de aleación ~ HRC30(SM50C, SCM, GC250, Fundición)			Acero de aleación, Acero de alta velocidad HRC30-45 (Pre acero endurecido, STD61, NAK)			Acero inoxidable (STS304, STS316)		
	R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)		R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)		R.P.M (min ⁻¹)	Avance (mm/min)	
		mecanizado lateral	Mortajado		mecanizado lateral	Mortajado		mecanizado lateral	Mortajado
1.0	30,000	900	720	20,000	600	480	12,600	450	270
1.5	20,000	900	720	14,000	600	480	8,400	450	270
2.0	15,000	900	720	10,000	600	480	6,300	450	270
2.5	12,000	900	720	8,200	600	480	5,100	450	270
3.0	10,000	900	720	7,000	600	480	4,200	450	270
4.0	7,500	900	720	5,200	600	480	3,100	450	270
5.0	6,000	900	720	4,200	600	480	2,500	450	270
6.0	5,000	900	720	3,500	600	480	2,100	450	270
8.0	4,000	780	620	2,800	520	410	1,600	390	230
10.0	3,200	680	540	2,200	450	360	1,300	340	200
12.0	2,700	620	490	1,900	410	320	1,100	310	180
16.0	2,000	360	280	1,400	310	240	840	240	140
20.0	1,600	300	240	1,100	250	200	680	210	120

Pista de aplicación





















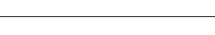





La profundidad lateral (ap) y La profundidad radial (ae)
 • ap : $\leq 1.5D$ (All Diameter)
 • ae : $\leq 0.1D$ ($D \leq \phi 3$)
 $\leq 0.2D$ ($D > \phi 3$)



La profundidad de mortajado (ap)
 • ap : $\leq 0.1D$ ($D \leq \phi 2$)
 $\leq 0.2D$ ($D > \phi 2$)

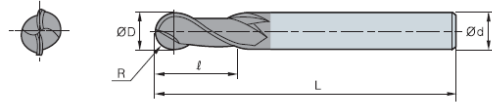
Anexo B7 Detalle Herramientas IBE4000

IBE4000 herramientas con radio para mecanizado de acero, Catálogo KORLOY 2014, Página F4

Tipo	Forma	Codigo	Substrato	Figura	Recubierto	Usos	No.de Flautas	Tamaño		Pieza de trabajo						Pag.
								Min	Max	P	M	K	N	S	H	
										Acero	Acero Inoxidable	Fundición	Materiales No-Ferrosos	Metales Neg. Carb. Resaca. Inal.	Acero Endurecido	
H-Max	Esférico	HPBE2000	PC203F		○	Fundición, Acero	2	0.6	16					◎	○	F10
		HPBE2000T	PC203F		○	Fundición, Acero	2	1	12					◎	○	F10
	Radio	HPRE2000	PC203F		○	Fundición, Acero	2	2	2					◎	◎	F11
		HPRE4000	PC203F		○	Fundición, Acero	4	3	16					◎	◎	F11
		HPRE2000T	PC203F		○	Fundición, Acero	2	2	2					◎	◎	F11
		HPRE4000T	PC203F		○	Fundición, Acero	4	2	16					◎	◎	F11
v-Endmill	Plano	FE4000	PC203F		○	General	4	2.5	16	◎	○	○	○	◎	○	F14
I-Max	Esférico	IBE2000	PC220		○	General	2	1	20	◎	○	◎	◎	○	○	F25
		IBE4000	PC220		○	General	2	3	20	◎	○	◎	◎	○	○	F25
	Esférico Largo	IBE2000	PC220		○	General	2	3	20	◎	○	◎	◎	○	○	F26
	Esférico cónico	IBE2000-T	PC220		○	General	2	3	16	◎	○	◎	◎	○	○	F26 F27
		Plano	IFE2000	PC220		○	General	2	1	20	◎	○	◎	◎	○	○
	IFE3000		PC220		○	General	3	2	16	◎	○	◎	◎	○	○	F20
	IFE4000		PC220		○	General	4	2.5	20	◎	○	◎	◎	○	○	F21
	Plano Largo	IFE2000	PC220		○	General	2	3	20	◎	○	◎	◎	○	○	F22
		IFE4000	PC220		○	General	4	3	20	◎	○	◎	◎	○	○	F22
	Cónico Plano	IFE2000-T	PC220		○	General	2	3	16	◎	○	◎	◎	○	○	F23 F24
		Radio	IRE2000	PC220		○	General	2	3	20	◎	○	◎	◎	○	○
	IRE4000		PC220		○	General	4	3	20	◎	○	◎	◎	○	○	F29
	Esférico	BE2000	FA2		—	Fundición, Acero	2	1	20	○	○	◎	◎	○	○	F35
		BE4000	FA2		—	Fundición, Acero	4	3	20	○	○	◎	◎	○	○	F35
	Esférico Largo	BE2000	FA2		—	Fundición, Acero	2	3	20	○	○	◎	◎	○	○	F36
	Esférico cónico	BE2000-T	FA2		—	Fundición, Acero	2	3	16	○	○	◎	◎	○	○	F36 F37
Plano	FE2000	FA2		—	Fundición, Acero	2	1	16	○	○	◎	◎	○	○	F30	

◎ : Excelente ○ : Bueno

IBE2000 / 4000 (Esférico) Estándar



					OD	Tolerancia	R Tolerancia
					Ø1.0 ~ Ø6.0	0 ~ -0.020	±0.01
					Ø9.0 ~ Ø10.0	0 ~ -0.025	±0.01
					Ø12.0 ~ Ø20.0	0 ~ -0.030	±0.01

Codigo		R	OD	Od	ℓ	L
IBE 	2010-050	0.5	1	6	2.5	50
	2015-050	0.75	1.5	6	4	50
	2020-050	1	2	6	5	50
	2025-060	1.25	2.5	6	6	60
	2030-060	1.5	3	6	8	60
	2035-070	1.75	3.5	6	8	70
	2040-070	2	4	6	8	70
	2050-080	2.5	5	6	10	80
	2060-090	3	6	6	12	90
	2070-090	3.5	7	8	14	90
	2080-100	4	8	8	14	100
	2090-100	4.5	9	10	18	100
	2100-100	5	10	10	18	100
	2120-110	6	12	12	22	110
	2140-110-S14	7	14	14	26	110
	2140-110	7	14	16	26	110
	2160-140	8	16	16	30	140
	2180-140-S18	9	18	18	34	140
	2180-140	9	18	20	34	140
	2200-160	10	20	20	38	160
IBE 	4030-060	1.5	3	6	8	60
	4040-070	2	4	6	8	70
	4050-080	2.5	5	6	10	80
	4060-090	3	6	6	12	90
	4070-090	3.5	7	8	14	90
	4080-100	4	8	8	14	100
	4100-100	5	10	10	18	100
	4120-110	6	12	12	22	110
	4160-140	8	16	16	30	140
	4200-160	10	20	20	38	160

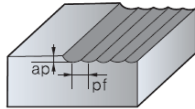
Anexo B8 Condiciones de corte Herramientas IBE4000

Condiciones de corte para Herramientas IBE4000 esférico, Catálogo KORLOY 2014, Página F17.

● Condición de Corte Recomendada (IBE2000 Esférico)

Pieza Trabajo Condición Diámetro(Ø)	Acero, Aleación de Acero (~ Hrc30)		Acero, Aleación de Acero (Hrc30 ~)	
	R.P.M n(min ⁻¹)	Avance vf(mm/min)	R.P.M n(min ⁻¹)	Avance vf(mm/min)
1	15,760	250	5,800	90
2	14,400	750	4,680	150
3	13,100	680	4,520	150
4	10,500	740	4,200	180
5	9,140	820	3,680	180
6	7,780	840	3,160	190
8	5,260	950	2,100	190
10	4,620	1,020	1,780	190
12	3,780	900	1,360	190
16	2,740	920	1,160	190
20	2,100	840	840	190

● Pista de aplicación



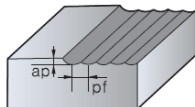
• $ap=0.3D$ • $pf=0.7D$

• La Pieza de trabajo debe ser sujetarse rigidamente En caso de vibracion, reduzca las RPM y el rango de avance al mismo valores

● Condición de Corte Recomendada (IBE4000 Esférico)

Pieza Trabajo Condición Diámetro(Ø)	Acero, Aleación de Acero (~ Hrc30)		Acero, Aleación de Acero (Hrc30 ~)	
	R.P.M n(min ⁻¹)	Avance vf(mm/min)	R.P.M n(min ⁻¹)	Avance vf(mm/min)
1	15,760	380	5,800	130
2	15,760	800	4,840	160
3	13,100	1,020	4,520	220
4	10,500	1,110	4,200	270
5	9,140	1,230	3,680	270
6	7,780	1,260	3,160	280
8	5,260	1,430	2,100	280
10	4,620	1,530	1,780	280
12	3,780	1,350	1,360	280
16	2,740	1,380	1,160	280
20	2,100	1,260	840	280

● Pista de aplicación



• $ap=0.3D$ • $pf=0.7D$

• La Pieza de trabajo debe ser sujetarse rigidamente En caso de vibracion, reduzca las RPM y el rango de avance al mismo valores

Anexo B9 Parámetros de corte para cobre

Recomendaciones para mecanizado cobre, Casillas, Cálculo de Talle, página 591






VELOCIDADES DE CORTE EN METROS MINUTO PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LAS MAQUINAS - HERRAMIENTAS • VALORES MEDIOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ACERO RAPIDO 18-20 % W

MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO							
	Tornear	Taladrar	Fresar	Acepillar **	Roscar a Torno *	Escariar	Brochar	Fresado de Engranajes
Aluminio Magnesio. Latón dulce.....	D 140 A 170	125	D 114 A 160	100	—	70	Máximo de la máquina	—
Aleaciones de Alu- minio. Latón duro..	D 90 A 120	80	D 70 A 98	60	—	44	Máximo de la máquina	—
Cupro-Aluminio....	D 20 A 24	18	D 16 A 22	14	12	10	4	—
Cobre para Colectores.....	D 36 A 46	32	D 28 A 40	26	—	—	—	—
Carbón de Electrodos.....	D 10 A 12	9	—	6	—	—	—	—
Materiales Plásticos.	D 30 A 50	26	D 24 A 30	26	16	20	—	D 22 A 30
Bronce Corriente...	D 42 A 56	38	D 34 A 46	32	26	20	10	D 30 A 40
Bronce Fosforoso...	D 18 A 30	16	D 14 A 20	12	10	10	8	D 12 A 18
Hierro fundido 15 Kg/mm ²	D 22 A 26	20	D 18 A 24	16	12	12	4	D 16 A 22
Hierro fundido 18 Kg/mm ²	D 20 A 24	18	D 16 A 22	15	12	10	4	D 14 A 20
Hierro fundido 22 Kg/mm ²	D 16 A 20	14	D 14 A 20	12	9	9	4	D 12 A 18
Hierro fundido 26 Kg/mm ²	D 12 A 14	11	D 10 A 14	9	7	8	3	D 8 A 12

D = Desbaste. A = Afinado. * Con cuchilla o macho. ** En limadoras y acepilladoras.

Consultalo gratis en casillas-maquinas.com

Avances para trabajar diversos materiales en las máquinas fresadoras. Valores medios utilizando herramientas de acero rápido 18 - 20 % W

TIPO DE FRESAS						
Material a Fresar		Avance en milímetros por diente de la Fresa				
Aceros	40- 50 kg/mm ²	0,075	0,30	0,20	0,10	0,20
	50- 60 kg/mm ²	0,06	0,30	0,20	0,09	0,20
	60- 85 kg/mm ²	0,045	0,25	0,15	0,08	0,15
	85-110 kg/mm ²	0,037	0,20	0,15	0,07	0,12
	110-140 kg/mm ²	0,026	0,15	0,10	0,06	0,10
	140-180 kg/mm ²	0,02	0,10	0,07	0,05	0,10
Acero moldeado	38 kg/mm ²	0,075	0,20	0,20	0,09	0,10
	45 kg/mm ²	0,06	0,20	0,15	0,08	0,10
	52 kg/mm ²	0,05	0,20	0,15	0,08	0,10
Acero inoxidable		0,037	0,15	0,10	0,05	0,10
Metal monel		0,045	0,30	0,15	0,06	0,10
Aluminio, Magnesio, Latón dulce		0,12	0,20	0,20	0,10	0,15
Aleaciones de Aluminio, Latón duro		0,09	0,20	0,15	0,10	0,10
Cupro-Aluminio		0,06	0,15	0,15	0,10	0,10
Cobre para colectores		0,09	0,20	0,20	0,10	0,10
Materiales plásticos		0,07	0,20	0,20	0,10	0,10
Bronce corriente		0,075	0,30	0,15	0,10	0,15
Bronce fosforoso		0,052	0,25	0,10	0,08	0,12

Consultalo gratis en casillas-maquinas.com

**Valores medios para desbastar en la máquina fresadora
utilizando fresas cilíndricas de planear
de acero rápido 18-20 % W**

MATERIAL		AVANCE EN MM. POR DIENTE DE LA FRESA		
		Máquinas corrientes	Máquinas fuertes	Máquinas muy fuertes
Aceros	40 - 50 kg/mm ²	0,10	0,20	0,25
	50 - 60 kg/mm ²	0,08	0,17	0,20
	60 - 85 kg/mm ²	0,06	0,15	0,17
	85 - 110 kg/mm ² *.....	0,05	0,10	0,12
	110 - 140 kg/mm ² *.....	0,035	0,075	0,10
	140 - 180 kg/mm ² *.....	0,025	0,05	0,075
Acero moldeado	38 kg/mm ²	0,10	0,20	0,25
	45 kg/mm ²	0,08	0,17	0,20
	52 kg/mm ²	0,07	0,15	0,17
Acero INOXIDABLE.....		0,05	0,12	0,15
Metal MONEL.....		0,06	0,15	0,17
Aluminio, Latón dulce, Magnesio...		0,17	0,40	0,45
Aleaciones Aluminio, Latón duro...		0,12	0,25	0,30
Cupro-Aluminio.....		0,08	0,17	0,20
Cobre para colectores.....		0,09	0,20	0,25
Materiales plásticos.....		0,09	0,20	0,25
Bronce corriente.....		0,10	0,25	0,30
Bronce Fosforoso.....		0,07	0,15	0,17
Hierro fundido	15 kg/mm ²	0,08	0,30	0,35
	18 kg/mm ²	0,08	0,25	0,30
	22 kg/mm ²	0,07	0,20	0,25
	26 kg/mm ²	0,07	0,17	0,20

Consultalo gratis en casillas-maquinas.com

Para afinado debe reducirse el avance el 25 %.

Profundidad de fresado para desbaste, 8 a 12 mm.

Profundidad de fresado para afinado, 1 mm.

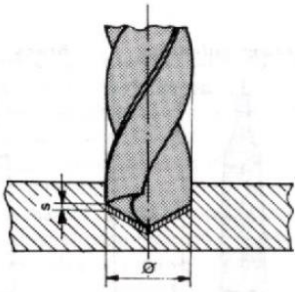
* Resistencia de aceros aleados después de tratados (estado de recocidos).

Es indispensable normalizar las fresas en tres grupos.

1.° Aceros Normales. 2.° Materiales duros, Fundición y Bronces. 3.° Metales Ligeros.

Anexo B10 Detalle Herramientas IBE4000

Recomendaciones para perforado Larburu, Máquinas Prontuario, página 493.

Útiles de corte	BROCAS APLICACIÓN. – VALORES INDICATIVOS					TABLA 24 . 12
						
VALORES INDICATIVOS						
Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
		Avance por vuelta, s mm.				
Acero 45 kg/mm ²	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm ²	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm ²	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm ²	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm ²	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm ²	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm ²	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua
<p>Quando se efectúan taladros profundos, los avances s por vuelta se reducirán de acuerdo con los valores que se indican en la Tabla que sigue:</p>						
Broca de...	Profundidad de taladro hasta...	Profundidad de taladro de...		Profundidad de taladro superior a...		
20 mm diámetro	≈ 5 veces Ø broca	5	hasta 8 veces Ø broca	8 veces Ø broca		
32 mm diámetro	≈ 4	4	6,3	6,3		
50 mm diámetro	≈ 3,15	3,15	5	5		
80 mm diámetro	≈ 2,5	2,5	4	4		
1 Avance		0,8 del avance		0,5 del avance		
<p>NOTA. – Para brocar de pequeño diámetro se tomarán las mayores velocidades v de corte por minuto, y para las de grandes diámetros se tomarán los menores valores de v.</p>						

Anexo C Refrigerante para diferentes tipos de mecanizado

Casillas, Cálculo de Talle, página 619

Lubricantes de corte y refrigeración para trabajar en las máquinas-herramientas diversos materiales

MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO							
	Tornear	Taladrar	Fresar	Acepillar	Rectificar	Escariar	Brochar	Punzonar y Embutir
Aceros C R \leq 50 kg/mm ²	① ②	②	②	②	⑬	② ⑩	⑤	⑫
Aceros aleados R \leq 60 kg/mm ²	③	③	③	③	⑬	③ ⑩	⑤	⑫
Aceros aleados R > 90 kg/mm ²	③	③	③	③	⑬	⑦	⑤	⑫
ACERO INOXIDABLE	③	③ ⑰	③	③	⑮	⑦	⑤	⑫
METAL MONEL	⑪	⑪	⑪	⑪	⑬	⑦	⑤	⑫
FUNDICION GRIS	①	①	①	①	⑬	⑩	①	
Aluminio y sus aleaciones	⑥ ⑨	⑨	⑨	⑨	⑭	⑨	⑨	⑯
Cupro-Aluminio BRONCE LATON	① ②	②	②	①	⑭	⑨	④	⑯
COBRE	①	⑨	②	②	⑭	⑤	⑤	⑫
Magnesio y sus aleaciones	① ⑱	⑱	① ⑱	① ⑱	①	⑱	⑲	
Materiales plásticos	①	①	①	①	①	①	①	
Fibra goma dura	①	①	①	①	⑬			

Consultalo gratis en casillas-maquinas.com

Lubricantes de corte y refrigeración CLAVE Y FORMULAS

<p>① EN SECO</p> <p>② Agua con 5 % de Aceite soluble (Taladrina)</p> <hr style="border: 0.5px solid red;"/> <p>③ Agua con 8 % de Aceite soluble (Taladrina).</p> <hr style="border: 0.5px solid red;"/> <p>④ Aceite mineral con 6 % de grasa de cerdo</p> <p>⑤ Aceite mineral con 12 % de grasa de cerdo.</p> <p>⑥ PETROLEO</p> <p>⑦ Grasa de cerdo con 30 % de Albayalde.</p> <p>⑧ Aceite mineral 50 % con 50 % de Petróleo.</p> <p>⑨ Petróleo con 10 % de Aceite mineral.</p> <p>⑩ Aceite mineral con 1 % de Azufre en polvo.</p> <p>⑪ Aceite mineral con 5 % de Azufre en polvo.</p> <p>⑫ Grafito 25 %. Sebo 25 %. Grasa de Cerdo 50 % (aplicado en caldo).</p>	<p>⑬ Agua, Carbonato de Sodio 1 %. Bórax 1 % + 0,5 % de Aceite mineral.</p> <p>⑭ Agua, Carbonato de Sodio 1 %. Bórax 1 %.</p> <p>⑮ Agua, Carbonato de Sodio 1 % + 0,5 % de Aceite mineral.</p> <p>⑯ Aceite de ricino.</p> <p>⑰ Aguarrás 40 %. Azufre 30 %. Albayalde 30 %.</p> <p>⑱ Agua con 5 % de Fluoruro de Sodio.</p> <p>⑲ ALCOHOL</p> <p>Una utilización adecuada del lubricante, es de suma importancia para las operaciones de corte de los metales; muchos fracasos en el rendimiento de las herramientas y calidad del trabajo producido, se deben a no emplearse el lubricante que corresponde en función del material a trabajar.</p> <p>Todos los que se indican en esta tabla han sido convenientemente seleccionados por la práctica en su doble misión de lubricar y refrigerar.</p>
--	---

Consultalo gratis en casillas-maquinas.com

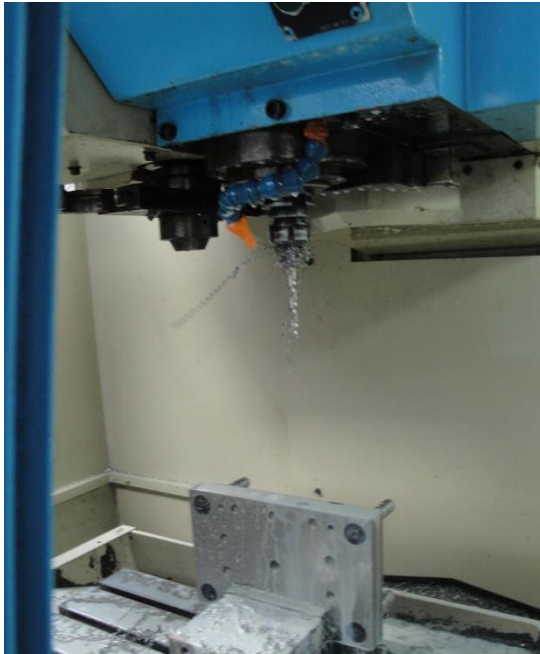
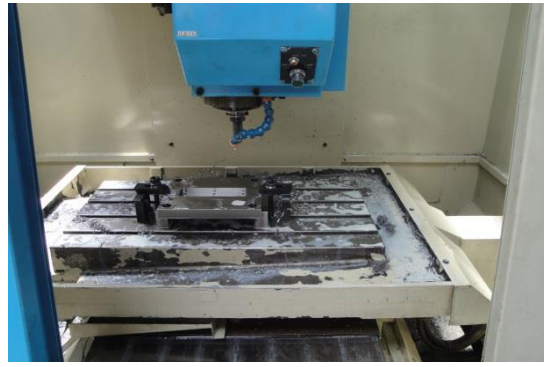
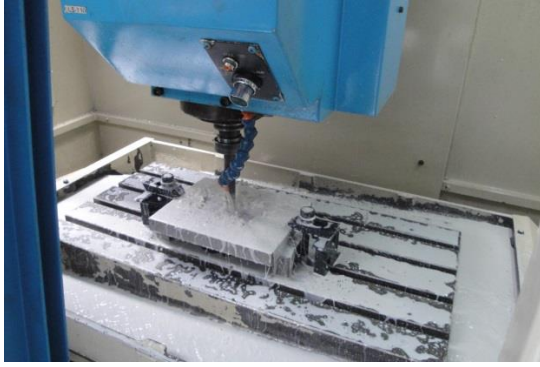
Anexo D Imágenes

Imágenes de los centros de mecanizado de tres ejes en los que se realizó el mecanizado

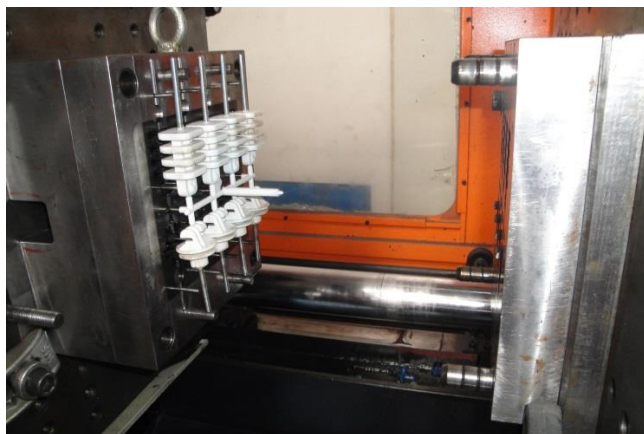
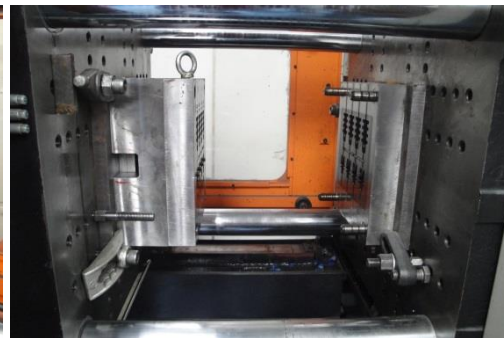
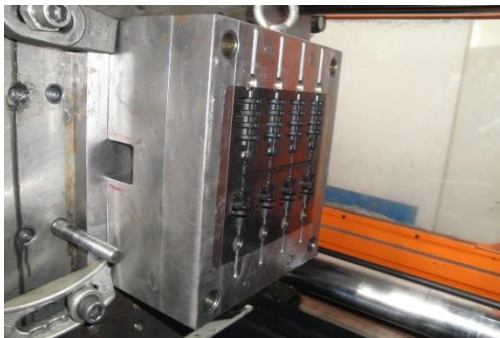
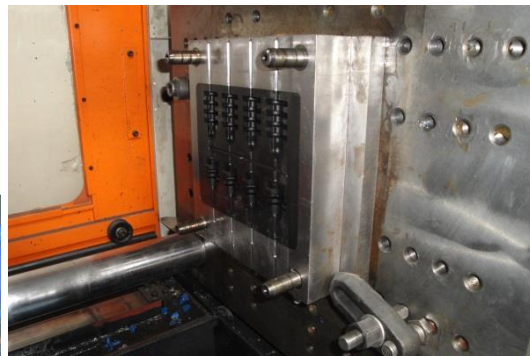
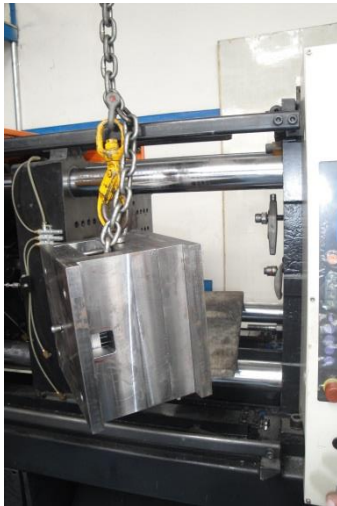


Centrado de la placa, perforado y desbaste de placas

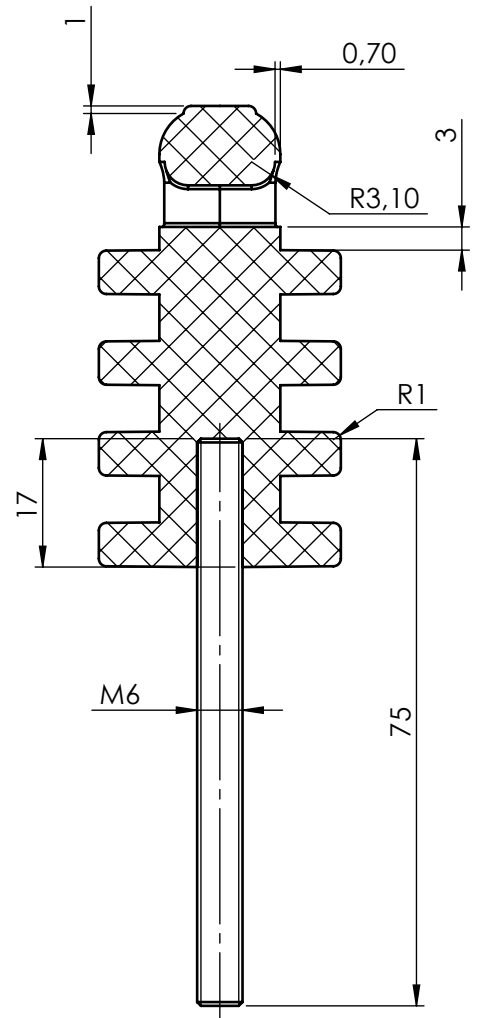
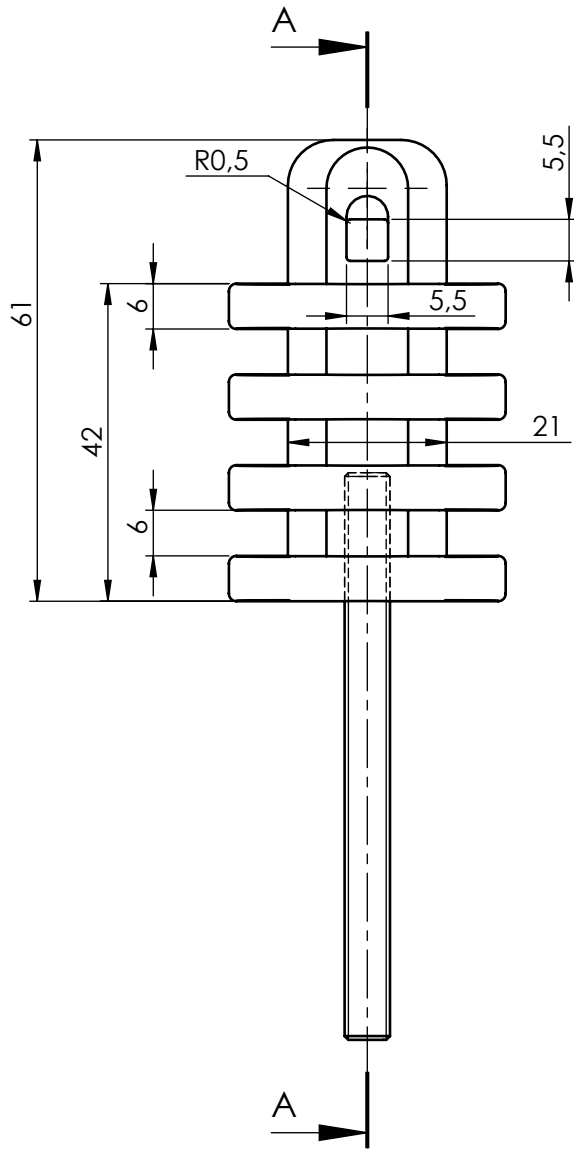




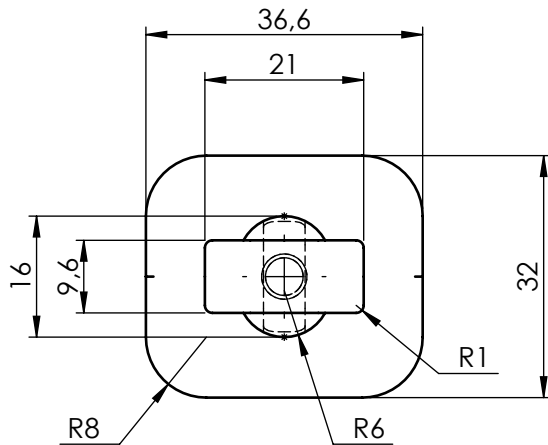
Imágenes de las pruebas de inyección



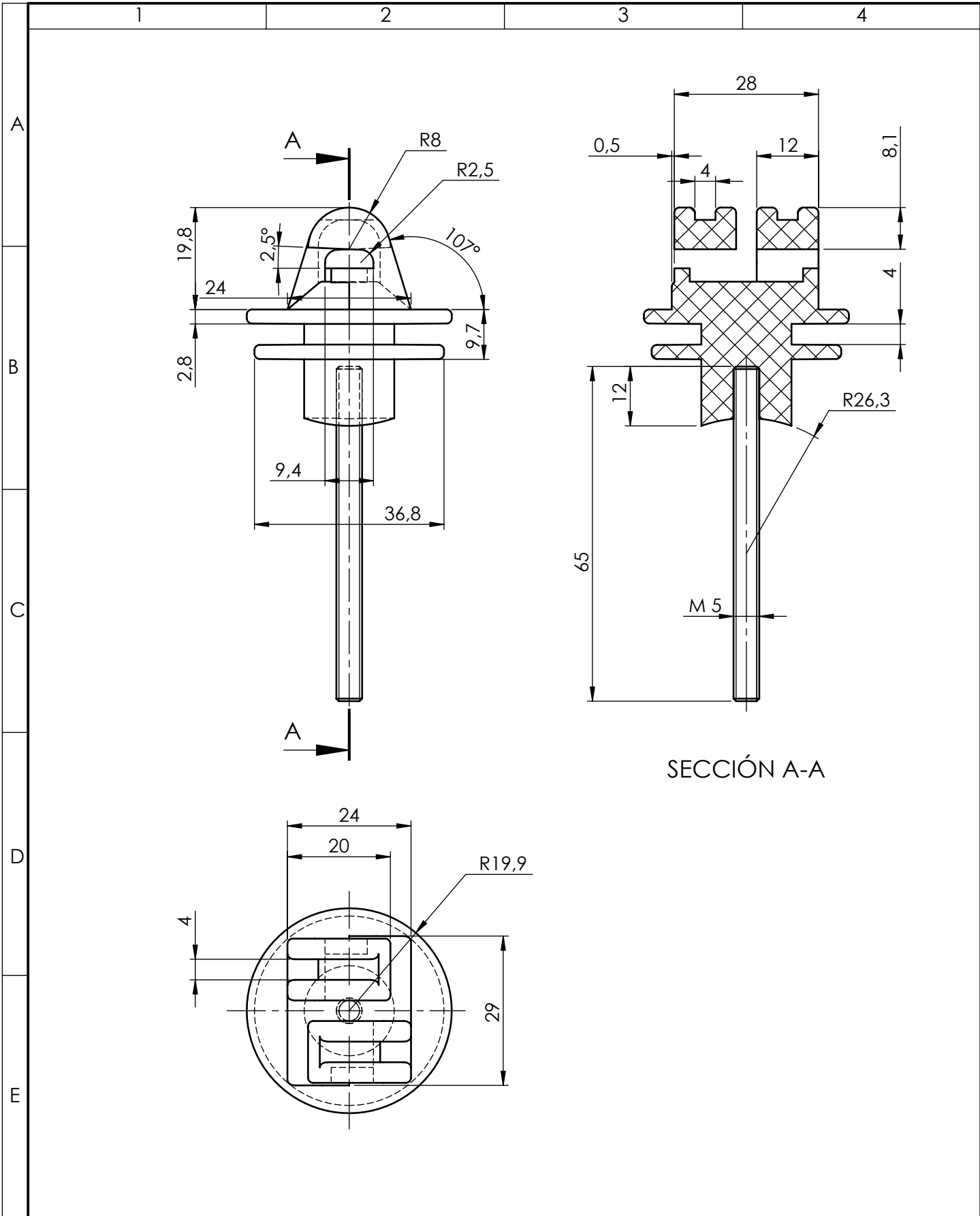
PLANOS



SECCIÓN A-A

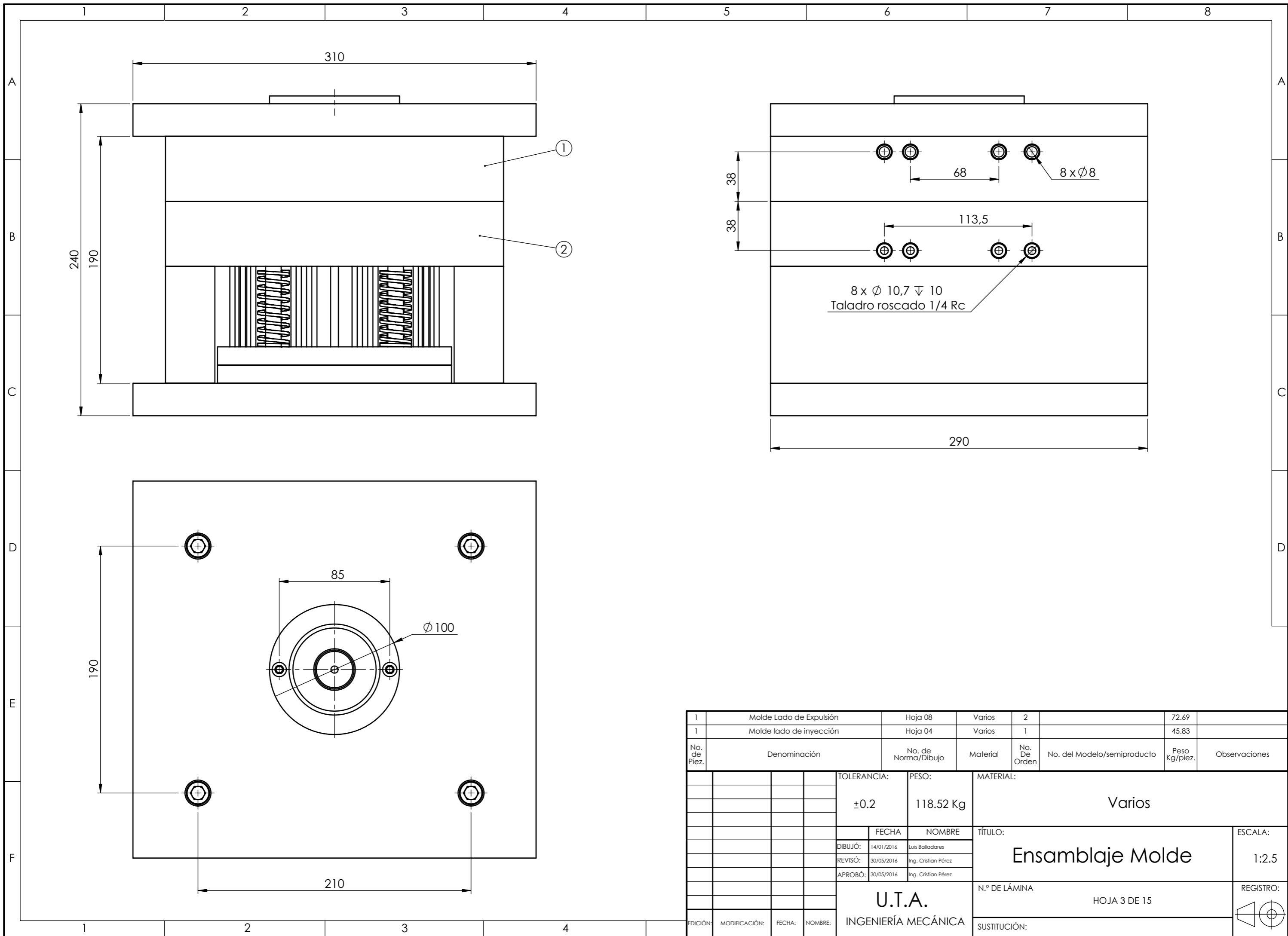


				TOLERANCIA: ±0.2	PESO: 0.048 Kg	MATERIAL: Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Tensor 01	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares		
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez	N.º DE LÁMINA HOJA 1 DE 15	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	

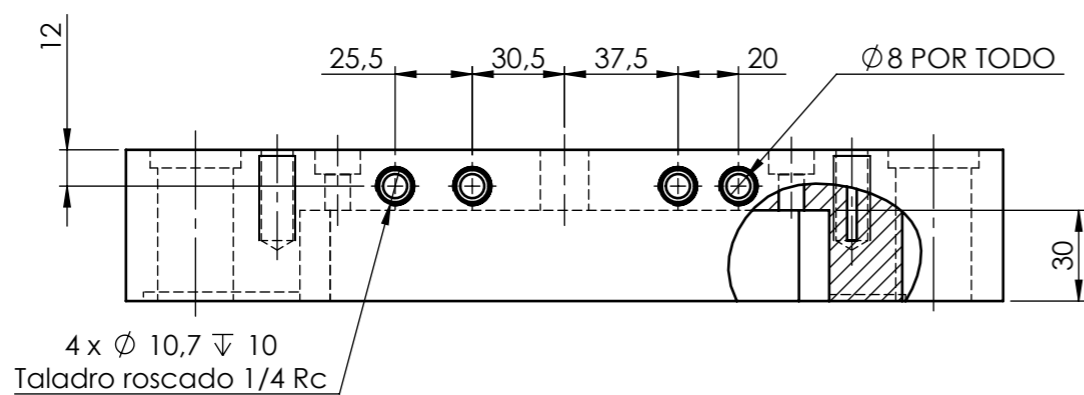
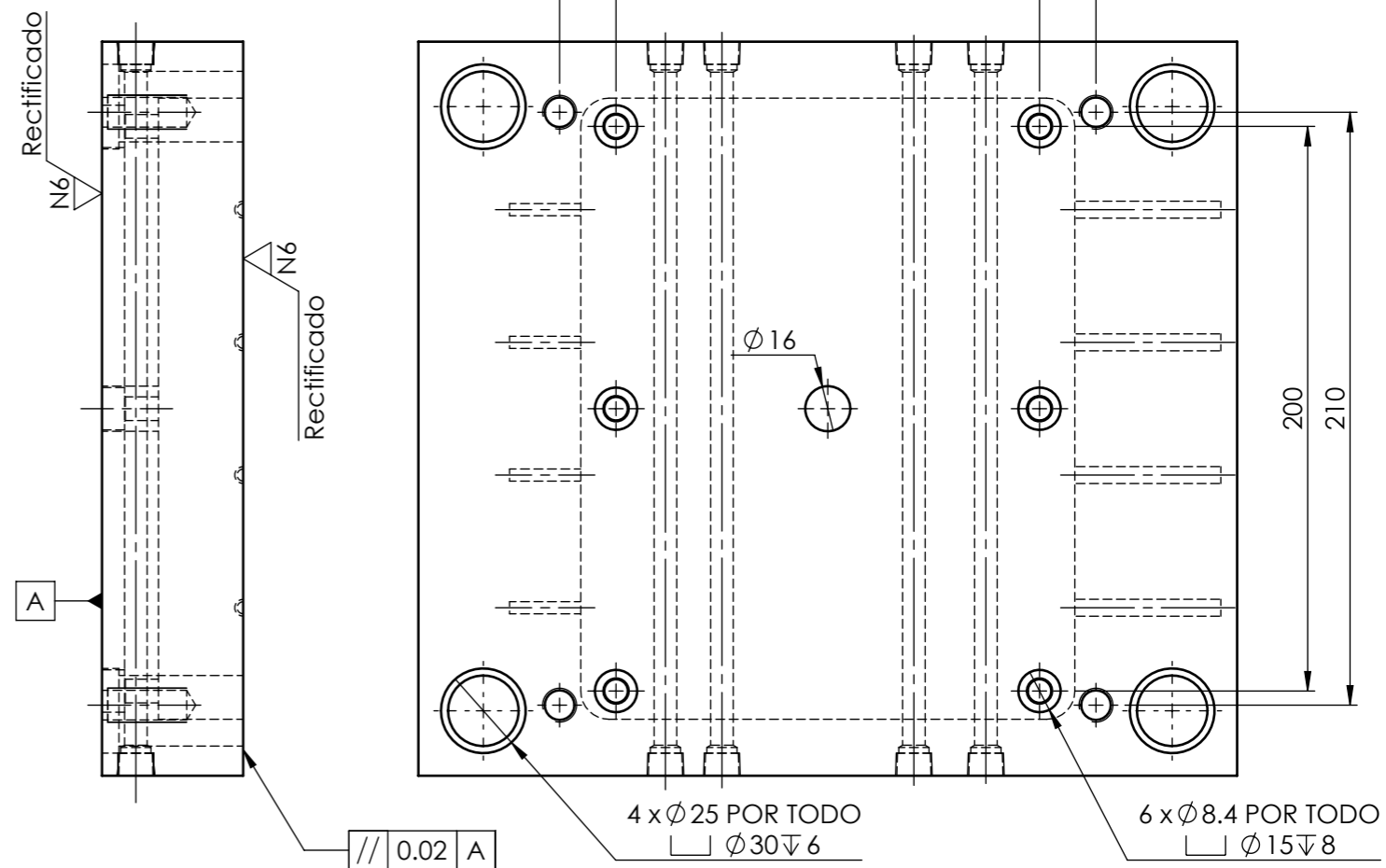
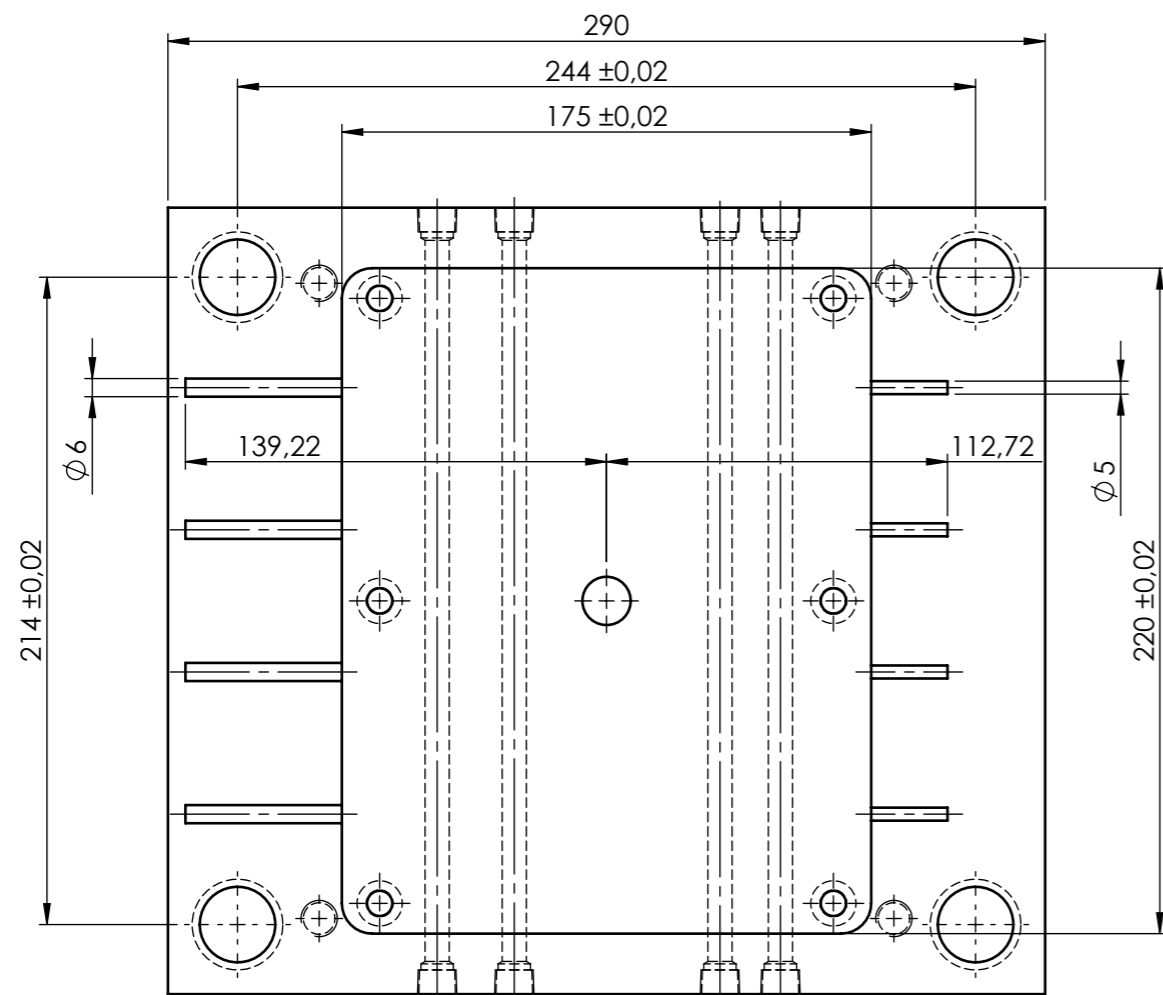


SECCIÓN A-A

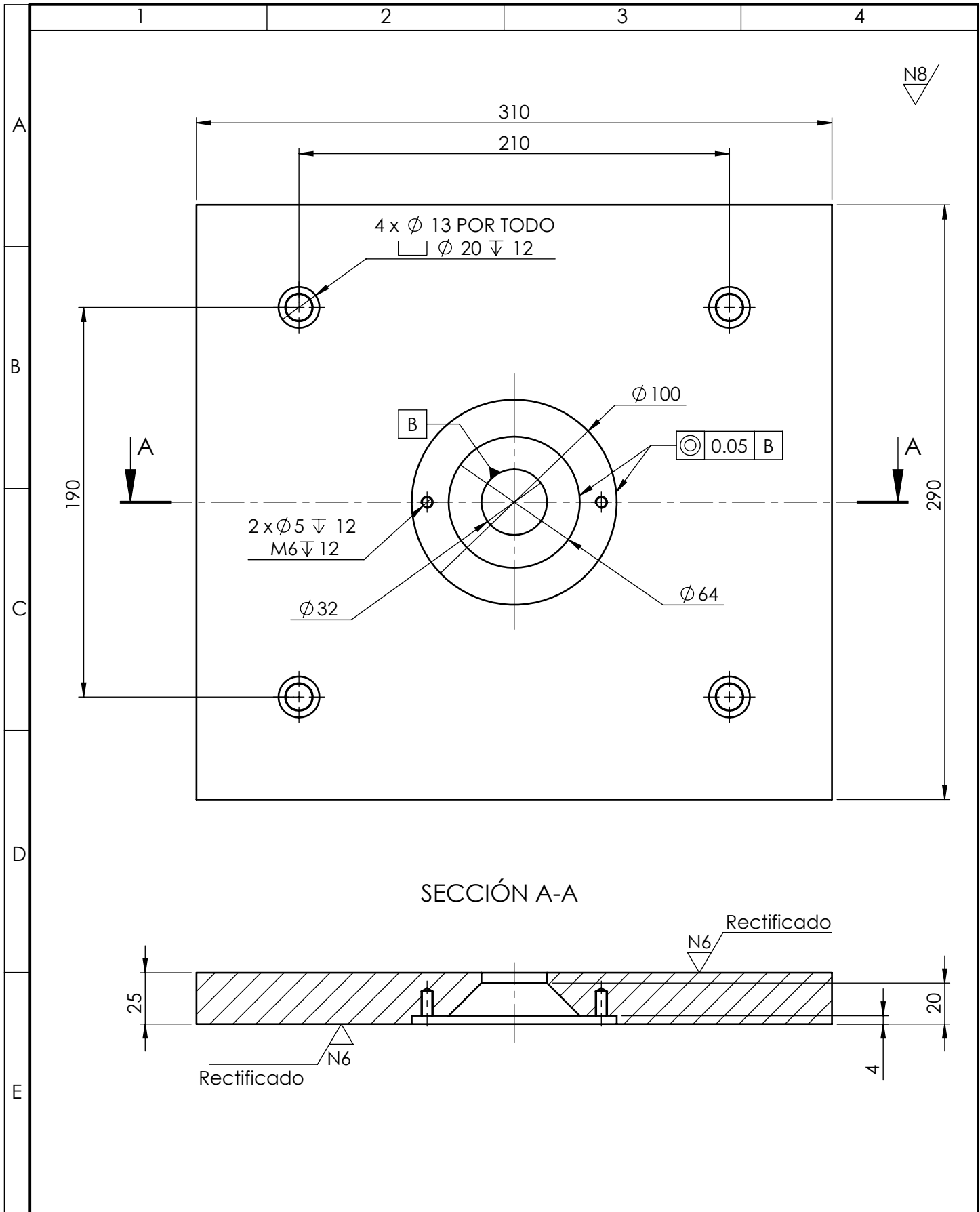
				TOLERANCIA: ±0.2	PESO: 0.02 Kg	MATERIAL: Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Tensor 02	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares		
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 2 DE 15	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



No. de Piez.	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. De Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/piez.	Observaciones
1	Molde Lado de Expulsión	Hoja 08	Varios	2		72.69	
1	Molde lado de inyección	Hoja 04	Varios	1		45.83	
			TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
			±0.2	118.52 Kg	Varios		
			FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
			DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares	Ensamblaje Molde		1:2.5
			REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez			
			APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez			
			U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
			INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 3 DE 15		◀ ⊕
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

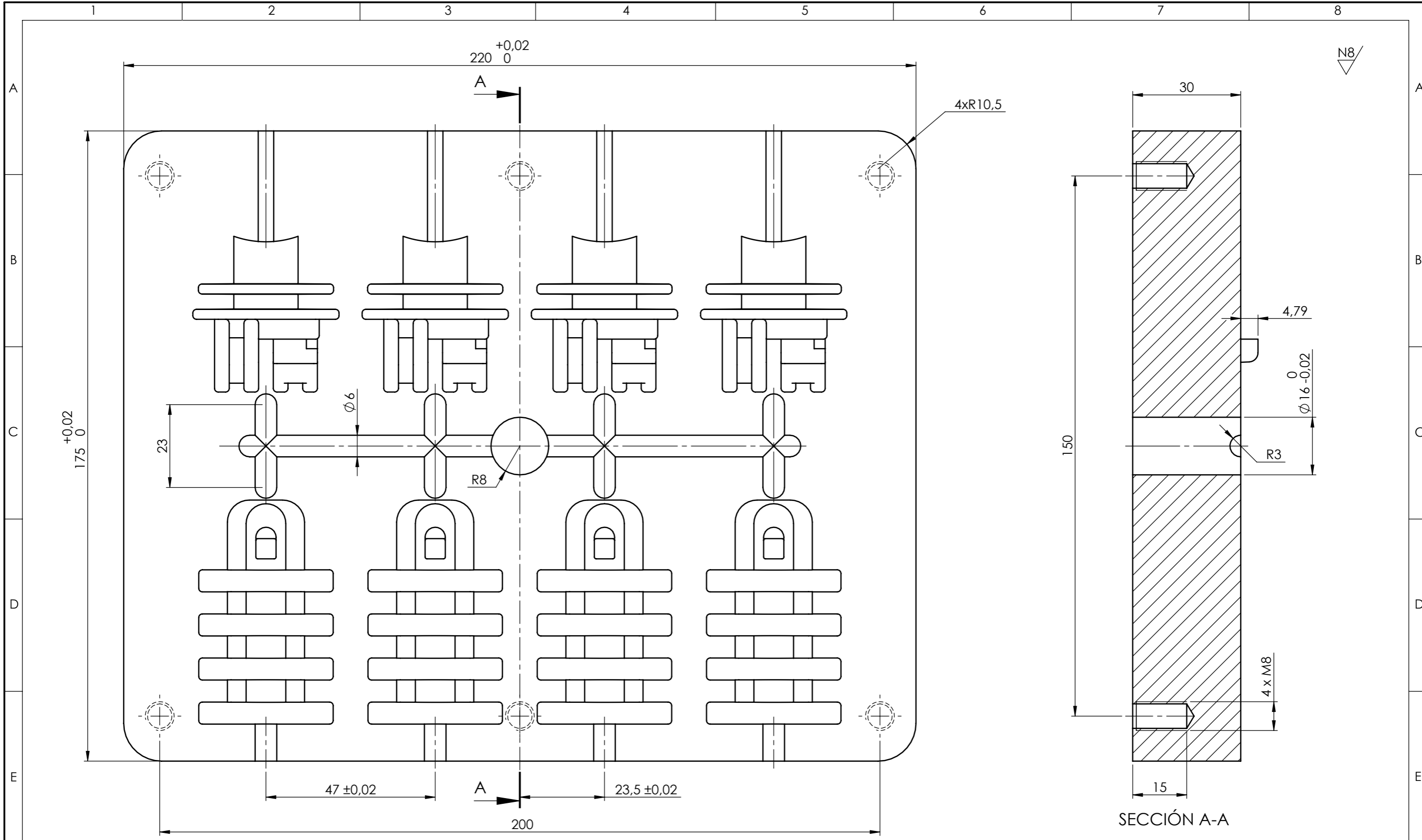


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.2	19.17 Kg	AISI 1020		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares	Base Cavidad Superior		1:2.5
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez			
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 5 DE 15		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				



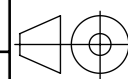
SECCIÓN A-A

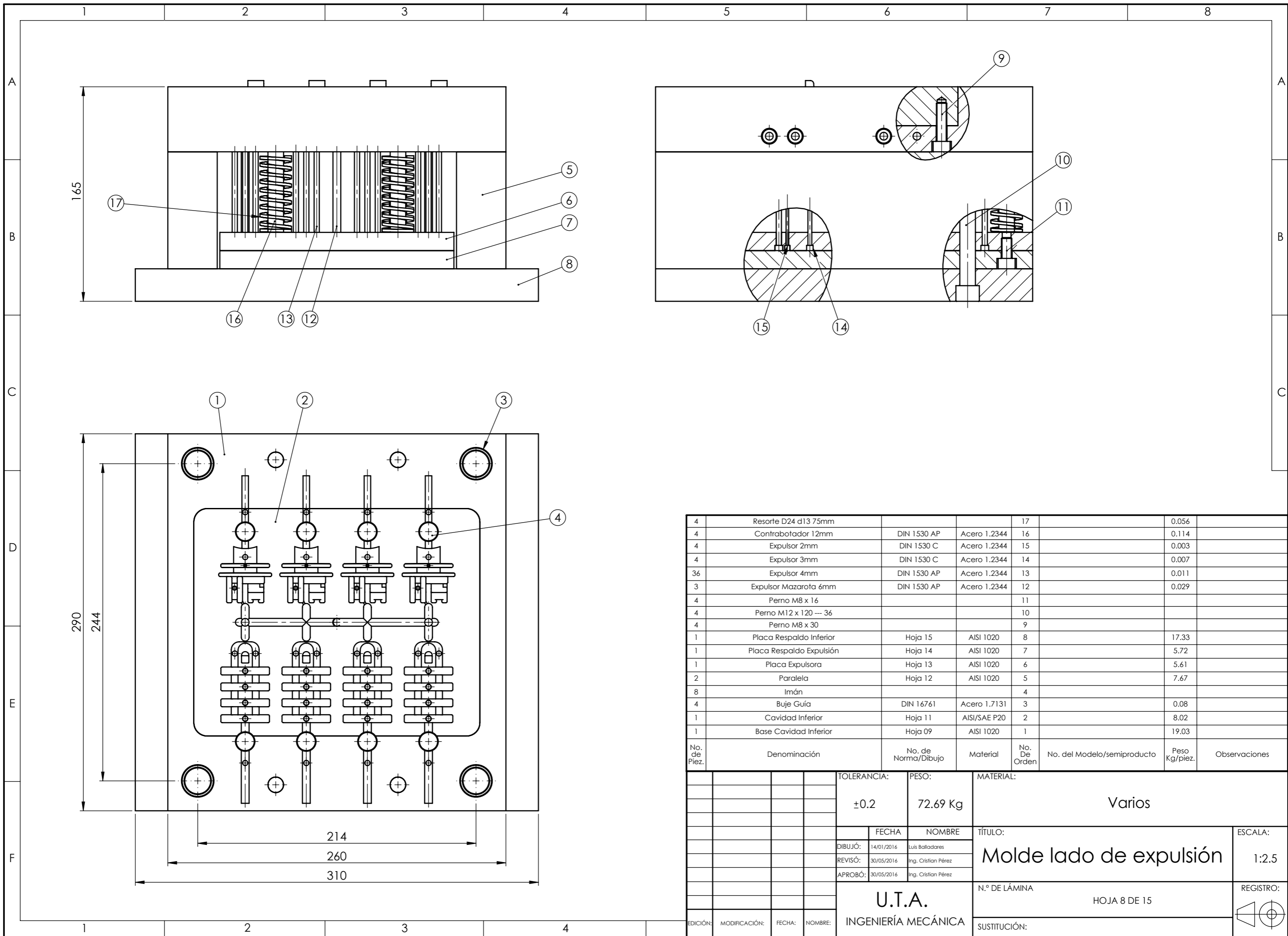
				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 17.06 Kg	MATERIAL: AISI 1020	
						TÍTULO: Placa Respaldo Superior	ESCALA: 1:2.5
				DIBUJÓ: 14/01/2016 Luis Balladares	NOMBRE: Ing. Cristian Pérez		
				REVISÓ: 30/05/2016 Ing. Cristian Pérez	APROBÓ: 30/05/2016 Ing. Cristian Pérez		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: HOJA 6 DE 15	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



Nota: Las dimensiones de las cavidades se muestran en las hojas 01 y 02, estos están distribuidos en la cavidad en forma de hilera con una distancia de 47mm.
La placa tiene tratamiento superficial de nitruración

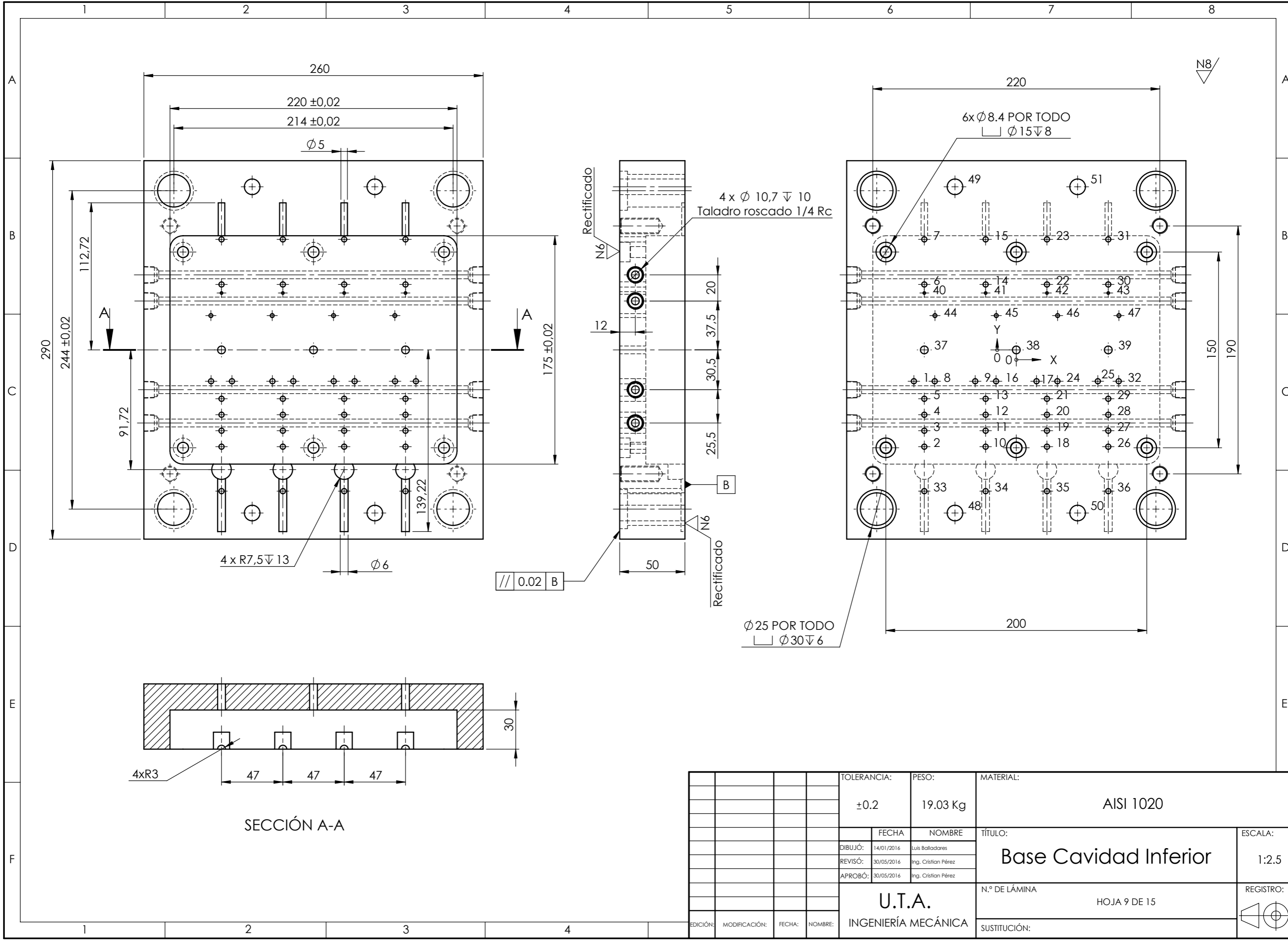
TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0.2		8.15 Kg		AISI/SAE P20	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 14/01/2016		Luis Balladares		Cavidad Superior	
REVISÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez			
APROBÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez			
U.T.A.				N.º DE LÁMINA	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 7 DE 15	
EDICIÓN:				SUSTITUCIÓN:	
MODIFICACIÓN:				REGISTRO:	
FECHA:				ESCALA:	
NOMBRE:				1:1	





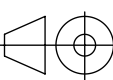
4	Resorte D24 d13 75mm			17	0.056		
4	Contrabotador 12mm	DIN 1530 AP	Acero 1.2344	16	0.114		
4	Expulsor 2mm	DIN 1530 C	Acero 1.2344	15	0.003		
4	Expulsor 3mm	DIN 1530 C	Acero 1.2344	14	0.007		
36	Expulsor 4mm	DIN 1530 AP	Acero 1.2344	13	0.011		
3	Expulsor Mazarota 6mm	DIN 1530 AP	Acero 1.2344	12	0.029		
4	Perno M8 x 16			11			
4	Perno M12 x 120 --- 36			10			
4	Perno M8 x 30			9			
1	Placa Respaldo Inferior	Hoja 15	AISI 1020	8	17.33		
1	Placa Respaldo Expulsión	Hoja 14	AISI 1020	7	5.72		
1	Placa Expulsora	Hoja 13	AISI 1020	6	5.61		
2	Paralela	Hoja 12	AISI 1020	5	7.67		
8	Imán			4			
4	Buje Guía	DIN 16761	Acero 1.7131	3	0.08		
1	Cavidad Inferior	Hoja 11	AISI/SAE P20	2	8.02		
1	Base Cavidad Inferior	Hoja 09	AISI 1020	1	19.03		
No. de Piez.	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. De Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/piez.	Observaciones

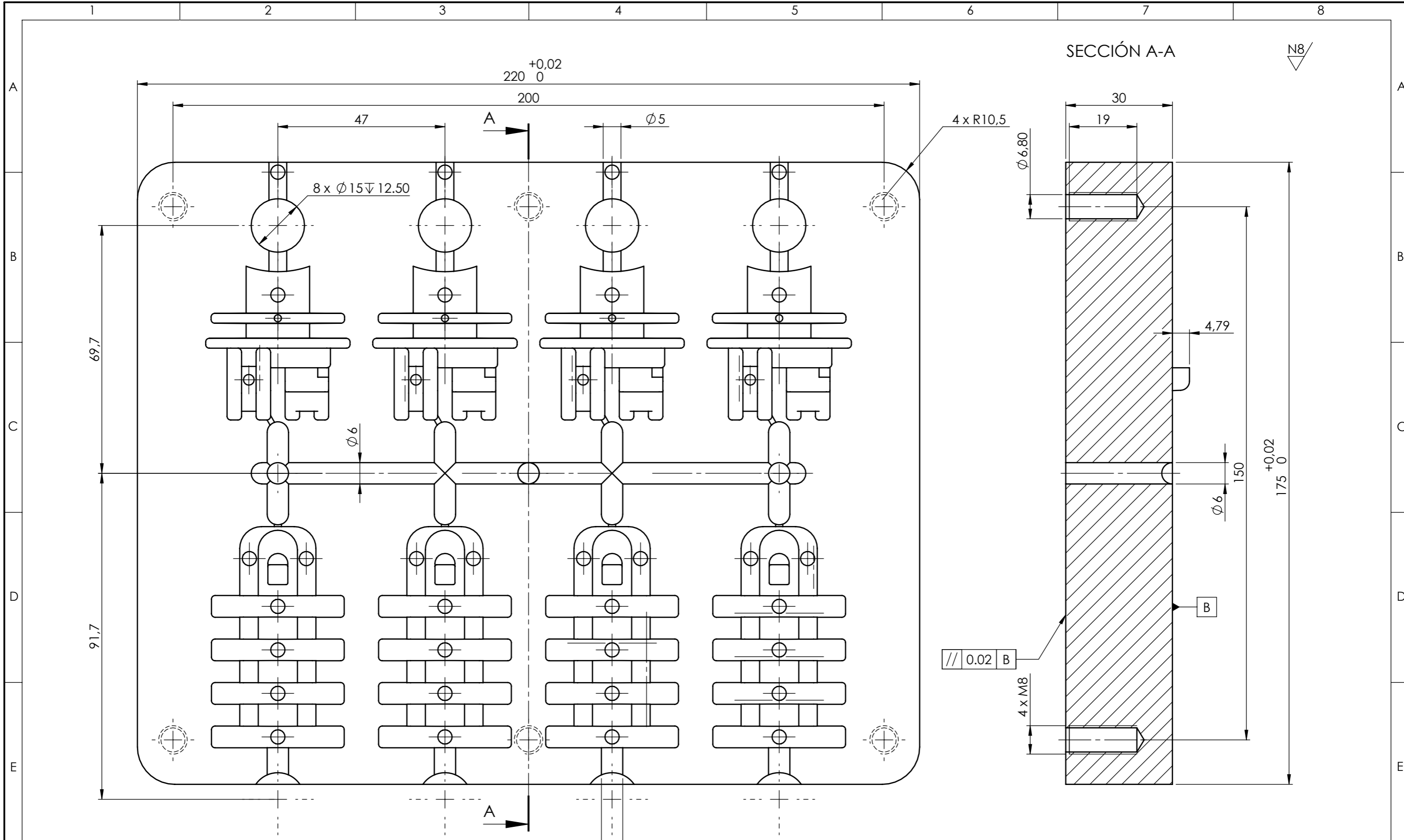
TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±0.2		72.69 Kg		Varios			
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJÓ: 14/01/2016		Luis Balladares		Molde lado de expulsión			1:2.5
REVISÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez					
APROBÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 8 DE 15			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



EDICIÓN:		MODIFICACIÓN:		FECHA:		NOMBRE:		TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
								± 0.2	19.03 Kg	AISI 1020	
								FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	
								DIBUJÓ:	Luis Balladares	Base Cavidad Inferior	
								REVISÓ:	Ing. Cristian Pérez	ESCALA:	
								APROBÓ:	Ing. Cristian Pérez	1:2.5	
								U.T.A.		N.º DE LÁMINA	
								INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 9 DE 15	
								SUSTITUCIÓN:		REGISTRO:	

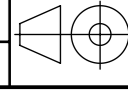
	1	2	3	4
A	51	47	125	\varnothing 12,05 12,00
	50	47	-125	
	49	-47	125	
	48	-47	-125	
	47	78,66	26,31	
B	46	31,66	26,31	\varnothing 3,05 3,00
	45	-15,34	26,31	
	44	-62,34	26,31	
	43	70,50	43,61	
	42	23,50	43,61	
	41	-23,50	43,61	
	40	-70,50	43,61	
	39	70,50	0	
	38	0	0	
	37	-70,50	0	
C	36	70,50	-108,22	\varnothing 6,05 6,00
	35	23,50	-108,22	
	34	-23,50	-108,22	
	33	-70,50	-108,22	
	32	78,50	-24	
	31	70,50	84,72	
	30	70,50	50,16	
	29	70,50	-37,44	
	28	70,50	-49,68	
	27	70,50	-61,92	
	26	70,50	-74,16	
	25	62,50	-24	
	24	31,50	-24	
	23	23,50	84,72	
	D	22	23,50	
21		23,50	-37,44	
20		23,50	-49,68	
19		23,50	-61,92	
18		23,50	-74,16	
17		15,50	-24	
16		-15,50	-24	
15		-23,50	84,72	
14		-23,50	50,16	
13		-23,50	-37,44	
E	12	-23,50	-49,68	Tamaño
	11	-23,50	-61,92	
	10	-23,50	-74,16	
	9	-31,50	-24	
	8	-62,50	-24	
	7	-70,50	84,72	
	6	-70,50	50,16	
	5	-70,50	-37,44	
	4	-70,50	-49,68	
	3	-70,50	-61,92	
2	-70,50	-74,16		
1	-78,50	-24		
	RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	Tamaño

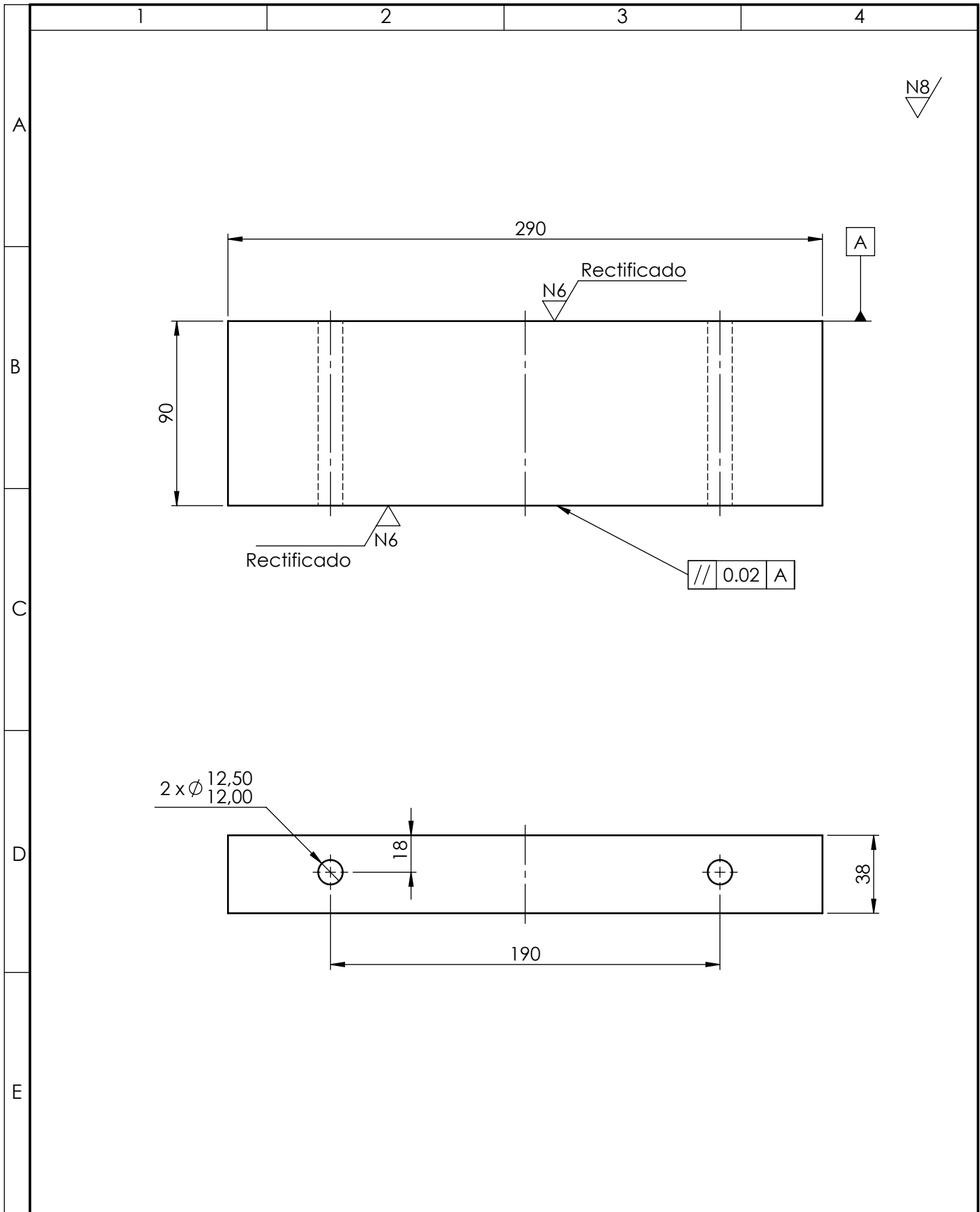
				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: Kg	MATERIAL:		
						TÍTULO: Tabla agujeros Base Cavidad Inferior	ESCALA: 1:10	
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares		N.º DE LÁMINA HOJA 10 DE 15	REGISTRO:
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez			
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez	SUSTITUCIÓN:		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				



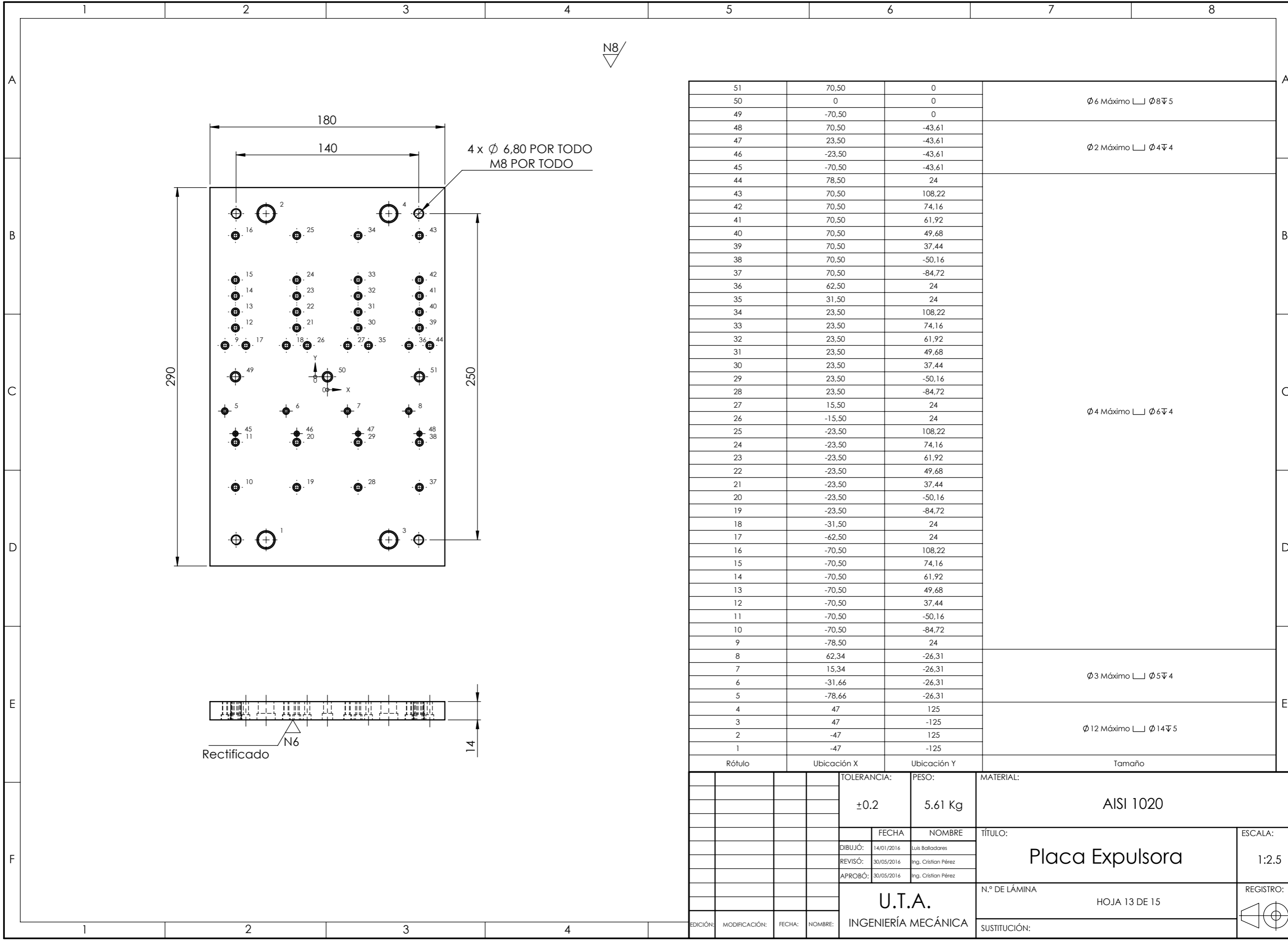
Nota: Las dimensiones de las cavidades se muestran en las hojas 01 y 02, estos están distribuidos en la cavidad en forma de hilera a una distancia de 47mm.
 La placa tiene tratamiento superficial de nitruración
 Los agujeros de expulsión son los mismos que la Placa Base de Cavidad Inferior tomando de referencia el centro de la placa.

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0.2		8.02 Kg		AISI/SAE P20	
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 14/01/2016		Luis Balladares		Cavidad Inferior	
REVISÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez		ESCALA:	
APROBÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez		1:1	
U.T.A.				N.º DE LÁMINA	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 11 DE 15	
EDICIÓN:		MODIFICACIÓN:		REGISTRO:	
FECHA:		NOMBRE:		SUSTITUCIÓN:	



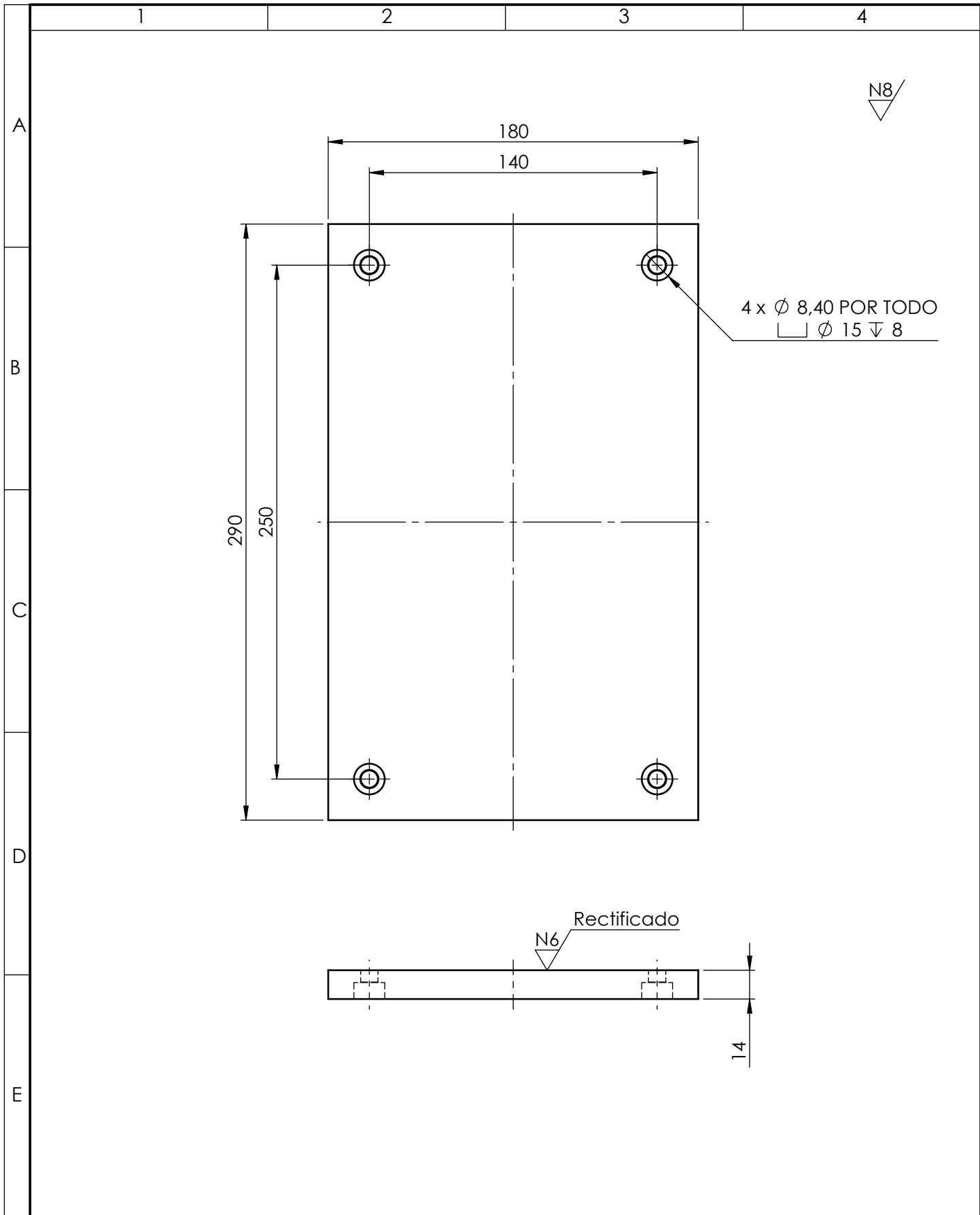


				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 7.67 Kg	MATERIAL: AISI 1020	
						TÍTULO: Paralela	ESCALA: 1:2.5
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares		
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 12 DE 15	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

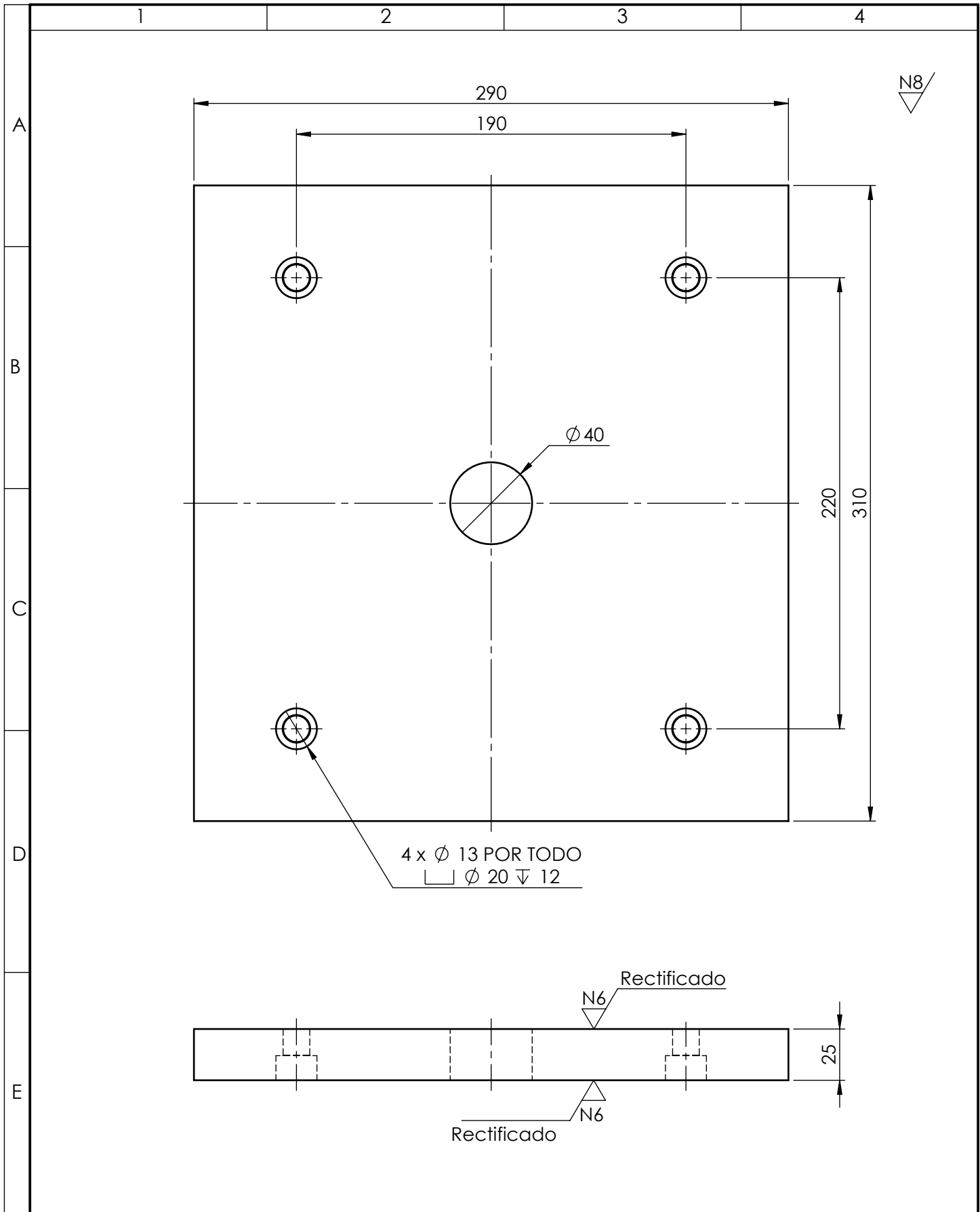


Rótulo	Ubicación X	Ubicación Y	Tamaño	
51	70,50	0	Ø 6 Máximo Ø 8√5	
50	0	0		
49	-70,50	0		
48	70,50	-43,61	Ø 2 Máximo Ø 4√4	
47	23,50	-43,61		
46	-23,50	-43,61		
45	-70,50	-43,61		
44	78,50	24		
43	70,50	108,22	Ø 4 Máximo Ø 6√4	
42	70,50	74,16		
41	70,50	61,92		
40	70,50	49,68		
39	70,50	37,44		
38	70,50	-50,16		
37	70,50	-84,72		
36	62,50	24		
35	31,50	24		
34	23,50	108,22		
33	23,50	74,16		
32	23,50	61,92		
31	23,50	49,68		
30	23,50	37,44		
29	23,50	-50,16		
28	23,50	-84,72		
27	15,50	24	Ø 3 Máximo Ø 5√4	
26	-15,50	24		
25	-23,50	108,22		
24	-23,50	74,16		
23	-23,50	61,92		
22	-23,50	49,68		
21	-23,50	37,44		
20	-23,50	-50,16		
19	-23,50	-84,72		
18	-31,50	24		Ø 12 Máximo Ø 14√5
17	-62,50	24		
16	-70,50	108,22		
15	-70,50	74,16		
14	-70,50	61,92		
13	-70,50	49,68		
12	-70,50	37,44		
11	-70,50	-50,16		
10	-70,50	-84,72		
9	-78,50	24		
8	62,34	-26,31		
7	15,34	-26,31		
6	-31,66	-26,31		
5	-78,66	-26,31		
4	47	125		
3	47	-125		
2	-47	125		
1	-47	-125		

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0.2		5.61 Kg		AISI 1020	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 14/01/2016		Luis Balladares		Placa Expulsora	
REVISÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez		ESCALA: 1:2.5	
APROBÓ: 30/05/2016		Ing. Cristian Pérez		REGISTRO:	
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				N.º DE LÁMINA: HOJA 13 DE 15	
EDICIÓN:		MODIFICACIÓN:		SUSTITUCIÓN:	
FECHA:		NOMBRE:			



				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 5.72 Kg	MATERIAL: AISI 1020	
						TÍTULO: Placa Respaldo Expulsión	ESCALA: 1:2.5
				DIBUJÓ:	FECHA:	NOMBRE:	
				REVISÓ:	30/05/2016	Ing. Cristian Pérez	
				APROBÓ:	30/05/2016	Ing. Cristian Pérez	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 14 DE 15	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 17.33 Kg	MATERIAL: AISI 1020	
						TÍTULO: Placa Respaldo Inferior	ESCALA: 1:2.5
				DIBUJÓ: 14/01/2016	Luis Balladares	N.º DE LÁMINA HOJA 15 DE 15	REGISTRO:
				REVISÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
				APROBÓ: 30/05/2016	Ing. Cristian Pérez		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	

Glosario Técnico

Área proyectada: Superficie de la pieza proyectada sobre el plano perpendicular al eje de la unidad de cierre.

Bebedero: Canal interior que conduce el material dentro del molde hacia la cavidad o el sistema de canales. Es la parte que conecta la boquilla con el molde.

CAD: Diseño asistido por computadora (Computer Aided Design)

CAE: Ingeniería asistida por computador (Computer Aided Engineering)

CAM: Manufactura asistido por computadora (Computer Aided Manufacturing)

Canal de alimentación, de colada o distribución: Canal(es) en el molde que conecta(n) el bebedero a la entrada de la cavidad.

Capacidad de inyección: volumen de material que puede ser inyectada durante un ciclo de inyección.

Capacidad de plastificación: Cantidad de material que puede ser plastificada mediante calentamiento en la máquina en un tiempo dado.

Cavidad: Espacio libre en el molde donde el plástico toma la forma del producto.

Ciclo de inyección: Secuencia completa de operaciones necesarias para producir una pieza o una serie de piezas.

CNC: Control numérico computarizado (Computerized Numerical Control)

Columnas guía: Barras de acero en series de dos, tres o cuatro, que conectan la platina fija de la máquina al mecanismo de cierre y sobre la cual se desliza la platina móvil.

Contracción: Reducción en dimensiones que experimenta el producto después del moldeo al enfriarse. Se expresa como un porcentaje o como una relación de dimensiones (mm/mm, in/in).

Entrada: Restricción entre el canal de alimentación y la cavidad del molde. Existen diferentes tipos de entradas, tales como capilar, submarina, de anillo, radial, de membrana, múltiples, de abanico, de lengüeta, etc.

Expulsor: Vástago de acero que se mueve hacia delante expulsando al producto de las cavidades al accionar el sistema de expulsión de la máquina

Fuerza de cierre: Fuerza ejercida en el mecanismo de cierre de la máquina, la cual mantiene el molde cerrado durante la inyección.

Fuerza de cierre: Fuerza ejercida por la máquina hacia el molde durante la inyección.

Índice de fluidez (MFI, Melt flow index or Melt flow rate): Es una medida de las características de flujo de un polímero fundido bajo condiciones específicas. El índice de fluidez tiene una relación inversa con el peso molecular. Normalmente se especifica en gramos/10 min.

Molde: Espacio libre o cavidades en las que el material fundido es forzado a tomar la forma del producto deseado. Generalmente, este término se refiere a todo el conjunto de partes asociadas con la cavidad en la que se forma la pieza.

Núcleo: Parte sólida del molde que da la forma interna a la pieza moldeada.

Placa expulsora: Placa en el molde donde van ensamblados los expulsores

Plano de partición: Plano que divide el elemento en núcleo y cavidad

Presión de inyección: Presión ejercida sobre el material, por el pistón o tornillo, durante la inyección.