



UNIVERSIDAD NACIONAL
de MAR DEL PLATA



FACULTAD DE INGENIERÍA

FABRICACIÓN DE “**PORTA-VAINAS**” PARA LA
PRODUCCIÓN DE DURMIENTES DE HORMIGÓN.

JEREMIAS P. DENIRO

Trabajo Final presentado para optar por el grado académico de
Ingeniero Mecánico.

Director: Daniel Amadeo, Sosa

Director: Federico Rueda

Mayo 2019 –



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Jeremias P. Deniro: *Fabricación de "Porta-Vainas" para la producción de durmientes de hormigón.*, Trabajo Final presentado para acceder al título de grado, Ingeniero Mecánico., ©
Mayo 2019

RESUMEN

El Estado Nacional Argentino, a través de su Agencia de infraestructura ferroviaria **ADIF**, en el año 2014, inicia el desafío de acondicionar los caminos donde se encuentran emplazadas las vías, así como la sustitución de los antiguos durmientes de hormigón por nuevos y actuales Durmientes de hormigón pretensados. Sin una normativa vigente, ni experiencia en el área se iniciaron las obras en todo el país.

Ante la imposibilidad de importar, las empresas fomentaron la producción nacional de los insumos necesarios para la producción, fabricados en su mayoría en Europa, e importados a la Argentina. Dentro de estos accesorios encontramos a los Porta Vaina (**PORTA VAINA**). El reemplazo de este accesorio de máquina importado, fundamental para la producción de durmientes de hormigón, fue entonces la motivación principal este trabajo final.

Estos elementos de máquina resultaron ser un desafío a nivel de ingeniería. La caracterización y selección del material fue compleja por la poca información disponible acerca de piezas similares. El diseño de la pieza, del inserto y la adhesión adecuada entre ambos requirió considerar aspectos estructurales críticos. El diseño de la matricería y puesta a punto de los parámetros de inyección requirió el uso de herramientas numéricas y analíticas de carácter predictivo; la planificación y estrategia de mecanizado y el acondicionamiento adecuado de la materia prima.

El objetivo de este trabajo, fue la sustitución de los **PORTA VAINA** de origen importado, por los mismos de origen nacional con una calidad superior.

Dada la urgencia del pedido, se exploraron alternativas de fabricación que abordaron desde el mecanizado, hasta la impresión 3D, donde cada enfoque aportara sus aspectos positivos y negativos, para dar lugar de manera definitiva al camino del moldeo por inyección.

Los aspectos más importantes que se abordaron en este trabajo final se detallan a continuación:

- Se analizó la estructura de diseño en un modelo de Flujo de proceso, para llevar un diseño factible y real.
- Se estudió, por simulación que configuración de enfriamiento era la más productiva para reducir el ciclo inyección.
- Se diseñó cada sección de la matriz por solid work (**SOLID WORK**), y se explicó por qué se toma una decisión frente a otra, se propuso el uso de insertos para la inyección del **PORTA VAINA**.
- Se analizó la contracción del material para definir las tolerancias dimensionales del mecanizado. Una vez inyectado se verificaron estas dimensiones y se re-mecanizaron las secciones en conflicto.
- Se definieron los materiales necesarios para la fabricación de la matriz, su adquisición, tratamientos térmicos y mecanizado.
- En cuanto al material de partida, originalmente se desconocía su origen y configuración, para esto y mediante ensayos como FT-IR, DSC y Ensayos de Tracción, se determinó el polímero con el que se fabrican los importados.
- Se explicó como varían las propiedades del producto y sus dimensiones con el paso de los días y la temperatura de acopio.
- Se generó un estudio emprendedor, para minimizar los riesgos del proyecto, en conjunto con el estudio de costos.

- Por último, se vendieron los productos a las diferentes empresas y se verificó la vida en servicio (Cuyos resultados ya no son motivo de este Trabajo Final)

AGRADECIMIENTOS

Siendo este Trabajo Final el cierre de mi formación de grado, quisiera manifestar mi agradecimiento a las personas que me han acompañado en este camino:

A mi hijo Luca .

A Julieta, mi amiga y Compañera.

A mis padres y mis hermanos, que aun en tiempos difíciles me supieron iluminar.

Al pueblo Argentino, por brindarme la oportunidad y el acceso a la educación pública.

A mis Directores de trabajo final, Federico Rueda y Daniel Sosa.

A mis Amigos y compañeros.

A Belen Mena y Natalia Bartels.

A Camila Quintana y Nahuel Rull, por sus aportes a este trabajo

ÍNDICE GENERAL

1	MOTIVACIÓN Y ALCANCE	1
1.1	Formulación del problema	1
1.2	Alcance y objetivos	6
2	ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN	9
2.1	introducción	9
2.1.1	Colada	9
2.1.2	Mecanizado	10
2.1.3	Prototipado 3D, (Rapid Prototipe)	11
2.1.4	Impresión 3D	13
2.1.5	Procesado por Inyección	15
3	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL	19
3.1	Introducción	19
3.2	Materiales Poliméricos	19
3.2.1	Estructura Molecular	20
3.2.2	Ordenamiento Molecular y sus características	23
3.3	Factores a considerar	23
3.4	Ensayos de caracterización	25
3.4.1	Inspección visual, del PORTA VAINA importado	25
3.4.2	Calorimetría Diferencial de Barrido	27
3.4.3	FT-IR	28
3.4.4	Ensayo de Tracción	29
3.5	Conclusión de los Ensayos	31
3.6	Características generales del TPU	31
3.6.1	Selección del Grado del TPU	32

4	VARIABLES DE MAQUINA Y ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL CICLO DE INYECCIÓN	35
4.1	Introducción al proceso de moldeo por Inyección	35
4.2	Moldeo por inyección	36
4.2.1	Unidades dentro del sistema de Inyección	36
4.3	Ciclo de Inyección	38
4.3.1	Tiempos del ciclo de inyección	40
4.4	VARIABLES DE LA INYECTORA	45
4.4.1	Las Cinco Variables de Mayor Impacto	46
5	DISEÑO DE LA MATRIZ	53
5.1	Introducción al diseño	53
5.2	Selección del Porta Molde	53
5.2.1	Selección del tipo de Porta Molde	55
5.2.2	Definición de la serie del Porta Molde	57
5.2.3	Definir de los espesores de las placas de trabajo, la Sub-Serie del porta molde.	58
5.2.4	Otros componentes	59
5.3	Aspectos claves para un óptimo diseño de la matriz	60
5.3.1	Insertos	60
5.3.2	Diseño de lado de mayor área para el desmolde	61
5.3.3	Toroide de arrastre de colada	65
5.3.4	Colocación del inserto en la matriz	66
5.3.5	Ángulo de desmolde en la zona de ajuste	66
5.3.6	Puntos de Expulsión	67
5.4	Contracción	68
5.4.1	Contracción y Cristalinidad	68
5.5	Conclusiones sobre el diseño del molde y selección del porta molde	70
5.6	Introducción al sistema de refrigeración	71

5.6.1	Sistemas Serie-Paralelo	75
5.6.2	Calculo de diámetro y separación de agujeros para refrigeración . . .	75
5.7	Simulación de los parámetros seleccionados de enfriamiento, Moldex 3D .	76
5.7.1	Conclusión de la Simulación en Moldex 3D, de los parámetros de Diseño del circuito de refrigeración	80
6	PARÁMETROS DE PROCESAMIENTO	93
6.1	Introducción	93
6.2	Preparación del Material	93
6.2.1	Secado del Termoplastics Elastomer Urethane (TPU)	94
6.2.2	tratamiento Post-Inyección	95
6.3	Temperatura de las resistencias calefactoras	97
7	ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL ECOSISTEMA EMPRENDEDOR	101
7.1	Introducción	101
7.1.1	Costos	101
7.1.2	Inversión Inicial	104
7.2	Análisis del Ecosistema Emprendedor	113
7.2.1	CANVAS	113
7.2.2	FODA	115
7.2.3	Conclusión	118
7.3	Conclusiones generales	119
7.4	Trabajo a futuro	119
A	PLANOS	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Durmiente de hormigon	1
Figura 2	Durmiente de Hormigon	1
Figura 3	Sujeción de rieles a Durmientes de Hormigón pretensado	2
Figura 4	colocación de la vaina	3
Figura 7	Sistema de Desmolde y arranque de la vaina, sobre el Porta Vaina	3
Figura 5	Porta Vainas en el molde	4
Figura 6	colocación de los Porta Vainas al molde	5
Figura 8	Perfil de rosca, Proyector de Perfiles	10
Figura 9	Perfil de rosca, del modelo colado	10
Figura 10	Porta Vaina Geboren	11
Figura 11	Posicionamiento del PORTA VAINA , en la mesa de trabajo 3D	12
Figura 12	Calibración de la temperatura del sistema de impresión, según el material	12
Figura 13	Capas iniciales en la mesa caliente	14
Figura 14	Avance de la impresión 3D	14
Figura 15	Avance de la impresión 3D	14
Figura 16	Avance de la impresión 3D	14
Figura 17	Vista de la Impresión 3D	14
Figura 18	Vista de la impresión 3D	14
Figura 19	Punto de Expulsión	16
Figura 20	Punto de Inyección	16
Figura 21	Linea de cierre del PORTA VAINA	16
Figura 22	Zonas de defectos en la Matriz de la pieza importada	16
Figura 23	Lineas de cierre PORTA VAINA	16

Figura 24	Lineas de cierre PORTA VAINA	16
Figura 25	Lineas de Mecanizado	17
Figura 26	Lineas de Mecanizado	17
Figura 27	Polimerización del PVC	20
Figura 28	Polimerización del POE	20
Figura 29	Polímero Ramificado	22
Figura 30	Polímero no Ramificado	22
Figura 31	Estructura Física de los polímeros	23
Figura 32	canal de inyección común de las piezas Termo-formadas	26
Figura 33	Termograma DSC	27
Figura 34	Rango de temperaturas Tf conforme la dureza del TPU	28
Figura 35	FTIR	29
Figura 36	plano de probeta de tracción	30
Figura 37	recorte de probeta para el ensayo de tracción	30
Figura 38	Ensayo de tracción	30
Figura 39	Estructura del Poliuretano Termoplástico [1]	31
Figura 40	Procedimiento de extracción y arranque	33
Figura 41	Resistencia al Desgarro	33
Figura 42	Variación del Módulo	34
Figura 43	http://www.wanthane.com/	34
Figura 44	Moldeo por inyección, demanda por industria	36
Figura 45	Productores y Consumidores de Inyectoras por país	37
Figura 46	Unidades dentro del sistema de inyección	37
Figura 47	Cierre del molde e inicio de la inyección	38
Figura 48	Inyección del material	38
Figura 49	Aplicación de la presión de post inyección	39
Figura 50	Plastificación del material	39
Figura 51	Enfriamiento y extracción de la pieza	40

Figura 52	Tiempos de un ciclo de inyección	40
Figura 53	llenado al 10 %	41
Figura 54	llenado al 20 %	41
Figura 55	llenado al 40 %	42
Figura 56	llenado al 70 %	42
Figura 57	llenado al 90 %	42
Figura 58	llenado al 100	42
Figura 59	Tiempos de Post-Inyección y presión a fin de ciclo	43
Figura 60	Tiempos de enfriamiento	44
Figura 61	Deformación por falta de tiempo de enfriamiento	44
Figura 62	Tiempo del Ciclo completo	45
Figura 63	Tornillo de Inyección, por Zonas	47
Figura 64	Profundidad del filete según el diámetro del husillo	47
Figura 65	Esquema del Filete del Tornillo	48
Figura 66	Estado del Paso por Filete	48
Figura 67	Esquema gráfico determinación de la presión de inyección	49
Figura 68	plato soporte de matriz, de Haida HDX128	49
Figura 69	Inyectora Haida 128 HDX	51
Figura 70	Ficha Técnica de la Inyectora	52
Figura 71	Pasos para la selección del Porta Molde	54
Figura 72	Plato porta molde HDX 128, 410 mm X 410 mm	55
Figura 73	código para Configuración Standar	55
Figura 74	código para placas flotantes	55
Figura 75	Configuración flotante de Placas	56
Figura 76	Configuración Estándar de Placas	57
Figura 77	Área de Trabajo, dimensiones a determinar en la tabla ver(11	58
Figura 80	Detalle de Matriz y columnas ver fig.(178)	58
Figura 81	geometría común en el diseño del PORTA VAINA , zonas de sección	61

Figura 82	Sección transversal de los canales de colada	62
Figura 83	Área transversal del canal de colada	63
Figura 84	Vista lateral del corte de la colada en SOLID WORK	63
Figura 85	Vista lateral del corte de la colada en SOLID WORK	63
Figura 86	Plano del canal de colada SOLID WORK	64
Figura 87	Estrangulamiento para piezas pequeñas, [10]	64
Figura 88	Toroide de extracción de colada de la boquilla	65
Figura 89	Imán Neodimio, 12000 Gauss de fuerza, de 4mm x 1.5 mm	66
Figura 105	Temperatura de Moldes para Polímeros comunes	72
Figura 106	Balace Térmico	73
Figura 112	Lineas de Soldadura	76
Figura 113	Puntos de Aire Retenido	77
Figura 114	Tiempo de contacto del frente fundido con el inserto y distribución de temperatura	78
Figura 116	Sistema de refrigeración por agujero pasante en paralelo	79
Figura 117	Sistema de refrigeración por agujero pasante en serie	79
Figura 118	Distribución de temperatura en PARALELO	79
Figura 119	Distribución de temperatura SERIE	80
Figura 78	340 X 400	81
Figura 79	código para placas flotantes	81
Figura 90	prototipo de diseño en SOLID WORK	82
Figura 91	Caja de soporte en lado de expulsión con inclusión del imán	82
Figura 92	Modelo terminado del sistema de sujeción del inserto con imán	83
Figura 93	perfil de ángulos vivos de salida, en modelado por SOLID WORK	83
Figura 94	Expulsor de mayor longitud comercial	84
Figura 95	Expulsor de colada comercial	84
Figura 96	Posición de los Expulsores en la matriz y la pieza	85
Figura 97	Posición del expulsor del cono de la boquilla	85

Figura 98	Contracción Volumetrica en Moldex	86
Figura 99	Mecanizado Original	86
Figura 100	Coordenadas de los perfiles Mecanizado e Inyectado	87
Figura 101	Grafica de los Perfiles	87
Figura 102	Contracción porcentual radial	88
Figura 103	Contracción longitudinal	88
Figura 104	Matriz de dos Placas	88
Figura 107	Modelo de conductos internos circulares y rectangulares	89
Figura 108	Vista en corte de enfriamiento por agujero pasante	89
Figura 109	Diagrama de refrigeración Der. Serie y Izq. Paralelo	90
Figura 110	Determinación de la configuración del sistema de enfriamiento	90
Figura 111	Ubicación del punto de inyección	90
Figura 115	Procedimiento de ajuste y Extracción del Porta Vaina	91
Figura 120	Placa de Expulsión	91
Figura 121	Salida de Agua, Sistema en Serie	91
Figura 122	Entrada de Agua, Sistema en Serie	91
Figura 123	Placa de Expulsión	92
Figura 124	Humedad Relativa Temperatura y Tiempo de exposición	94
Figura 125	Tiempo y Temperatura de secado	96
Figura 126	Modificaciones de las propiedades con el Temple	97
Figura 127	Cambio en la Dureza, con los días de acopio	98
Figura 128	Cambio en la Resistencia al desgarre, con los días de acopio	98
Figura 129	Alargamiento % a la Rotura, con los días de acopio	98
Figura 130	Temperatura de procesamiento TPU	99
Figura 131	Revoluciones en función al Diámetro para el TPU	100
Figura 132	Componentes de los costos Fijos y Variables	103
Figura 133	Componentes de los costos Fijos	104
Figura 134	Componentes de los costos Variables	104

Figura 135	Impacto porcentual de los costos en el producto Final	105
Figura 136	Inversión Inicial	106
Figura 137	Tabla de demanda esperada, según obras al 2020	107
Figura 138	Costos del Porta-Vaina Marca FT-TEC	109
Figura 139	Precio de venta de la competencia en pesos	109
Figura 140	Estimación de Costos totales en relación al segmento de mercado .	110
Figura 141	Costos Totales y Precio de Venta	111
Figura 142	Punto de equilibrio y zona de rentabilidad	111
Figura 143	Costos en función a las unidades producidas y porcentaje del mercado	112
Figura 144	Lienzo CANVAS	114
Figura 145	Matriz FODA	115
Figura 146	Matriz DA	116
Figura 147	Matriz Do	117
Figura 148	Matriz FA	117
Figura 149	Matriz FO	118
Figura 150	Sección 1 Expulsión	122
Figura 151	Sección 2 Expulsión	123
Figura 152	Sección 3 Expulsión	124
Figura 153	Sección 4 Expulsión	125
Figura 154	Sección 5 Expulsión	126
Figura 155	Cajas Inyección inyección	127
Figura 156	Sección 1 inyección	128
Figura 157	Sección 2 inyección	129
Figura 158	Sección 3 inyección	130
Figura 159	Sección 4 inyección	131
Figura 160	Sección 5 inyección	132
Figura 161	tornillo de sujeción, inserto	133

Figura 162	Porta Vaina Presentación	134
Figura 163	Boquilla de colada	135
Figura 164	Buje de Columna	136
Figura 165	Placa Expulsión centradora	137
Figura 166	Placa Expulsión Cierre	138
Figura 167	Eje Expulsión	139
Figura 168	Eje de Columnas	140
Figura 169	Expulsor de colada	141
Figura 170	Expulsor de pieza	142
Figura 171	Soporte lateral	143
Figura 172	Placa de trabajo Expulsión	144
Figura 173	Placa de trabajo Inyección	145
Figura 174	Placa de respaldo E	146
Figura 175	Placa de respaldo lado Inyección	147
Figura 176	Plato de maquina inyectora, porta Matriz	148
Figura 177	Placa Inyección con sistema de refrigeración	149
Figura 178	Ensamblaje	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros para la calibración de la impresora 3D	14
Tabla 2	Polímeros de adición de uso común	21
Tabla 3	Polímeros de Condensación de uso común	21
Tabla 4	Características de Estado	24
Tabla 5	Características de análisis visual	25
Tabla 6	Dimensiones Externas, para establecer el área útil	58
Tabla 7	Tabla de Carrera de Expulsión	59
Tabla 8	Código Final	59
Tabla 9	Dimensiones recomendadas según la bibliografía	63
Tabla 10	Dimensiones usadas para piezas pequeñas	64
Tabla 11	Tabla de componentes	71
Tabla 12	Tabla de componentes	76

ABREVIATURAS

porta vaina Porta Vaina

dsc Calorimetría Diferencial de barrido

ft-ir Espectrometría Infrarroja Transformada Fourier

mpa Mega Pascales

tpu Termoplastics Elastomer Urethane

solid work solid work

kn Kilo Newton

gr/s Gramos por Segundo

gr/m² Gramos por metro cuadrado

$\frac{cm^3}{s}$ Centímetros cúbicos por Segundo

p_{eq} Punto de equilibrio

cf Costo Fijo

cv Costo Variable

pf Placa Flotante

pbs Placa Soporte lado de la inyección

p₁ Placa de trabajo de inyección

p₂ Placa de trabajo de expulsión

ps Placa Guía

cpe Placa porta Expulsores 1

p_e Placa porta Expulsores 1

$^{\circ}c$ Grados Centígrados

p_{crit} Presión de inyección

e Modulo de Young

l_e longitud del expulsor

i Momento de Inercia

SÍMBOLOS

d Diámetro de Tornillo

l Longitud Efectiva del Tornillo

r Radio de compresión del husillo

p Presión de inyección

t Tiempo

a Área de sección transversal del husillo.

b Área de sección transversal del sistema hidráulico

p Presión en el interior del cilindro

h_1 Paso de tornillo Menor

h_2 Paso de tornillo Mayor

r Paso Promedio

abs Acrilonitrilo Butadieno Estireno

pla Ácido Poliláctico

t_g Temperatura de Transición Vítrea

t_f Temperatura de Fusión

MOTIVACIÓN Y ALCANCE

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad los antiguos durmientes de quebracho Fig.(1) utilizados en las vías ferroviarias están siendo reemplazados por durmientes de hormigón Fig.(2) [12].

Esta nueva tecnología mejora las prestaciones asociadas a la estabilidad de los caminos, la vida útil de la trocha, seguridad, menores costos de mantenimiento y un sistema amigable con el medioambiente; Por otra parte, el nuevo modo de sujeción de los rieles, permite velocidades superiores del tren.



Figura 1: Durmiente de hormigón



Figura 2: Durmiente de Hormigón

La sujeción de los rieles a los durmientes de hormigón Fig(2) se puede observar con más detalle en la Fig.(161). Este método de sujeción es el aceptado por la normativa vigente y el conjunto de piezas es fabricado y distribuido por la firma Alemana **Vosloh** ([13]).

En la república argentina, se fabrican durmientes que aplican a esta tecnología, dado que se usan en Europa desde 1967 [16] y es probada su eficiencia en lo referente a restringir el Riel ante las solicitaciones que el tren impone, así como la minimización de las vibraciones que se transmiten al durmiente, todo esto logrado gracias a lo que fue un innovador sistema de resorte en forma de clip, "Tensión Clamp" [19]

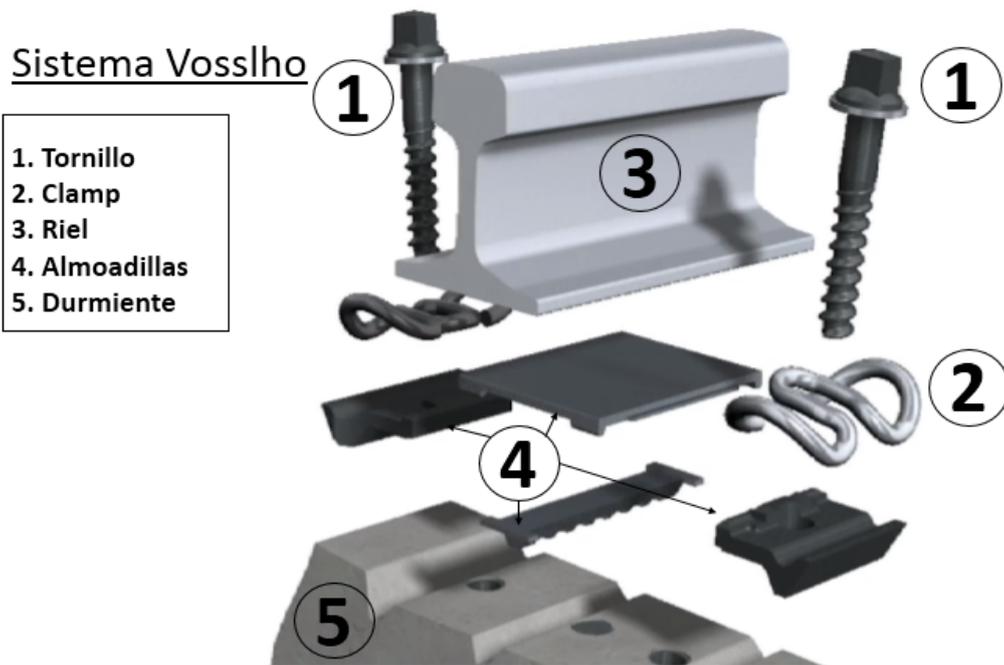


Figura 3: Sujeción de rieles a Durmientes de Hormigón pretensado

Como se observa en la Fig.(3), los tornillos del sistema ajustan en el durmiente, esto es posible debido a que al momento de la colada de hormigón, en los moldes de la línea de producción, se adicionan tarugos poliméricos conocidos como vainas o "Dowels". Fig.(4)

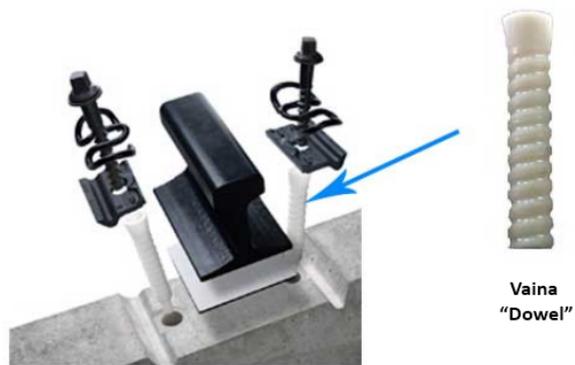


Figura 4: colocación de la vaina

Como observamos en a Fig.(4), para que los tornillos puedan ajustar, el apriete se debe realizar dentro de su respectiva vaina. Las vainas se colocan dentro del molde previamente al colado del hormigón. Para que mantengan su correcta posición durante el proceso de colada, se atornillan en lo que llamaremos Porta Vainas o de aquí en adelante “Dowel Holders” Fig.(5).



Figura 5: Porta Vainas en el molde

Una vez fraguado el hormigón, el durmiente se retira del molde. Los porta-vainas están fabricados de un elastómero que admite grandes deformaciones y a su vez gran



Figura 6: colocación de los Porta Vainas al molde

resistencia al desgarro o “tearing”. Esto permite que durante el desmolde, la pieza se deforme lo suficiente como para liberar la rosca de la vaina sin generar rotura Fig.(7)

Los porta-vainas, permanecen roscados en el molde hasta su deterioro Fig.(6), lo cual puede llevar hasta meses dependiendo de su calidad y condiciones de procesamiento del hormigón, ya que el material con el que se fabrican los Dowel Holder, es higroscópico y su deterioro se acelera con el uso de vapores de agua y aditivos para el fraguado del hormigón ([11])

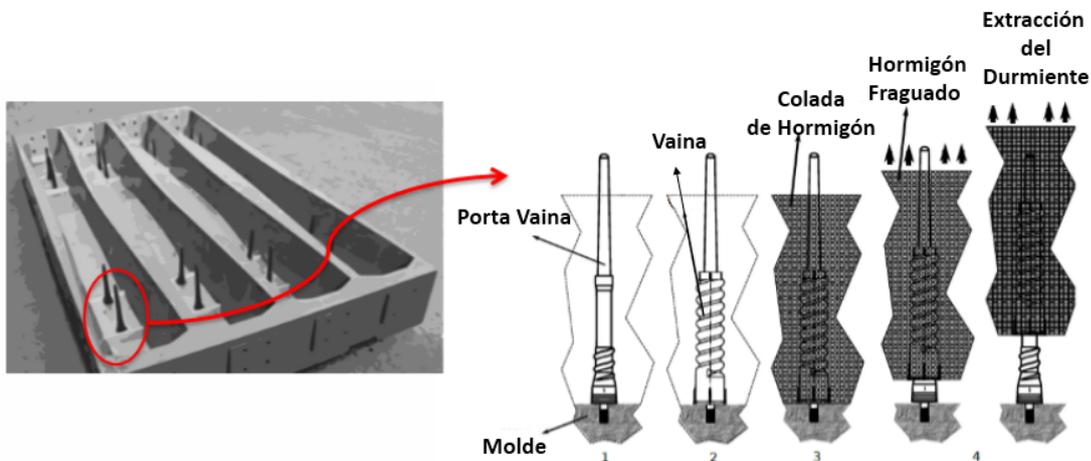


Figura 7: Sistema de Desmolde y arranque de la vaina, sobre el Porta Vaina

A comienzos de año 2014, en la ciudad de mar de plata se inició la producción de durmientes de hormigón bajo la firma **DHASA UTE** construcciones, perteneciente a **Solana S.A.**, Al mismo tiempo otras cuatro empresas en el país iniciaban su actividad, en la búsqueda de suplantar los antiguos durmientes de quebracho por esta nueva tecnología que brinda mejores prestaciones. Todas las empresas utilizan modelos similares de trocha, y están sujetas a las mismas normativas de calidad (fatiga y rotura).

La producción de durmientes de hormigón en argentina comenzó utilizando piezas **Vossloh** importadas originales. Las condiciones asociadas a los tiempos de importación eran elevados y un retraso en la entrega, conllevaba a una parada de la línea, dado que

la falta de este elemento de máquina, volvía improductivo los moldes donde se realiza la colada de hormigón.

En este trabajo final se detalla el trabajo realizado para reemplazar exitosamente los Dowel Holder de origen importado por Porta vainas producidos en la ciudad de Mar del Plata.

1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

El Presente trabajo, parte de un modelo existente y probado mundialmente que es el que provee la firma Vossloh, claro está que al ser un nuevo polo productivo los materiales de partida no serán los mismos, por lo que se esperan cambios en las propiedades mecánicas del polímero a utilizar, las cuales se verán reflejadas en la vida útil de la pieza.

Se obtendrán como productos finales del proyecto los siguientes ítems.

- **Matriz de inyección** Se dejará como producto la matriz fabricada, planos de diseño por Solidworks, así como el análisis de contracción del material con el cual se adoptan las características dimensionales del mecanizado para que el producto se corresponda con el esperado.
- **Detalle y características de Diseño** Se simulará por Moldex 3D, para determinar el punto óptimo de inyección, y las características térmicas del flujo del polímero fundido al momento del contacto con el inserto. De modo tal que garantice la mejor sujeción del inserto metálico con el polímero. Así como también se evaluará, aire retenido y líneas de soldadura.
- **Análisis del Material** Se realizará un análisis de Calorimetría Diferencial de Barrido “DSC”, así como un análisis por Espectroscopia FTIR, para determinar el material polimérico de la pieza importada a sustituir.
- **Diseño de la Matriz** Se determinarán los criterios de diseño del sistema de inyección, y se presentará el diseño de cada parte constitutiva.

- **Parámetros de inyección** Al inyectar la pieza se determinarán los parámetros de inyección, temperatura del polímero en función a la distancia recorrida dentro del tornillo de inyección, así como también la presión, tiempo de inyección y pos inyección. Esto incluirá temperatura del polímero, tiempo de secado y humedad retenida permitida, y porcentaje de Masterbach recomendado.
- **Análisis Socio Económico** Se realizará un análisis de costos del producto para la toma de decisiones, y respecto al emprendimiento se adjuntará un FODA y un análisis CANVAS para establecer con objetividad el circuito socioeconómico en el cual se propone el proyecto.
- **Análisis de la Contracción** Se realizará un comparativo entre tres estadios del diseño:
 - **Dimensión de Diseño.**
 - **Datos de contracción del fabricante.**
 - **Dimensiones de la Pieza Pos-Inyección**

Para luego Establecer el porcentaje óptimo de sobre dimensión de diseño para que luego de la contracción del material, podamos lograr las medidas esperadas de la pieza.

- **Los porta vainas inyectados** Una vez desarrollada la matriz, se procederá a inyectar la pieza para luego en otra instancia ser instalados en planta.

La Tesis se divide Cuatro secciones principales:

- **Introducción y Alcance:** Donde se introduce a la problemática y el alcance o límite de este trabajo final.
- **'7' Capítulos:** Donde en Cada uno de estos se aborda una temática, para alcanzar el producto final de este proyecto.

- Anexo 'A Planos': En este apartado, se dispondrán todos los planos necesarios, con sus respectivas dimensiones para poder mecanizar la matriz.
- Trabajo a Futuro: En esta parte se detallará que trabajos de y desarrollo se podrán llevar adelante como resultado de este trabajo final.

ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo, propone establecer alternativas de procesamiento para lograr producir **PORTA VAINA** de manera seriada y con la calidad esperada para la producción de durmientes de hormigón.

Como se menciona en la introducción, el presente trabajo final surge de la necesidad de DHASA UTE de reemplazar los **PORTA VAINA** importados Por un modelo nacional de entrega inmediata.

En noviembre de 2015 la planta se encontraba un 50% improductiva por la falta de Porta Vainas y se establece un contrato que da un plazo de 90 días para la primer entrega.

Se analizaron diferentes metodologías de fabricación que buscaban evitar la producción por inyección ya que los tiempos podrían exceder los esperados.

2.1.1 *Colada*

La iniciativa primaria fue la de establecer una matriz de fibra que permitiera la colada de caucho de Silicona **Termo Rígido**

Para este procedimiento se realizó un molde en dos partes de Resina de Poliester con agregado de una malla de fibra de vidrio de 450 Gramos por metro cuadrado (gr/m^2), el resultado fue un modelo para la producción que permitió la réplica exacta del modelo original. Pese a replicar el modelo, el material utilizado para la colada, no presentó las propiedades mecánicas requeridas, como la rigidez necesaria para proceder al roscado de

la vaina. Debido a que este método no sirvió desde el punto de vista ingenieril, permitió evidenciar ciertas complejidades propias de la pieza que serán abordadas en el Cap.(7),(5), (6) y se detallan a continuación

- Ángulos agudos para el desmolde,
- Contracción longitudinal,
- Resistencia Mecánica al desgarro y alargamiento a la tracción.
- Necesidad de buscar un fabricante que pueda proveer del inserto mecanizado en CNC.

La pieza colada, sirvió para definir el perfil de la rosca que se utilizó para diseñar la pieza en **SOLID WORK**, ver Fig. (9) y Fig. (8)



Figura 8: Perfil de rosca, Proyector de Perfiles



Figura 9: Perfil de rosca, del modelo colado

2.1.2 Mecanizado

Producir esta pieza por mecanizado fue desestimado por tres razones fundamentales. El carácter **Elastomérico** de la pieza original demanda una tecnología de procesamiento por mecanizado que no se disponía. Por lo que el costo de inversión habría sido significativo frente a lo que se buscaba: **evitar la inyección y la fabricación de una matriz**. Por otro

lado, el **PORTA VAINA** se ajusta al molde de manera roscada ver Fig. (161), si se mecaniza no se puede incorporar el inserto metálico dentro del polímero.

Por último, el material de partida para el mecanizado debe de proveerse en barras redondas y no se dispone de esto en el mercado, por lo que si se hubiera tomado esta decisión, tendríamos que haber extrudado el material en un redondo de 30 mm para luego mecanizar.

Por lo expuesto anteriormente esta metodología para la fabricación fue desestimada.

2.1.3 Prototipado 3D, (*Rapid Prototipe*)

Dentro de las alternativas para la fabricación, se analizó la provisión de piezas en 3D, con el fin de mitigar la problemática.

En la Fig. (10) podemos ver el diseño que fue prototipado.



Figura 10: Porta Vaina Geboren

Para realizar este modelo, se procedió a diseñar la pieza en conjunto con el inserto en (**SOLID WORK**), luego el archivo en formato .STL fue trasferido al sistema de conversión, como se puede ver en la Fig.(11), y así generar el código G o **Gcode**.

Una vez lograda la conversión y posición de trabajo, se procedió a establecer las características de impresión, como el avance de caudal a extrudar, temperatura de trabajo en la mesa y en el extrusor.

2.1.3.1 Procedimiento

El proceso consistió fundamentalmente en calentar un filamento de polímero termoplástico y extrudarlo siguiendo la forma de las secciones establecidas en el **Gcode** para formar la pieza por capas.

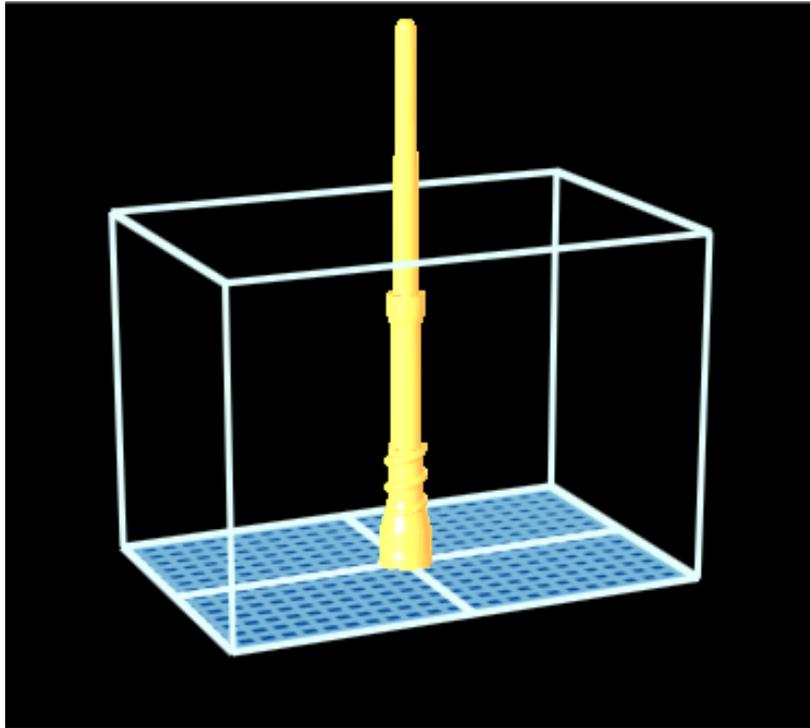


Figura 11: Posicionamiento del **PORTA VAINA**, en la mesa de trabajo 3D

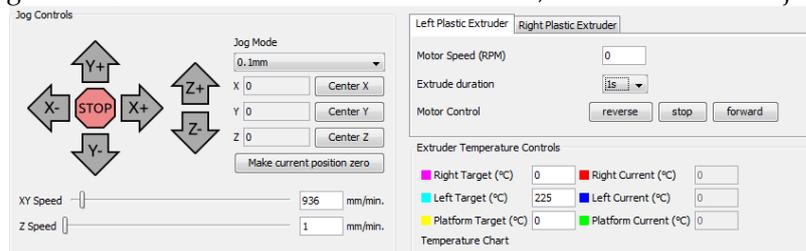


Figura 12: Calibración de la temperatura del sistema de impresión, según el material

El procesamiento implicó que una boquilla, la cual se mueve en el plano XY horizontal deposite un hilo de material a 1°C por debajo de su punto de fusión. ([17] A medida que el hilo solidifica, la mesa desciende una cantidad determinada por la velocidad de deposición del material. La determinación de los parámetros de trabajo condicionan en la impresión, la calidad final de producto.

Para la carga del filamento, el extrusor debió estar a la temperatura óptima. En el caso de este proyecto se procedió a imprimir con diferentes materiales.

Se imprimió con Ácido Poliláctico (PLA) y Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), con un mayado reticulado interno esperando que esta decisión aportara cierta resistencia mecánica y una tolerancia aceptable al desgarro. ([14]).

Cuando este proyecto se llevó adelante, solo se contaba comercialmente con estos materiales. A la fecha de la redacción de este trabajo final ya se cuenta con TPU, lo que quizá hubiera logrado un paliativo temporal que volviera más productiva la empresa que solicitó este proyecto.

El comportamiento del TPU, por impresión 3D en presencia de insertos metálicos, quedará como puerta para futuros proyectos de ingeniería. [14]

2.1.3.2 ABS y PLA

Para el proceso de impresión hay que extruir al ABS a unos 220 – 260°C, esto depende del color de los filamentos, por ejemplo el de color naranja, verde y amarillo tiene una temperatura de extrusión ideal de 220°C, rojo y morado de 225°C, negros y fosforescentes 235°C.

La mayoría de los fabricantes de impresoras 3D sugieren que la base de impresión para el ABS debe precalentarse entre 100 y 110°C.

El ácido poliláctico PLA tiene una temperatura de extrusión entre 180° hasta 200°C, esta temperatura varía debido a la composición del termoplástico. La temperatura de extrusión es más baja en comparación al ABS debido a que presenta mayor fluidez.

Los fabricantes de las impresoras por deposición de material fundido recomiendan que la temperatura de precalentamiento de la cama este entre 60 a 80°C.

2.1.4 Impresión 3D

A continuación se muestran como fue el proceso de impresión 3D

Parámetros	ABS	PLA
Temperatura del Extrusor	220 °C	190 °C
Temperatura de la Cama	90 °C	45 °C
Temperatura de Transición Vítrea (T_g)	200 °C	175 °C
Elemento de Adhesivo a la mesa	ROOBI	ROOBI
Color	Fluor	Rojo

Tabla 1: Parámetros para la calibración de la impresora 3D

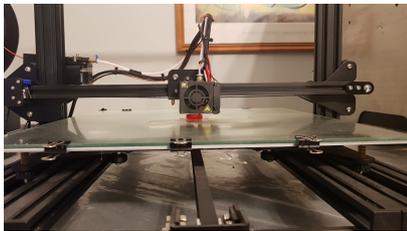


Figura 13: Capas iniciales en la mesa caliente

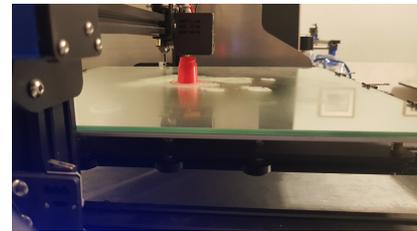


Figura 14: Avance de la impresión 3D



Figura 15: Avance de la impresión 3D

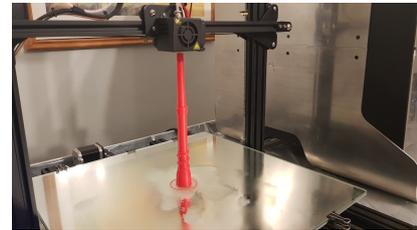


Figura 16: Avance de la impresión 3D



Figura 17: Vista de la Impresión 3D



Figura 18: Vista de la impresión 3D

2.1.4.1 *Conclusión de la impresión 3D*

Luego de haber implementando esta técnica de fabricación, se vio que el resultado no presenta las características necesarias para ser puestas en servicio, ya que su resistencia mecánica no es la adecuada a las solicitaciones esperadas, el **PLA** resulta **hidrofilico y degradable**, y el **ABS** sufre **delaminación** de las capas fundidas y **warping**. Por otro lado el costo de producción es alto aproximadamente \$650 por unidad (01/01/2016), y no resulta competitivo ya que para hacer una pieza de calidad media es necesario 120 minutos de trabajo de máquina.

No obstante cabe destacar que haber hecho la impresión 3D, permitió optimizar por medio de una mejora iterativa el producto en la fase de desarrollo, los aspectos estéticos, ergonómicos así como de fabricación se analizaron con el producto físico en mano en conjunto con la gerencia de la empresa. Incluso presentada la pieza se sugirieron cambios mínimos que favorecieron el comportamiento estanco del **PORTA VAINA** dentro de la vaina.

2.1.5 *Procesado por Inyección*

Luego de haber intentado fabricar el **PORTA VAINA**, por diferentes métodos sin lograr un producto de calidad para poner en servicio, pero ahora si con mucha información de detalle.

Se procedió a inspeccionar cualitativamente la pieza de partida el **PORTA VAINA** importado que provee la firma **FT-TEC**.

De la inspección visual, se desprende la siguiente información:

1. La pieza fue inyectada con insertos dentro de las placas.
2. La ubicación del punto de inyección ver Fig.(20).
3. El lugar, número y diámetro de los expulsos ver Fig.(19).

4. Las líneas de cierre del conjunto de placas de trabajo ver Fig.(21).
5. El método de mecanizado según la sección.
6. Fallas presentes en el molde que son visibles en la pieza final ver Fig.(22).

Luego de este análisis se concluye que la metodología que se adapta a la demanda y las sollicitaciones en servicio para este producto es el moldeo por inyección.

Es por ello, que en los capítulos sucesivos se desarrollará tanto la metodología de procesamiento asociada a la maquinaria necesaria para la inyección del polímero, así como también a la Matriz para el moldeo del **PORTA VAINA**.



Figura 19: Punto de Expulsión



Figura 20: Punto de Inyección

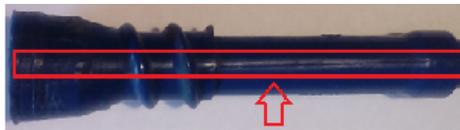


Figura 21: Línea de cierre del **PORTA VAINA**



Figura 22: Zonas de defectos en la Matriz de la pieza importada



Figura 23: Líneas de cierre **PORTA VAINA**



Figura 24: Líneas de cierre **PORTA VAINA**



Figura 25: Lineas de Mecanizado



Figura 26: Lineas de Mecanizado

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

3.1 INTRODUCCIÓN

Como se formuló en la introducción a este trabajo se parte de un producto importado donde no solo el diseño de la matriz debe replicar el modelo original, si no que el material polimérico constitutivo, debe ser análogo al importado. Este dato se desconocía a priori, por lo cual en este capítulo se desarrolla la metodología que dará lugar al proceso de reingeniería que permita reconocer de que polímero está constituida la pieza.

3.2 MATERIALES POLIMÉRICOS

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes.

El término macromolécula significa molécula muy grande. “Polímero” y “macromolécula” son términos que suelen utilizarse indistintamente, aunque estrictamente hablando no son equivalentes ya que las macromoléculas, en principio, no requieren estar formadas por unidades de repetición.

Dependiendo de su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. Los sintéticos contienen normalmente entre uno y tres tipos diferentes de unidades que se repiten, mientras que los naturales o biopolímeros como la celulosa, el ADN o las proteínas presentan estructuras mucho más complejas. Los polímeros sintéticos tienen, hoy por hoy, mayor interés desde el punto de vista comercial, por lo que en general nos referiremos casi exclusivamente a ellos.

Las moléculas que se combinan para formar los polímeros se denominan monómeros y las reacciones a través de las cuales se obtienen se denominan reacciones de polimerización. Cuando se parte de un solo tipo de molécula se habla de homopolimerización y de homopolímero. Cuando son dos o más moléculas diferentes las que se repiten en la cadena se habla de copolimerización, comonómeros y copolímero.

Las reacciones de polimerización se suelen dividir en dos grandes grupos: reacciones de adición y condensación, y los polímeros obtenidos por cada una de estas vías se conocen como polímeros de adición y polímeros de condensación.

En los polímeros de adición la unidad estructural de repetición tiene la misma composición que la del monómero de partida.

El grupo más importante de polímeros de adición corresponde a los formados a partir de monómeros que contienen un doble enlace carbono/carbono, como es el caso, por ejemplo, de la polimerización del policloruro de vinilo. (PVC). ver(27)



Figura 27: Polimerización del PVC

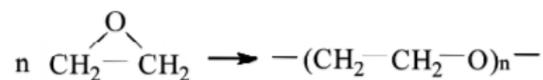


Figura 28: Polimerización del POE

3.2.1 Estructura Molecular

Cuando nos referimos a polímeros, debemos de considerar tanto la estructura química como la estructura física ya que estas definen las propiedades mecánicas y funcionales del material.

La estructura química se refiere a la construcción de la molécula individual y la estructura física al ordenamiento de unas moléculas respecto a otras.

Polietileno	PE
Polipropileno	PP
Poliestireno	PE
Policloruro de Vinilo	PVC
Pliacrilonitrilo	PAN
Polimetacrilato de metilo	PMMA
Polibutadieno	PB

Tabla 2: Polímeros de adición de uso común

Poliéster	...
Poliamida	PA
Policarbonato	PC
Polietilenterftalato	PET
Pliauretano	PU
Resina de Fenol-Formaldehído	...

Tabla 3: Polímeros de Condensación de uso común

Cuando se hace referencia a la estructura física de los polímeros se trata básicamente de la orientación y cristalinidad que, como veremos, dependen en gran medida de la estructura química y a su vez condicionan el comportamiento del material durante el procesamiento y durante su vida de servicio.

En los polímeros la unión entre monómeros se realiza siempre mediante enlaces covalentes.

Las fuerzas responsables de la cohesión entre cadenas diferentes pueden ser de naturaleza muy diversa, y están fuertemente condicionadas por las características de los átomos y de los sustituyentes de la cadena principal. La polaridad y el volumen de estos átomos afectan especialmente a las fuerzas de cohesión entre cadenas, que a su vez determinarán la flexibilidad del material, temperatura de transición vítrea, temperatura de fusión y capacidad de cristalización entre otras propiedades.

Las cadenas se unen con otras vecinas a través de otras cadenas de igual o diferente naturaleza se llega a obtener una red tridimensional ver(29)(30) y el polímero se hace insoluble y no funde. Se habla entonces de polímeros entrecruzados o reticulados.

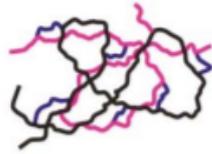


Figura 29: Polímero Ramificado

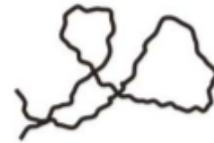


Figura 30: Polímero no Ramificado

Para la formación de la red tridimensional es necesario que cada molécula, se una en dos o más puntos a otras moléculas. Las redes entrecruzadas verdaderas se logran cuando existen muchos puntos de unión por cadena primaria, de modo que los polímeros entrecruzados que forman redes tridimensionales se consideran formados por una sola molécula de tamaño infinito.

Estas estructuras, polímeros lineales con o sin ramificaciones (30), y polímeros entrecruzados se corresponden en la práctica con dos grupos de materiales denominados **termoplásticos y termoestables**. Su constitución estructural determina propiedades bien diferentes y también métodos de transformación distintos. **Los materiales termoplásticos son básicamente polímeros lineales no entrecruzados**, pudiendo hacerse fluidos por calentamiento y tomar una forma determinada, forma que mantienen una vez fríos. Este proceso de calentamiento, toma de forma y enfriamiento puede repetirse, en principio, indefinidamente (considerando, naturalmente, que no tienen lugar procesos de descomposición térmica). Son, por tanto, reciclables. [[2]]

Los materiales termoplásticos son básicamente polímeros lineales no entrecruzados, pudiendo hacerse fluidos por calentamiento y tomar una forma determinada, forma que mantienen una vez fríos.

Por otro lado, los materiales termoestables, debido a su estructura entrecruzada, no funden y son insolubles.

Existe un tercer grupo, los Elastómeros, son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, los cuales se pueden bien anexar al grupo de los termoplásticos como a los termoestables o termorígidos.

3.2.2 Ordenamiento Molecular y sus características

Los términos cristalino y amorfo se utilizan normalmente para indicar las regiones ordenadas y desordenadas de los polímeros, respectivamente.

La fig.(31) muestra un esquema de un sistema amorfo, uno semicristalino y otro cristalino. En estado sólido algunos polímeros son completamente amorfos, otros son semicristalinos y, dependiendo de las condiciones de cristalización, un polímero con capacidad de cristalizar puede ser amorfo o semicristalino. Con frecuencia se utiliza el término cristalino en lugar de semicristalino, aunque ningún polímero es completamente cristalino.

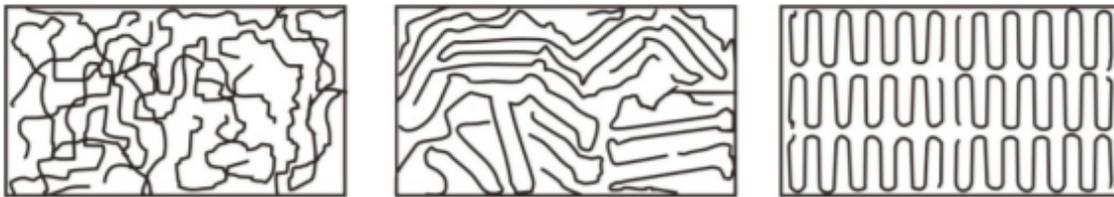


Figura 31: Estructura Física de los polímeros

3.3 FACTORES A CONSIDERAR

Los polímeros se encuentran sometidos a diferentes estados de carga según su aplicación, por lo que la selección del material adecuado para cada una de ellas se basa entre otras consideraciones en sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen fundamentalmente, de su composición, estructura y condiciones de procesamiento.

Asimismo, existen otros factores que influyen y son principalmente, el tiempo en que se aplica la carga y la temperatura de trabajo.

Característica	Cristalino	Amorfo
Densidad (para un mismo material)	Aumenta con la cristalinidad	Menor que la del material cristalino
Dureza	Mayor	Menor
Fusión	Punto de fusión definido	Se reblandecen en un intervalo de temperaturas
Rigidez	Mayor	Menor
Contracción	Mayor	Menor
Permeabilidad a gases y disolventes	Menor	Mayor
Temperatura de deformación bajo carga	Mayor	Menor
Resistencia al impacto	Menor	Mayor

Tabla 4: Características de Estado

3.4 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

Se realizaron **cuatro** ensayos para estimar la naturaleza del polímero,

inspección visual

dsc Calorimetría Diferencial de Barrido

ft-ir Espectrometría Infrarroja-Transformada Fourier

ensayo de tracción

3.4.1 *Inspección visual, del PORTA VAINA importado*

Para realizar el proceso de ingeniería que dé lugar o indicios respecto al polímero del cual se parte, debemos necesariamente buscar indicadores, es decir características ya sean visuales, de funcionamiento en servicio y de ensayos, que sectoricen a un grupo funcional.

Adquiere Fluidez al calentar
Coloreado en proceso
Se alarga mecánicamente y recupera su dimensión original
Presenta buen comportamiento al desgarro
Al momento de la falla, no presenta pérdidas en las dimensiones de la rosca, por desgaste
Muy Flexible

Tabla 5: Características de análisis visual

Como se puede ver en la Tabla (5), el hecho que el material adquiriera fluidez al calentar, ya excluye a los termoestables o termorrígidos, por lo que estamos en presencia de un

termoplástico.

Su capacidad de alargarse con la sollicitación y que vuelva a su dimensión original, daría lugar a creer que es un elastómero (caucho). En la Fig.(32) se observa que es una pieza termoformada por inyección.

Por lo cual de la simple observación **podemos afirmar que se trata de un material que presenta características semejantes a los elastómeros, aunque a diferencia de estos se presenta moldeado por inyección**



Figura 32: canal de inyección común de las piezas Termo-formadas

3.4.2 Calorimetría Diferencial de Barrido

En los materiales poliméricos, las transiciones térmicas más importantes en Calorimetría Diferencial de barrido (DSC), son la temperatura de transición vítrea T_g y la temperatura de fusión Temperatura de Fusión (T_f).

En los polímeros amorfos la T_g es la única transición que se registra y aparece como un cambio abrupto de la línea base.

Por otra parte, en los Semicristalinos la T_g es difícil de observar debido a la baja proporción de parte amorfa en el polímero. Los procesos de fusión/cristalización dan información cualitativa sobre la temperatura del pico de fusión y cuantitativa sobre la cristalinidad del polímero (área del pico).

La fusión se manifiesta en un pico endotérmico con subida más o menos gradual y regular según la naturaleza e historia térmica de la muestra, y bajada brusca hasta recobrar la línea base, que, si se mantiene tras la fusión, puede decirse que el material es estable para ser procesado por fusión. Lo contrario es indicio de descomposición.

[6]

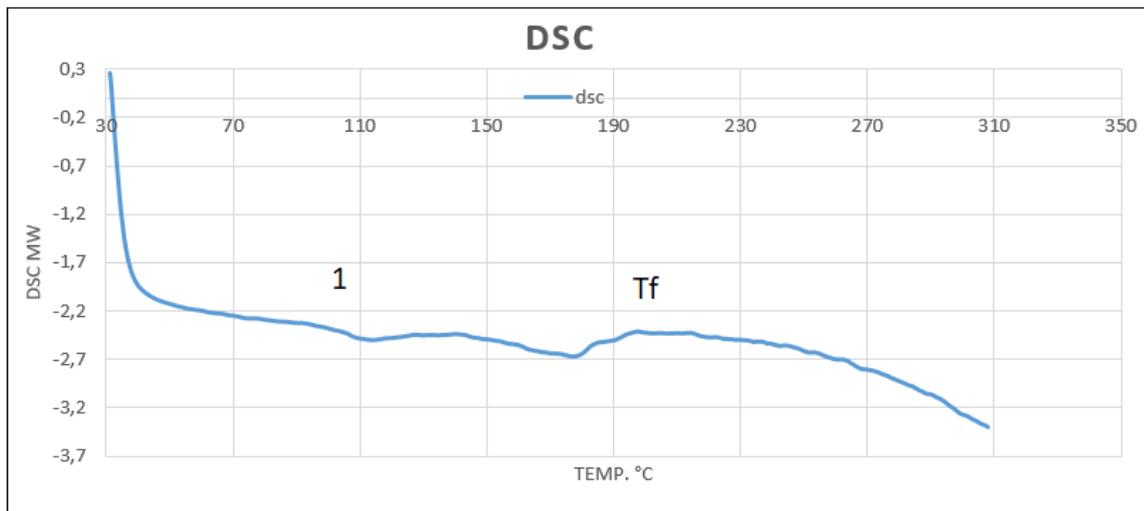


Figura 33: Termograma DSC

Del ensayo *DSC*, se puede observar que el pico de T_f , se encuentra en el orden de los 200 Grados Centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y la T_g no se evidencia en el ensayo y se da muy debajo de los 30°C , otro indicio notable que permitió concluir respecto a que material fue el de partida

Valores indicativos para la temperatura de la masa en $^{\circ}\text{C}$	
Elastollan dureza 60 Shore A a 80 Shore A	190 a 205
Elastollan dureza 85 Shore A a 95 Shore A	205 a 220
Elastollan dureza 98 Shore A a 74 Shore D	215 a 235

Figura 34: Rango de temperaturas T_f conforme la dureza del TPU

3.4.3 FT-IR

Este método de análisis no destructivo, es quizá el preferido para la espectroscopía de infrarrojos. Cuando la radiación de infrarrojos alcanza una muestra, parte de la radiación es absorbida por la muestra y otra parte la atraviesa (se transmite). La señal resultante en el detector es un espectro que representa la huella molecular de la muestra.

La utilidad de la espectroscopía de infrarrojos se debe a que distintas estructuras químicas (moléculas) producen distintas huellas espectrales. Luego de realizar el estudio, los resultados se exponen en una base de datos, para identificar patrones regulares que permitan reducir la incertidumbre respecto al polímero en cuestión. El espectro IR de una muestra es una gráfica de la cantidad de energía IR (eje y) que es absorbida a determinadas frecuencias (eje x) en la región IR del espectro electromagnético.

En la Fig. (35) se muestra el resultado obtenido por este método, el mismo fue realizado en instalaciones del INTEMA, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

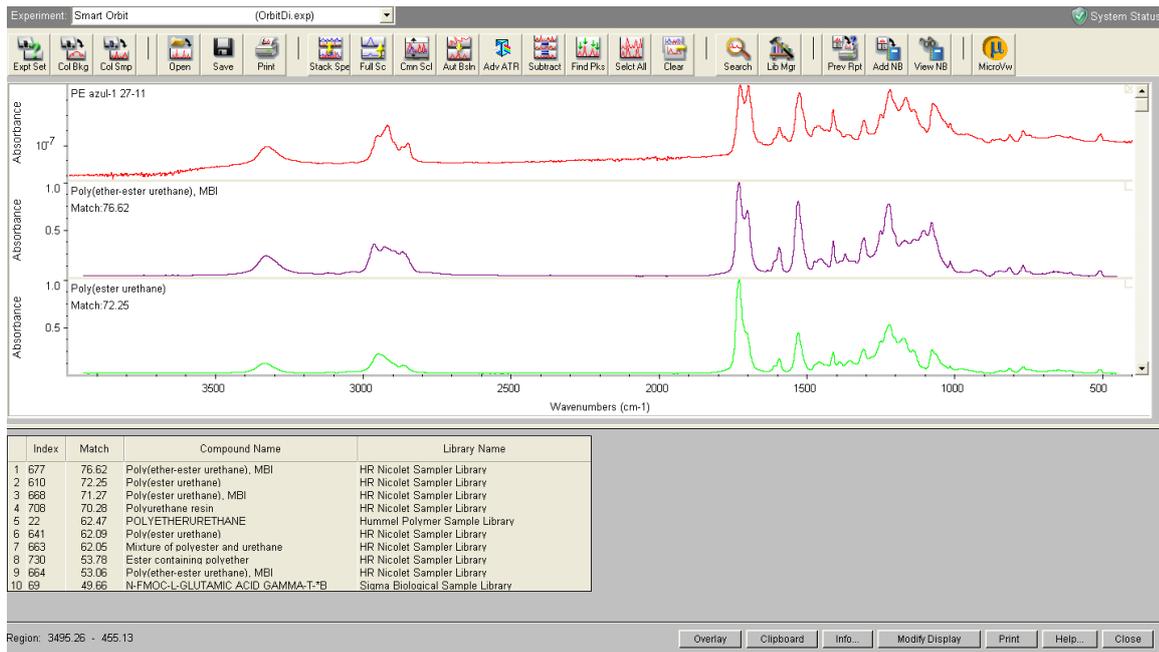


Figura 35: FTIR

Al contrastarse con la base de datos, se arrojó que la muestra presenta compatibilidad del 70 %, con el grupo de los Elastómeros Termoplásticos de Poliuretano, más específicamente **TPU**

3.4.4 Ensayo de Tracción

La resistencia a la tracción es un indicador del comportamiento de (**TPU**) en la Fig. (38) se puede observar un ensayo de tracción para **TPU** de diferente dureza, el mismo se realizó bajo la norma ASTM D412.

Para la realización del ensayo de tracción se procedió a realizar una probeta según norma conforme se puede ver.

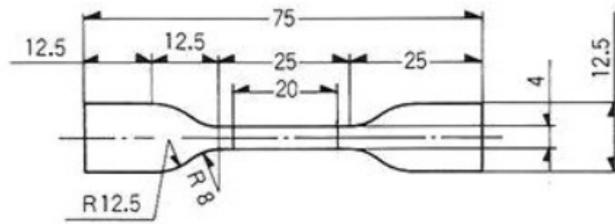


Figura 36: plano de probeta de tracción

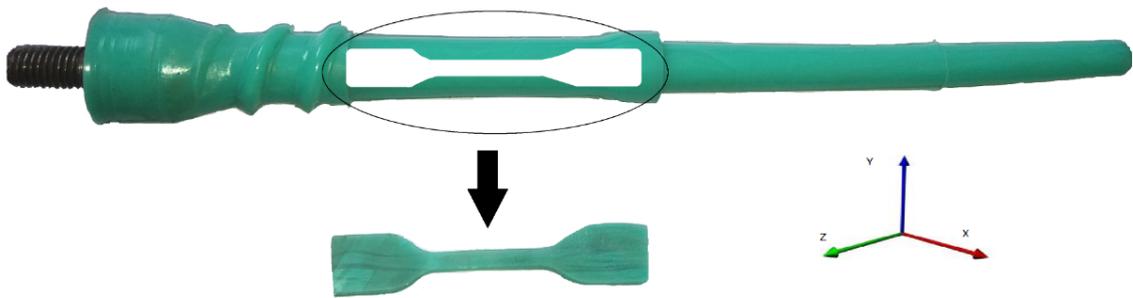


Figura 37: recorte de probeta para el ensayo de tracción

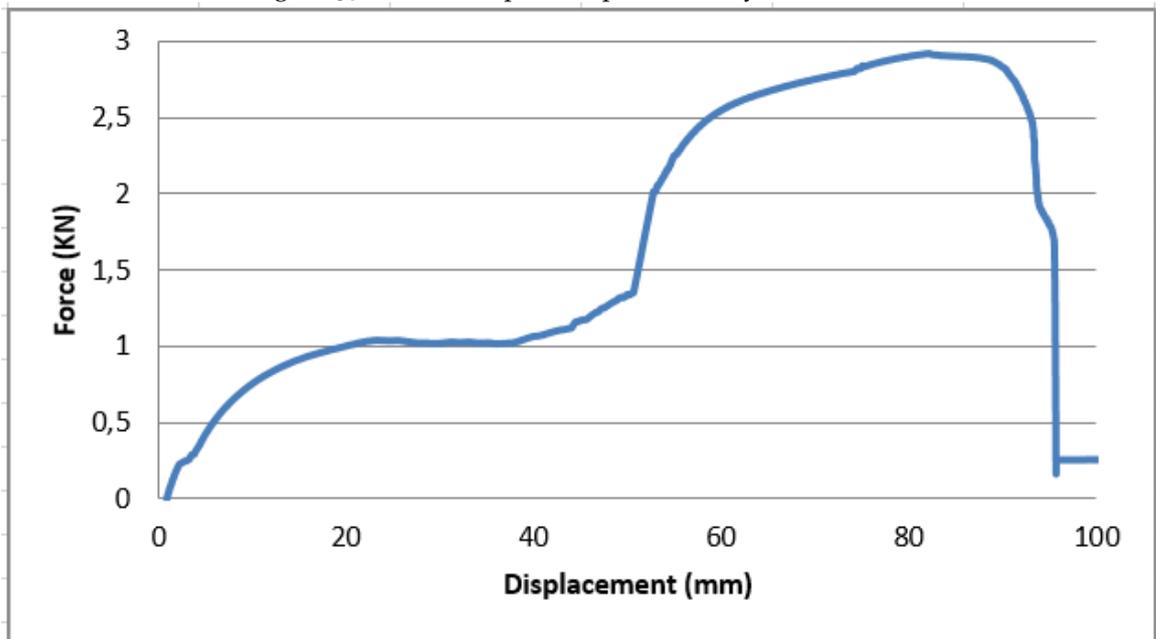


Figura 38: Ensayo de tracción

3.5 CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS

De lo expuesto en las sub-Secciones anteriores, el material con el que se manufacturaron los Porta Vainas fue TPU, el mismo en la república argentina fue provisto por la empresa SIMKO S.A(<http://www.simko.com.ar/>).

3.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TPU

Los poliuretanos se encuentran entre la clase más importante de polímeros especiales, sin embargo el término es más de conveniencia que de precisión, ya que no se derivan de la polimerización de un monómero de uretano.

Los poliuretanos incluyen aquellos polímeros que contienen grupos uretano en el esqueleto molecular, independientemente de la composición química del resto de la cadena ver fig.(39). Por lo tanto, un poliuretano típico puede contener, además de los enlaces de uretano, alifáticos e hidrocarburos aromáticos, ésteres, éteres, amidas, urea e isocianuratos.[20]

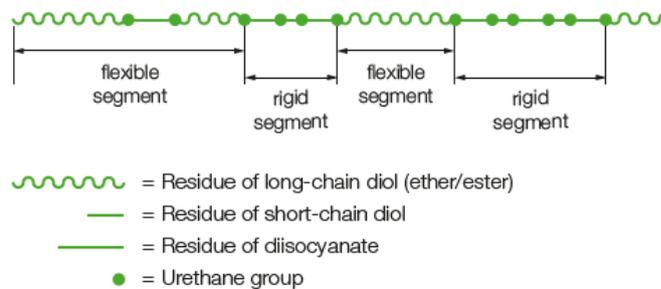


Figura 39: Estructura del Poliuretano Termoplástico [1]

Los poliuretanos se utilizan en una sorprendente variedad de aplicaciones comerciales, debido a sus propiedades, las cuales se exponen a continuación

- Alta resistencia a la abrasión
- Alta elasticidad en todo el rango de dureza.

- Excelente resistencia a bajas temperaturas y al impacto
- Resistencia a aceites, grasas y numerosos disolventes.
- Buena flexibilidad en un amplio rango de temperatura
- Resistente a la intemperie y a la radiación de alta energía.
- Agradables propiedades táctiles.
- Idoneidad para la unión y soldadura.
- Facilidad de coloración.
- Reciclable

3.6.1 Selección del Grado del TPU

Para determinar grado comercial a adquirir, se tomó la siguiente consideración, en primer medida se adquirió WHANTANE 1172, ya que se consideró priorizar la resistencia a la tracción que presentaba este material frente a otros grados comerciales ver fig.(43). Esta decisión estuvo acompañada con un aumento en la resistencia a la tracción. Puestos en servicio, mostraron dificultad para la extracción, ver (115).

Posterior a esto se adquirió WHANTANE 1190, en la fig. (41) [1], se observa que este grado presenta una resistencia media **120 (N/mm)** frente a otros valores comerciales, puestos en servicio fueron aceptados por la Empresa que solicitó el proyecto.

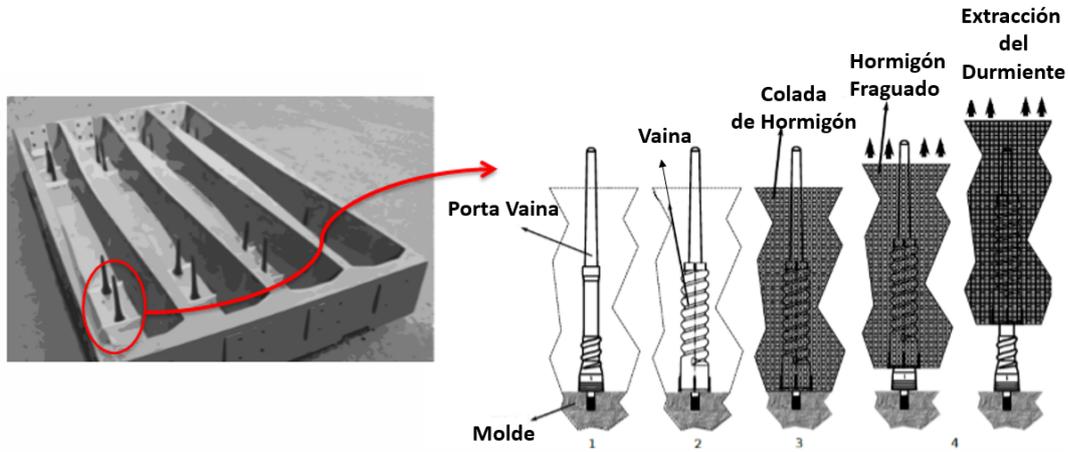


Figura 40: Procedimiento de extracción y arranque

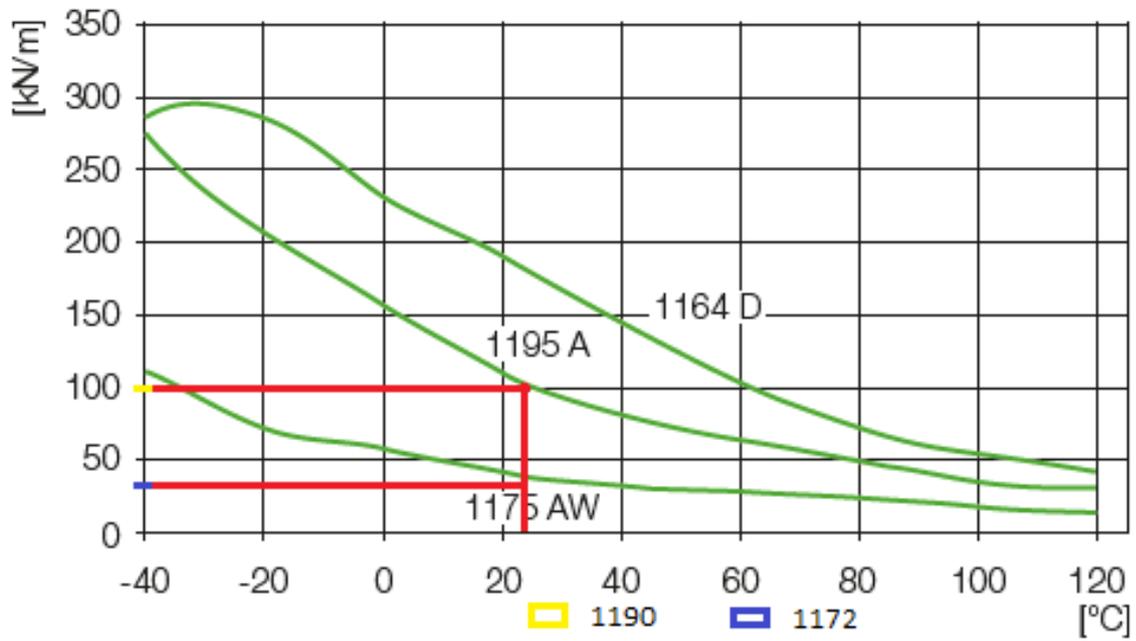


Figura 41: Resistencia al Desgarro

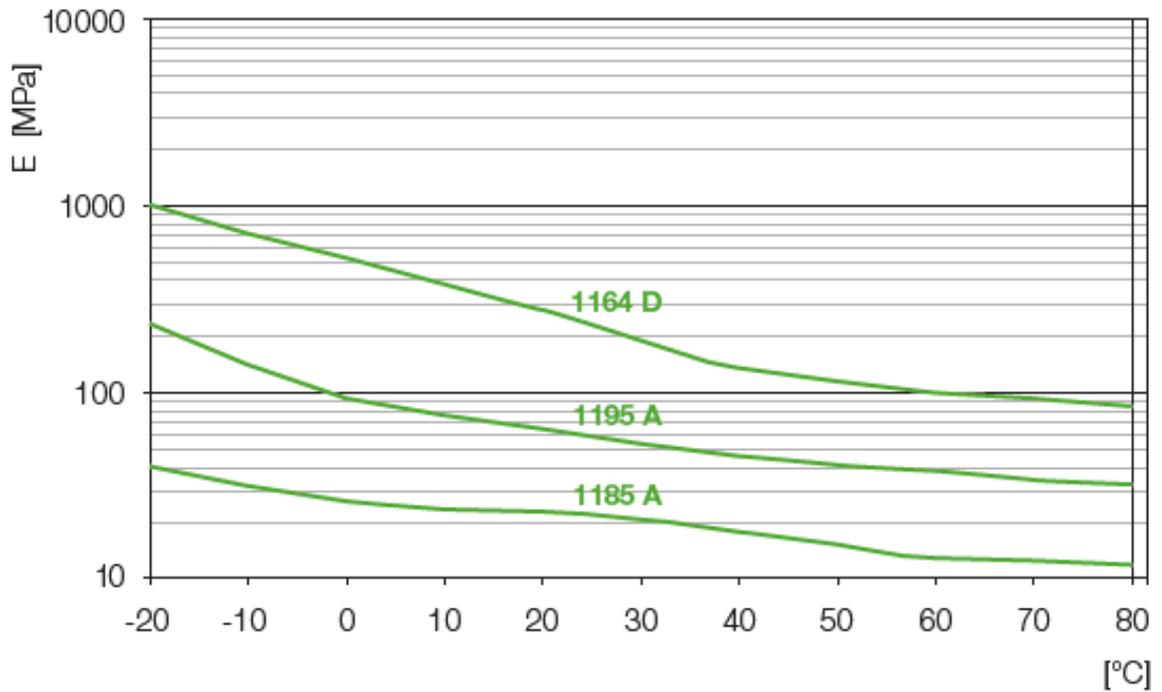


Figura 42: Variación del Módulo

Productos	Dureza		Densidad	Módulo 100%	Resistencia a la tracción	Elongación máxima	Resistencia al desgarre	Descargar Literatura	
	Shore A	Shore D	g / cm ³	Mpa	MPa	%	N / mm		
	ASTM D2240	ASTM D792	ASTM D412	ASTM D412	ASTM D412	ASTM D624			
1164	-	64	1.21	26	45	340	225	TDS	MSDS
1172	-	72	1.22	28	48	285	260	TDS	MSDS
1180	80	-	1.18	5	32	610	90	TDS	MSDS
1185	85	-	1.19	6	37	550	100	TDS	MSDS
1190	90	-	1.19	9	42	440	120	TDS	MSDS
1195	95	55	1.20	12	43	410	140	TDS	MSDS
1198	98	60	1.21	17	44	380	175	TDS	MSDS

Figura 43: <http://www.wanthane.com/>

VARIABLES DE MAQUINA Y ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL CICLO DE INYECCIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN

A diferencia del campo de los materiales mecánicos, los polímeros tienen metodologías de manufactura más acotadas, y su evolución tecnológica está en constante avance conforme evolucionan las aplicaciones que estos van tomando. Lo cierto es que a la fecha, su aplicación ya no es potestad de un área específica, sino que por el contrario, se ha diversificado mundialmente.

En nuestro país, y a comienzos de la década del 80, fueron adquiridos los primeros sistemas de Moldeo para la industria automotriz. [8]

Desde entonces los métodos de Moldeo se adaptaron a los nuevos estándares, no solo de calidad, sino también de productividad.

Lo complejo de lo antes mencionado, es que para los países sudamericanos se dan dos espacios diferentes, por un lado la adecuación científica a los nuevos procesos productivos y por otro, la tecnología para llevarlos adelante, donde estos presentan un desfase notorio en nuestro país. Este factor se debió tener en cuenta en este trabajo ya que la sustitución de importaciones requiere el poder adaptar la tecnología disponible a otros estándares de calidad.

En la fig.(44) podemos observar el aporte del proceso de inyección en diferentes industrias, se observa que en packaging el **50 % de la producción se produce por inyección.**

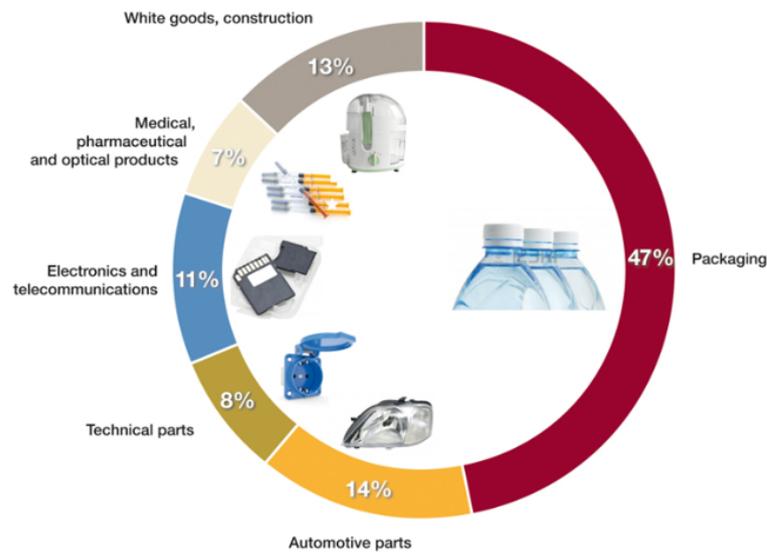


Figura 44: Moldeo por inyección, demanda por industria

4.2 MOLDEO POR INYECCIÓN

El moldeo por inyección es uno de los procesos industriales más utilizados en el mundo. Es un proceso físico reversible el cual consiste en brindarle fluidez a un polímero, a través de un aumento en su temperatura, para luego impulsarlo a una cavidad (matriz) con la forma determinada, para así lograr la pieza deseada. En la máquina inyectora, se puede encontrar diferentes unidades, que trabajan sincrónicamente por ciclo.

4.2.1 Unidades dentro del sistema de Inyección

- Unidad de inyección,** La unidad de inyección es la encargada de cargar y plastificar el material, que inicialmente se encuentra en estado sólido dentro de la tolva, para luego ser inyectado por medio del tornillo o pistón.

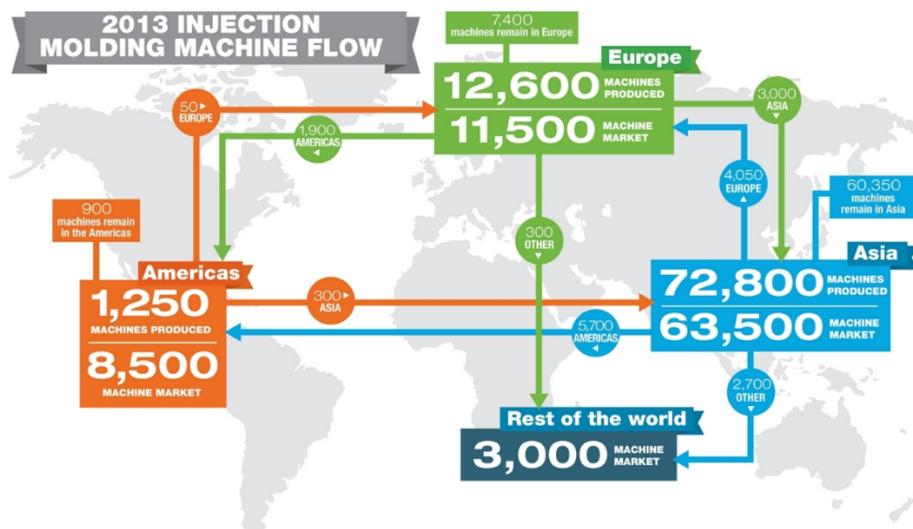


Figura 45: Productores y Consumidores de Inyectoras por país

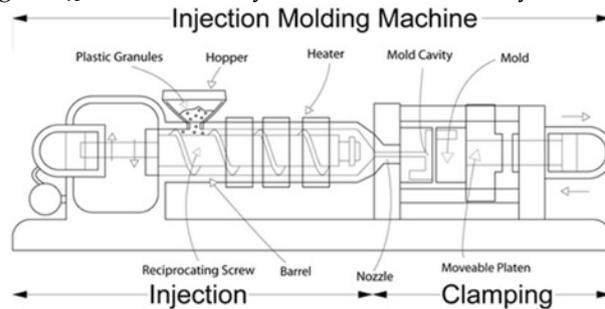


Figura 46: Unidades dentro del sistema de inyección

- **Unidad de potencia**, La unidad de potencia está comprendida por un conjunto de dispositivos para que la máquina pueda mover las unidades de inyección (accionamiento del tornillo) y cierre (accionamiento de cierre y apertura de matriz)
- **Unidad de control**, La unidad de control está estructurada por un conjunto de dispositivos los cuales logran que la máquina realice el proceso automáticamente, conforme a los parámetros establecidos para el Moldeo .
- **Unidad de cierre**, La unidad de cierre acompaña la sujeción de la matriz y lo mueve para que se deslice cerrando y abriendo el molde por medio del sistema de potencia.

4.3 CICLO DE INYECCIÓN

El proceso de obtención de una pieza polimérica por inyección, sigue un orden de operaciones que se repite para cada una de las piezas.

Este orden, conocido como **ciclo de inyección**, se puede dividir en las siguientes etapas:

Etap 1 Se cierra el molde vacío, ver fig.(47) mientras se tiene lista la cantidad de material fundido para inyectar dentro del barril. El molde se cierra en tres pasos: primero con alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad y se mantiene la baja presión hasta que las dos partes del molde hacen contacto. Finalmente se aplica la presión necesaria para alcanzar la fuerza de cierre requerida.

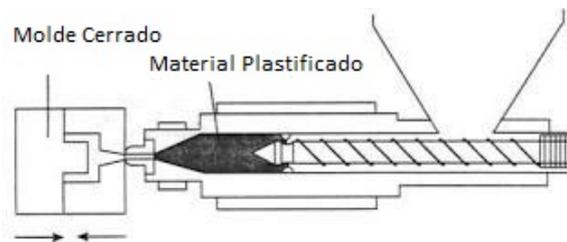


Figura 47: Cierre del molde e inicio de la inyección

Etap 2 El tornillo introduce el material ver fig.(48), actuando como pistón, sin girar, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada presión de inyección.

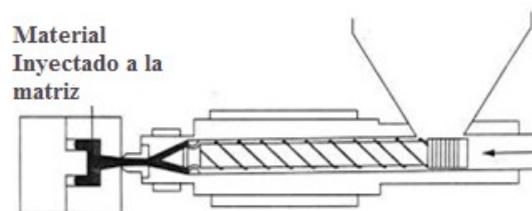


Figura 48: Inyección del material

Etap 3 Al terminar de inyectar el material ver fig.(49), se mantiene el tornillo adelante aplicando una presión de sostenimiento antes de que se solidifique, con el fin de

contrarrestar la contracción de la pieza durante el enfriamiento. La presión de post inyección, usualmente, es menor que la de inyección y se mantiene hasta que la pieza comienza a solidificarse.

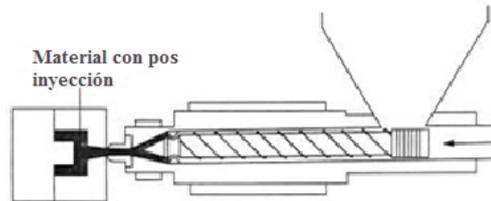


Figura 49: Aplicación de la presión de post inyección

Etapa 4 El tornillo gira haciendo circular los Pellet desde la tolva y plastificándolos ver fig.(50). El material en estado viscoso es impulsado hacia la parte delantera del tornillo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, generando una contrapresión que obliga al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección.

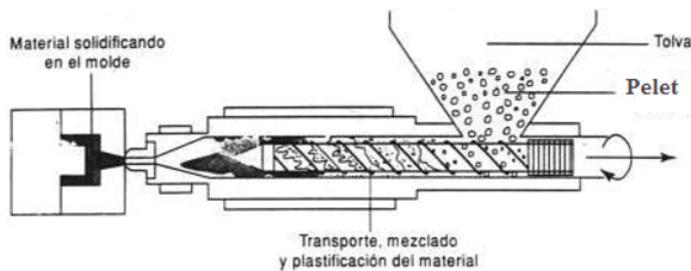


Figura 50: Plastificación del material

Etapa 5 El material dentro del molde se continúa enfriando, donde el calor es disipado por el fluido refrigerante ver fig.(51) . Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída.

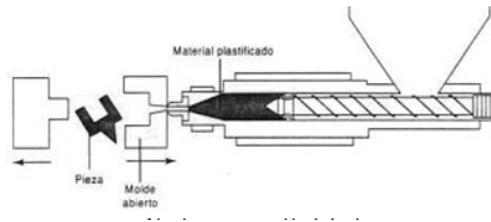


Figura 51: Enfriamiento y extracción de la pieza

4.3.1 *Tiempos del ciclo de inyección*

El Moldeo por inyección es un proceso cíclico ver fig.(52). A los fines de estimar costos de producción , es preciso determinar los tiempos en el proceso de inyección para saber la cantidad de piezas que se pueden realizar.

Para abordar esta temática se introducirá a los tiempos pormenorizados del ciclo de inyección.

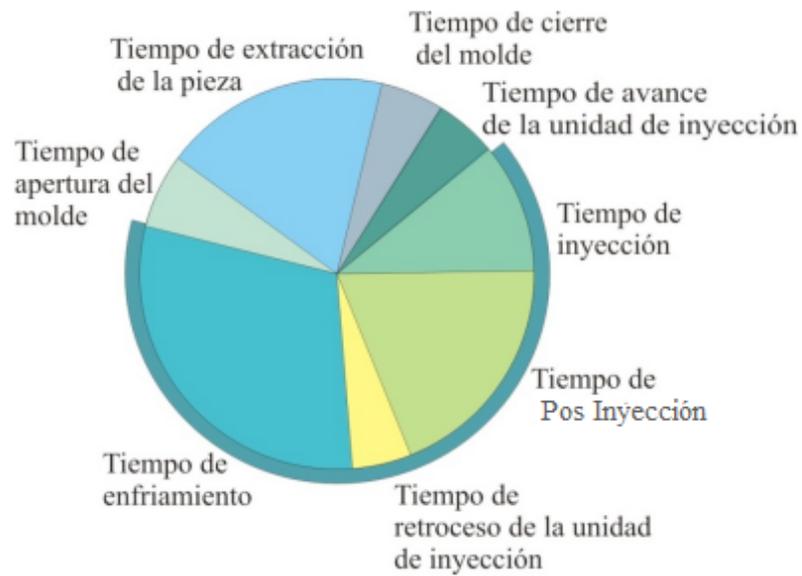


Figura 52: Tiempos de un ciclo de inyección

- **Tiempo de cierre del molde**

Durante el cual actúa el sistema de cierre, la máquina ejecuta el movimiento necesario y cierra el molde, este movimiento se da sin superposición con los demás.

- **Tiempo de avance del carro de inyección**

Durante el cual la unidad de inyección, que hasta ese momento se encuentra separada del molde, avanza hasta que la boquilla se posa sobre el bebedero del molde.

- **Tiempo de llenado o de inyección**

Este tiempo, se da con el avance del husillo (tornillo) en la dirección del molde, para dar comienzo a la inyección del material. Este depende del polímero utilizado, la temperatura que este alcanza, del tamaño de la pieza a inyectar (mayor volumen), de la velocidad de avance del tornillo, y el sistema de canales para la colada del material dentro de la matriz. En las figuras siguientes se muestra el avance del llenado de la cavidad.

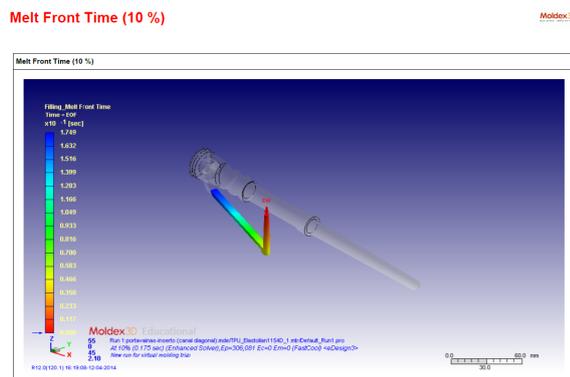


Figura 53: llenado al 10 %

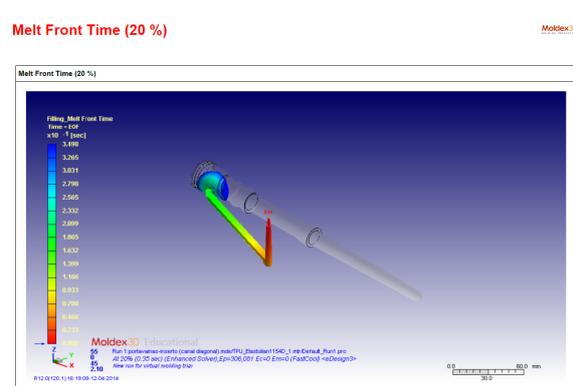


Figura 54: llenado al 20 %

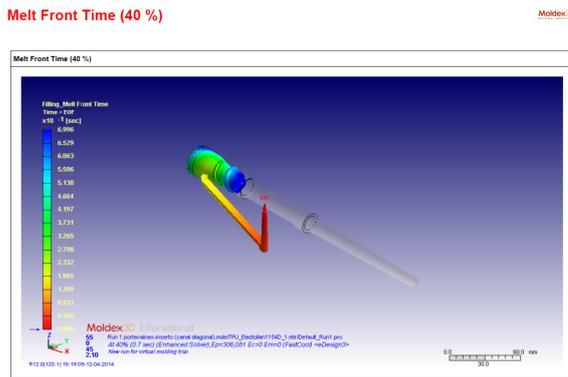


Figura 55: llenado al 40 %

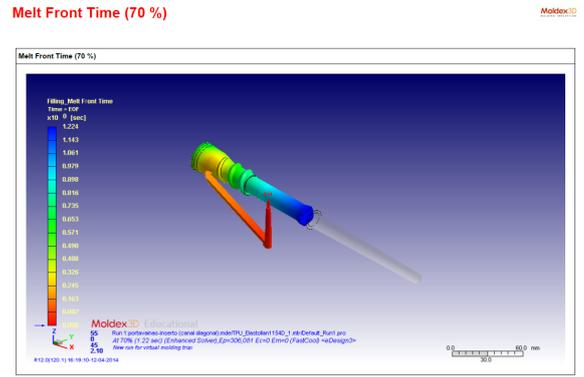


Figura 56: llenado al 70 %

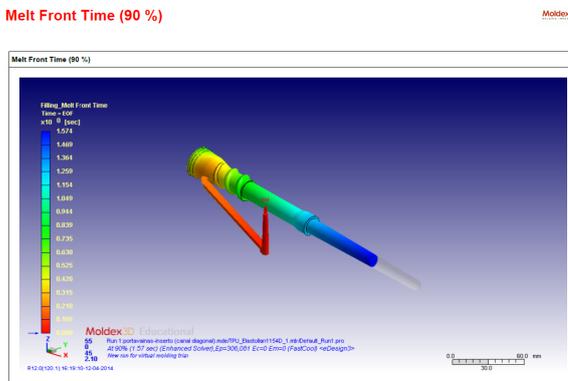


Figura 57: llenado al 90 %

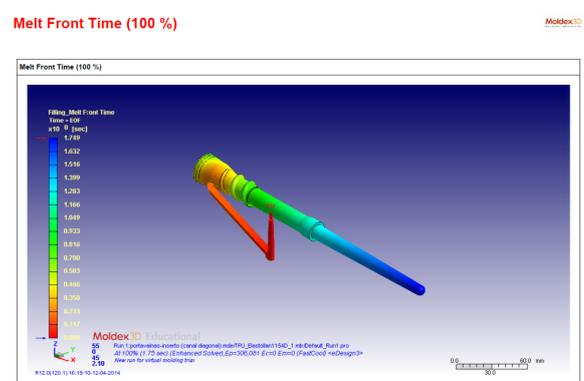


Figura 58: llenado al 100

Como se puede estimar en la simulación el tiempo de llenado se da en **1,749 segundos**.

■ **Tiempo de Post-Inyección**

En este tiempo, La matriz permanece cerrada y el polímero comienza a solidificar en su interior. Esta solidificación con transferencia de calor a una fuente fría (ver sistema de refrigeración) genera una contracción en el material dentro de la cavidad, por lo que el mantenimiento de la presión a posterior de la inyección permite el ingreso de material para compensar la pérdida de volumen por enfriamiento. Este

tiempo estará íntegramente en dependencia del tamaño de la pieza y fluctúa de segundos a tal vez minutos en casos extremos.

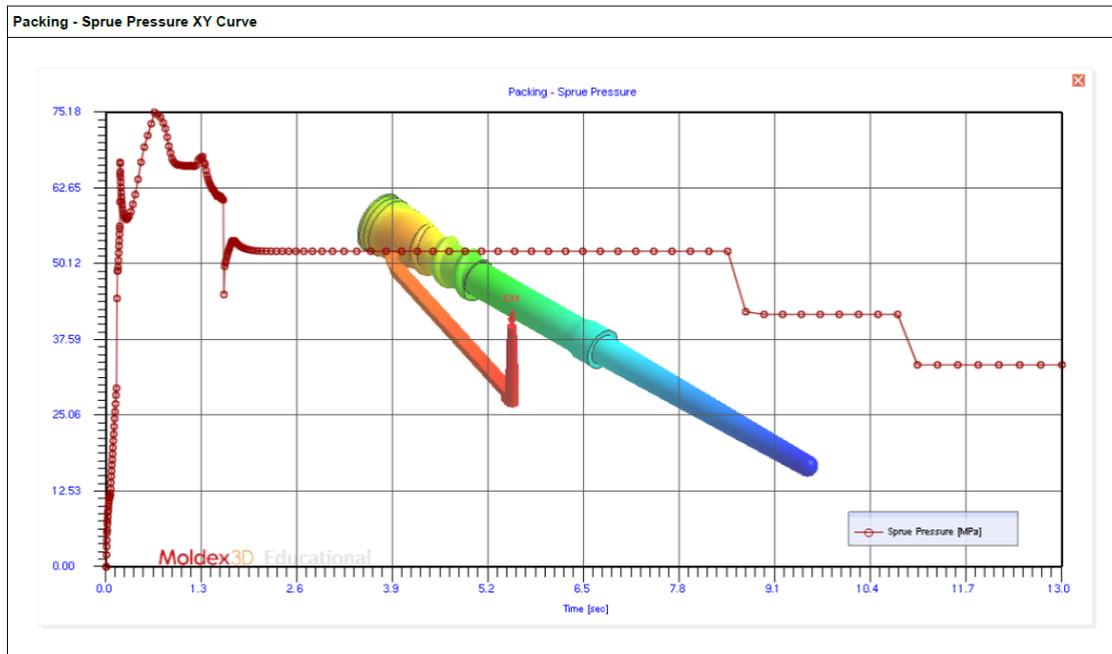


Figura 59: Tiempos de Post-Inyección y presión a fin de ciclo

- **Tiempo de Retroceso de la unidad (carro) de inyección**

Cuando en la entrada a la tobera de la boquilla, el material solidifica, el carro de inyección retrocede. Al mismo tiempo se da el movimiento de rotación del husillo que permite la plastificación del polímero, conjuntamente con esto se da la apertura del molde y extracción de la pieza

- **Tiempo de enfriamiento**

Este, es el necesario para enfriar el polímero y generar un estructura tal en la pieza que permita el desmolde. Si bien este tiempo se conoce como tiempo de enfriamiento, la solidificación del polímero en las cavidades de la matriz empieza cuando éste es introducido, generando una película de menor viscosidad conforme es impulsado en el interior del molde y finaliza con la apertura y expulsión de la pieza.

Es por ello que el enfriamiento está presente en el período de inyección y en mayor medida en la Post-Inyección

Packing - Frozen Layer Ratio

Moldex3D

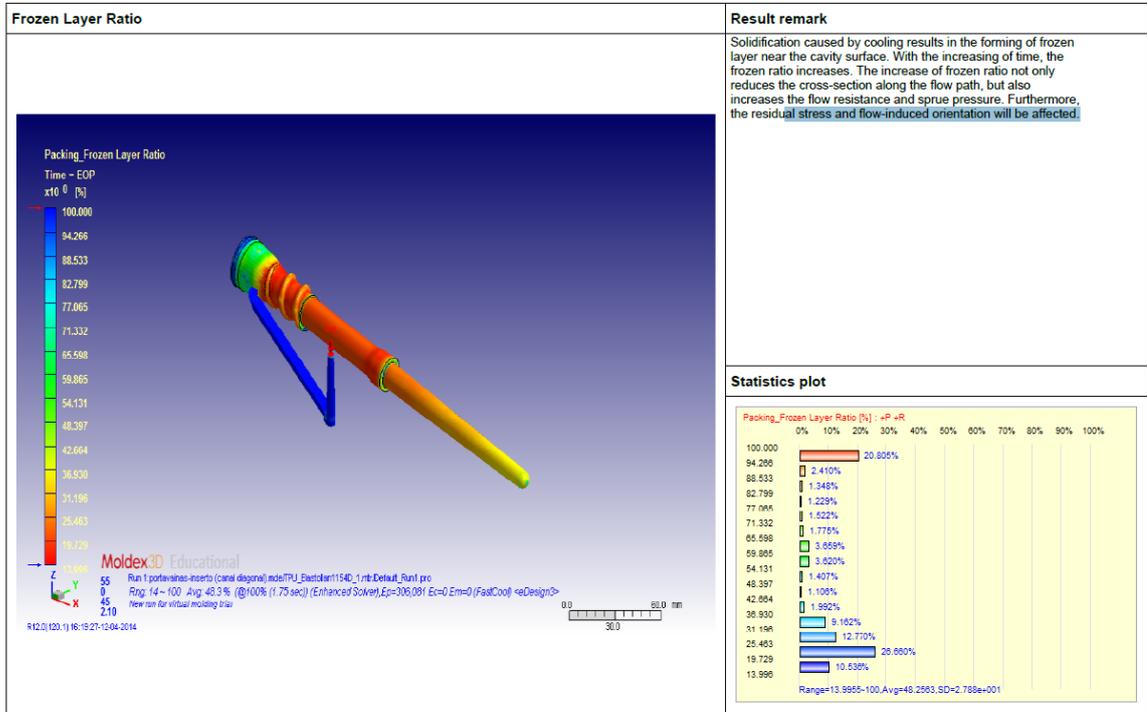


Figura 60: Tiempos de enfriamiento

Este tiempo es muy importante, ya que es el que más impacta en el costo de producción, pero a la vez, el que permite lograr una estabilidad dimensional que permita la extracción. En la fig.(61)



Figura 61: Deformación por falta de tiempo de enfriamiento

- **Tiempo de apertura** Este estará asociado a la geometría de la pieza, ya que será el mínimo para que el mecanismo la pueda expulsar junto con los canales y la colada.
- **Tiempo de extracción de la pieza** Es parte del tiempo en que los expulsores empujan la pieza fuera de la cavidad de la matriz.
- **Tiempo de molde abierto** Es generalmente el mínimo posible, aunque en casos como el que se expone en este trabajo, este tiempo puede involucrar la colocación de insertos en el molde, por lo cual este estará en estrecha dependencia con esta acción.

Siendo el tiempo del ciclo completo el que se detalla a continuación en la fig.(62)

Tiempo de Extraccion	7	seg.
Tiempo de Cierre del Molde	3	seg.
Tiempo de avance del carro de inyeccion	2	seg.
Tiempo de inyeccion	1,7	seg.
Tiempo de Pos-inyeccion	13	seg.
Tiempo de retroceso del carro de inyeccion	2	seg.
Tiempo de enfriameinto	30	seg.
Tiempo de apertura del molde	3	seg.
Total del Ciclo en seg=	61,7	seg.

Figura 62: Tiempo del Ciclo completo

4.4 VARIABLES DE LA INYECTORA

A continuación se exponen algunas variables críticas sobre la inyectora que se evalúan al momento de definir la maquinaria para la inyección del polímero. Estos parámetros se determinarán al modelar la matriz (**ver simulación en Moldex**).

4.4.1 *Las Cinco Variables de Mayor Impacto*

1. Capacidad de inyección,
2. Capacidad de plastificación,
3. Presión de inyección máxima,
4. Fuerza de cierre máxima
5. Velocidad de inyección máxima.

1. **Capacidad de inyección** Se define a esta variable, como la capacidad máxima que puede inyectarse por ciclo en el proceso de inyección, suele (o al menos debería ya que eso depende el fabricante) estimarse en gramos.

Este parámetro, se establece según las dimensiones del husillo (ver imagen) y así el volumen que este puede contener, usualmente viene referido al Poliestireno.

Otro modo de establecer esta variable, se relaciona a la capacidad de contener material suficiente para dos ciclos (golpes), donde el 50 % inicial se inyecta y el restante plastifica. Esta cantidad no debe ser inferior al 20 % de la capacidad ya que la permanencia del material en el cilindro puede promover la degradación térmica del mismo.

De la Fig.(70) podemos determinar que la capacidad de Inyección del equipo es de, **211 gr.**

2. **Capacidad de plastificación** La capacidad de plastificación es una variable que depende tanto de factores cinéticos asociados al pleno funcionamiento de la máquina, como a factores térmicos asociados a las temperaturas de transición del material, por lo que no es simple definirla. A pesar de esto último, podría definirse como la capacidad máxima de material que puede el sistema cilindro husillo plastificar por ciclo. En este caso también suele referirse al hablar de plastificación al poliestireno

(como modo de comparar máquinas inyectoras). De la Fig.(70) podemos determinar que la capacidad de plastificación del equipo es de, **18,4 gr/s**.

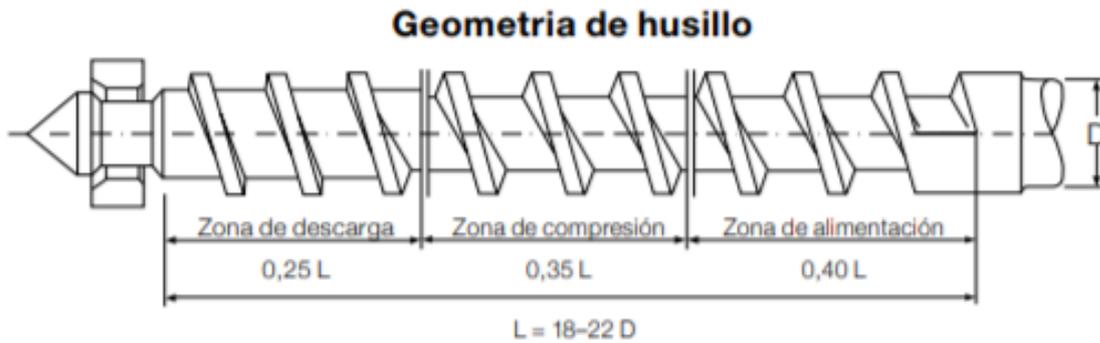


Figura 63: Tornillo de Inyección, por Zonas

La relación de compresión debería ser 1 : 2 y nunca superar la relación 1 : 3. Se aconsejan las siguientes profundidades del filete ver fig. (64) La determinación del

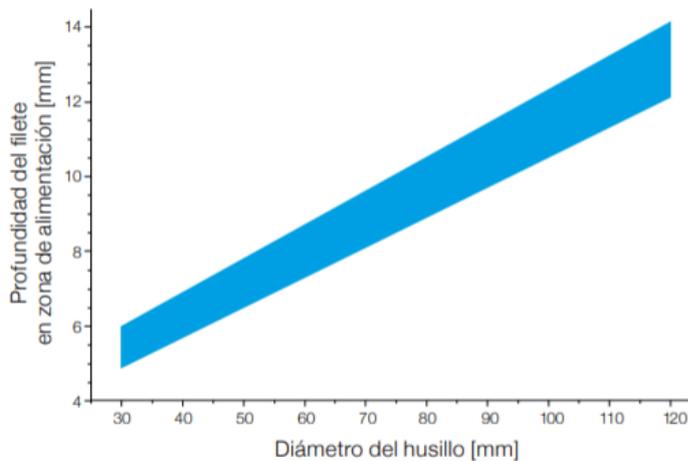


Figura 64: Profundidad del filete según el diámetro del husillo

huelgo promedio por paso mayor y menor según especificaciones de máquina responde a la diferencia de alturas como se ve en la siguiente ecuación:

$$r = \frac{h_2}{h_1} \tag{1}$$

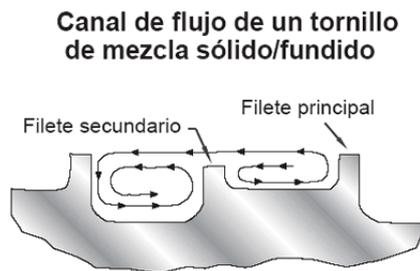


Figura 65: Esquema del Filete del Tornillo

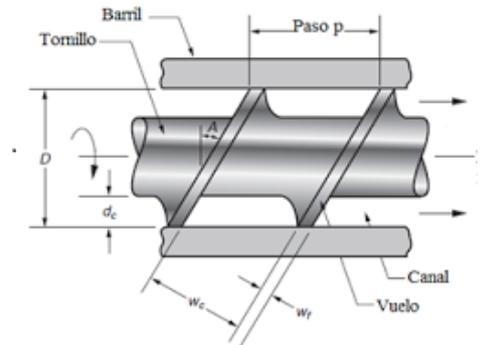


Figura 66: Estado del Paso por Filete

3. **Presión de inyección** La presión de inyección es un parámetro de la máquina que puede llegar a definir un proceso (del mismo modo que la capacidad de inyección). Si la presión es inferior a la necesaria para que las partes de la matriz permanezcan cerradas en cada ciclo, la máquina no servirá para nuestro proceso. Por lo cual se considera necesario siempre trabajar 20% por debajo de la presión definida de fábrica.

La presión de inyección puede determinarse manométricamente en la punta de lanza del husillo, o bien a través del sistema hidráulico y componentes mecánicos intermedios. En la fig se muestra como se establece usualmente está presión de inyección, donde esta será la presión del sistema hidráulico actuante por la diferencia de áreas entre los sistemas, donde:

- Área de sección transversal del husillo. (**A**)
- Área de sección transversal del sistema hidráulico (**B**)
- Presión en el interior del cilindro (**p**)
- Presión de inyección (**P**)

En la tabla (70) podemos ver que la presión de inyección es de *Mega Pascales (MPa)*

$$P = p(A/a) \quad (2)$$

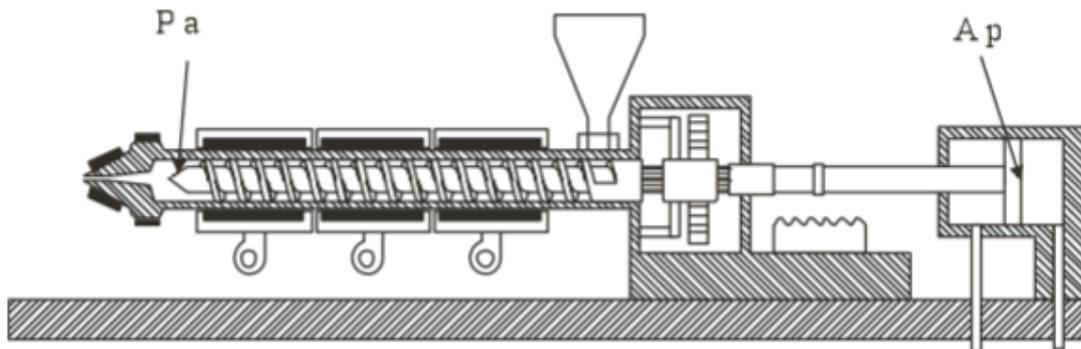


Figura 67: Esquema gráfico determinación de la presión de inyección

4. Fuerza de cierre máxima

La fuerza de cierre máxima es determinada por la presión de maquina conforme el área proyectada del plato soporte ver fig.(72), de la Matriz. La cual se expone en la

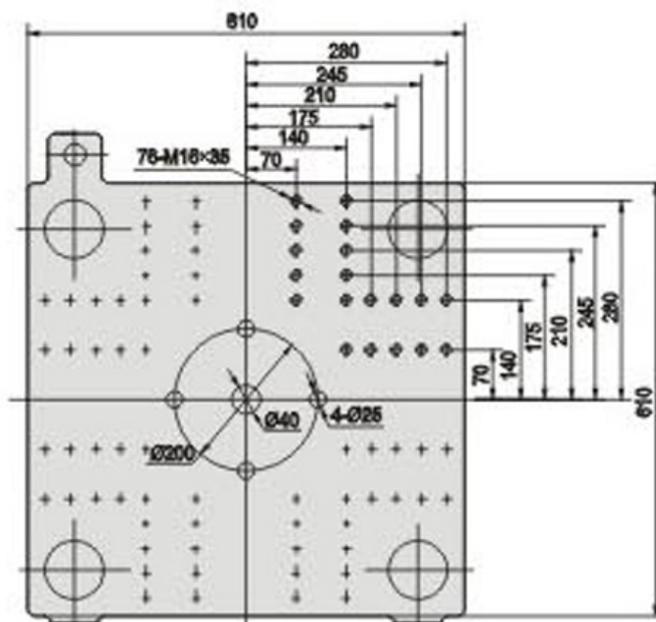


Figura 68: plato soporte de matriz, de Haida HDX128
tabla(70), y es igual a 1280 (Kilo Newton (KN))

5. Velocidad de inyección

Se define como el caudal de material que sale de la máquina durante el período de inyección; se expresa generalmente en (Centímetros cúbicos por Segundo ($\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$)) o como es en este caso Gramos por Segundo (**GR/s**) y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde. La velocidad de inyección viene principalmente determinada por la velocidad de avance del tornillo.

En la tabla(70), se expone que esta es igual a **123 (gr/s)**

La inyectora que se utilizó para inyectar los **PORTA VAINA**, fue una Haida Modelo 128 HDX, adquirida a la firma FABRO Hnos. (<http://www.fabrohnos.com.ar>)



Figura 69: Inyectora Haida 128 HDX

ITEM	UNIDAD	HDX 128		
Diametro de tornillo	mm	38	40	43
Relación L/D	L/D	21.1	20	18.6
Velocidad de inyección	g/s	96	106	123
Velocidad de plastificación	g/s	14.4	15.9	18.4
Volumen de inyección	cm ³	181	201	232
Capacidad de inyección	g	165	183	211
Presión de inyección	Mpa	177	160	138
Golpe de inyección	mm	162		
Velocidad de rotación del tornillo	RPM	180		
Torque del motor hidraulico	N.m	1008		
Fuerza del cabezal de inyección	KN	37.7		
Fuerza de cierre	KN	1280		
Carrera de apertura	mm	360		
Espesor de moldes (Min-Max)	mm	150-430		
Distancia máxima entre platos	mm	790		
Espacio entre columnas	mm	410x410		
Diametro de columnas	mm	70		
Fuerza de expulsión	KN	130		
Carrera de expulsión	KN	38		
Potencia del motor	KW	13		
Nivel acustico	DB	72		
Potencia de calefacción	KW	8.5		
Zonas de calefacción	-	3+1		
Presión de la bomba	Mpa	16		
Capacidad del tanque de aceite	L	265		
Dimensiones	m	4.6x1.2x2.1		
Peso	T	3.8		
Diametro de anillo centrador	mm	125		
Radio de boquilla	mm	SR10		

Figura 70: Ficha Técnica de la Inyectora

DISEÑO DE LA MATRIZ

5.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO

En este capítulo se abordará el diseño de la Matriz de inyección, para ello se siguieron los siguientes pasos.

El diseño de una matriz fue la consecuencia de un balance entre productividad, costo y eficiencia del proceso de inyección, así como la capacidad de máquina. Estas variables, influyeron al momento de pensar una matriz.

Al realizar el diseño se consideró en primera medida que máquina que se disponía. En este caso se utilizó la descrita en la fig.(69), la cual poseía un ancho de columnas de 410 mm X 410 mm, ver Fig. (72).

5.2 SELECCIÓN DEL PORTA MOLDE

El porta molde fue adquirido a la firma **ITAN SA**, a continuación se detalla la metodología de selección del porta molde.

1. Selección **tipo** de portamolde
2. Definición de la **serie** del portamolde
3. Elección de espesores de placas de trabajo (lo que constituye **la sub-serie** del portamolde).
4. **Elección del curso de extracción.** Se presentan tres opciones. (no aplica para tipo M)

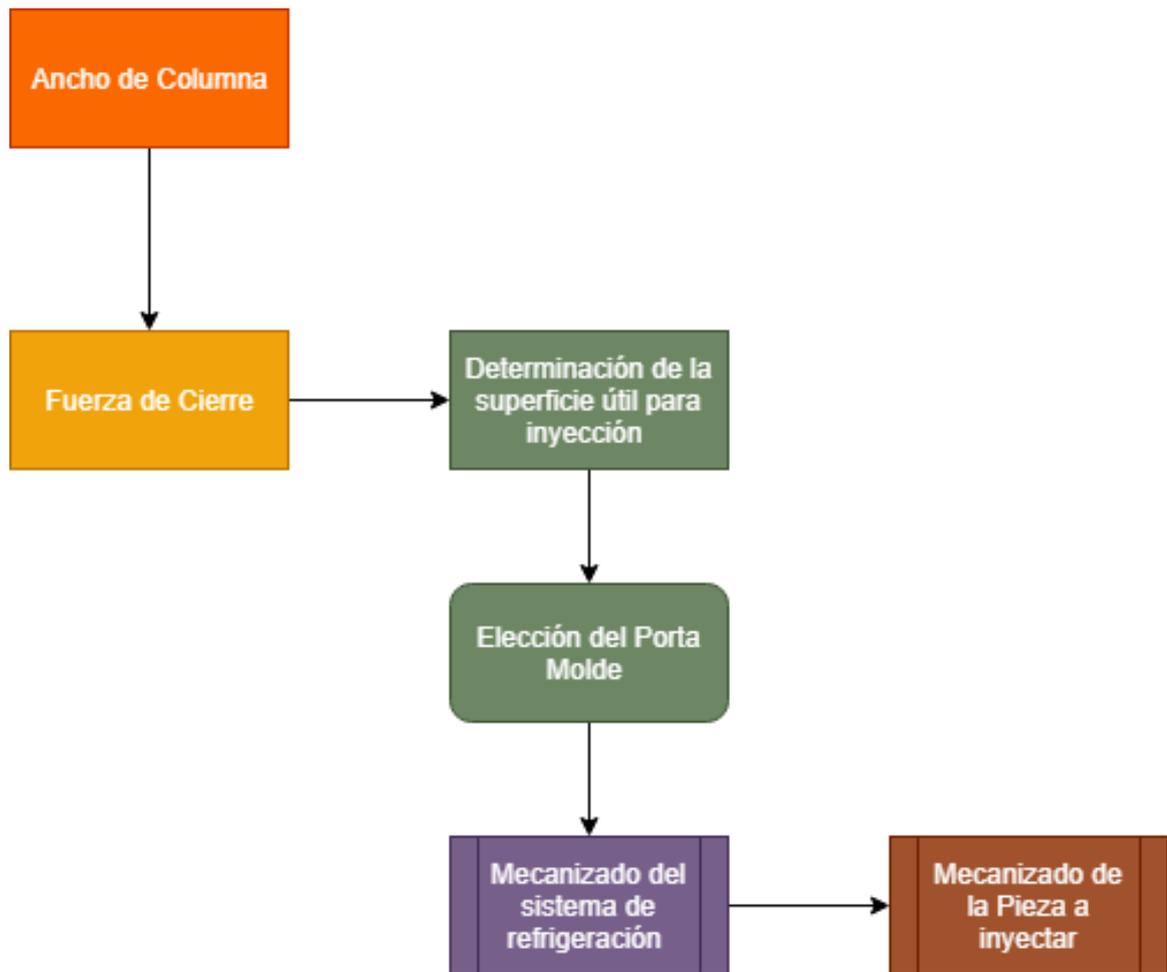


Figura 71: Pasos para la selección del Porta Molde

5. Selección del material de las placas de trabajo. **A1** para SAE 1045 o **A3** para P20 Bonificado.

El objetivo de esta subsección es especificar los parámetros propios del diseño. Para determinar el Código de pedido a fábrica, el cual adoptará el formato visto en las Fig. (73) y (74), remitirse a las consideraciones de diseño que cada capítulo fue aportando.

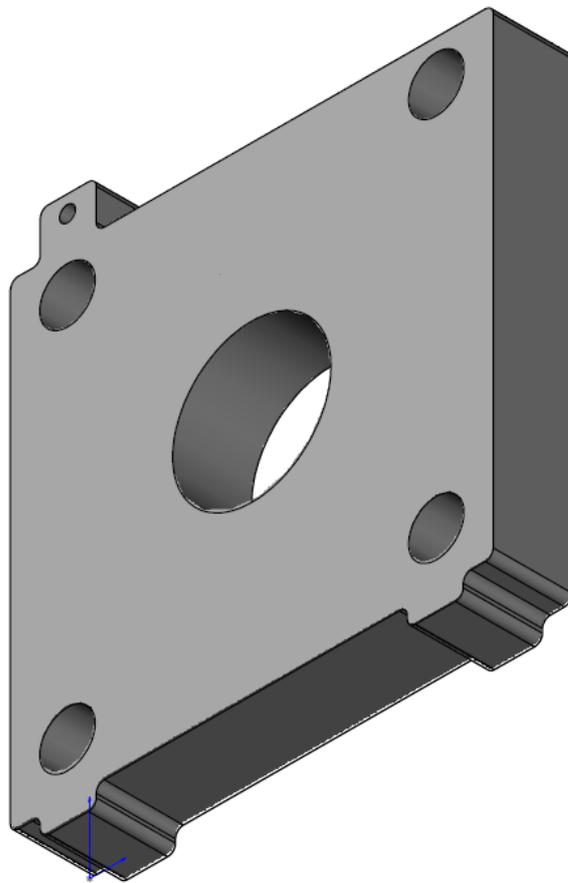


Figura 72: Plato porta molde HDX 128, 410 mm X 410 mm



Figura 73: código para Configuración Standar

Figura 74: código para placas flotantes

5.2.1 Selección del tipo de Porta Molde

Los porta moldes con Placa Flotante (PF), ver Fig.(75), son utilizados para realizar la extracción desde la placa.

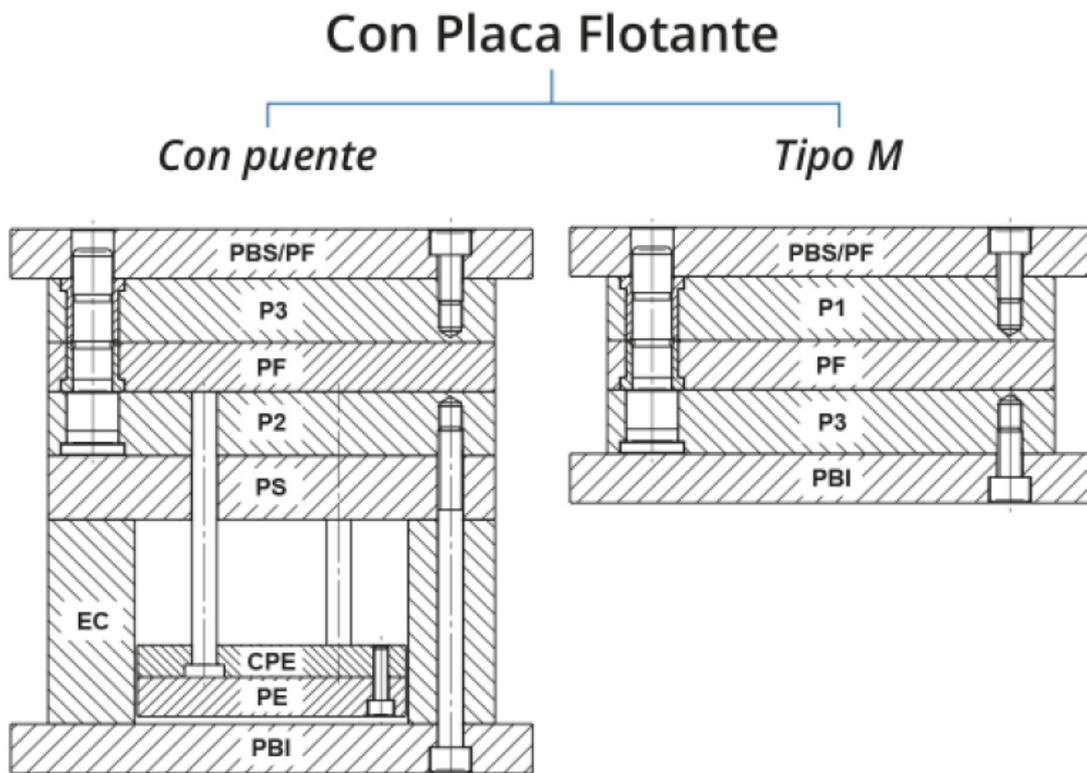


Figura 75: Configuración flotante de Placas

Este tipo de moldes están constituidos por una placa central **PF** que se desplaza durante la segunda etapa de apertura del molde.

Su empleo es frecuente para sistemas multi-cavidades donde las piezas deben ser inyectadas por el centro a través de puntos de inyección tipo aguja o entradas múltiples, de modo de no dejar marcas en los productos.

Se utilizan cuando la **PF** es la que separa la colada en el proceso de apertura del molde, ya que pieza y colada quedan en placas separadas.

Cuando el número de cavidades es tal que el espacio no permite la adición de más piezas se suele utilizar **PF**, para disponer de mayor superficie de trabajo y así evitar inyectar las cavidades lateralmente.

Respecto a la superficie proyectada también se obtienen beneficios ya que el área lateral proyectada no se suma al área total que limita la fuerza de cierre.

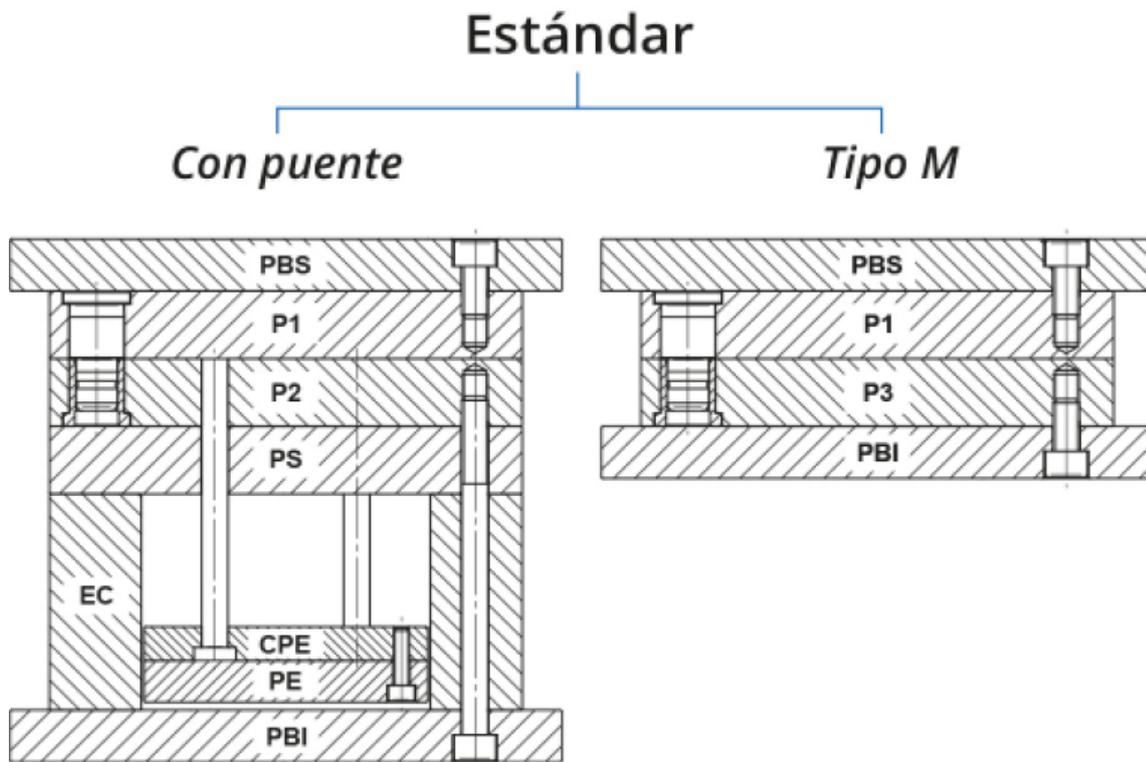


Figura 76: Configuración Estándar de Placas

En este trabajo final, la extracción fue por tope de carrera a través de las placas expulsoras. El Molde utilizado fue del tipo Estándar con puente Fig.(76).

Si bien el **PORTA VAINA** es un cuerpo de revolución, que presenta rosca y su extracción es compleja si se hubiese optado por usar **PF**, no hubiera representado un beneficio el aumento del área útil ya que inicialmente se trabajó con una sola cavidad.

5.2.2 Definición de la serie del Porta Molde

La definición de la serie consiste en establecer el área necesaria de trabajo. El **PORTA VAINA** tiene un largo de **268 mm**, lo que significa que alguna de las dimensiones del molde ya sea largo o alto, no podrá ser menor a esta dimensión, ni aquella que garantice la resistencia mecánica a la presión interna de inyección.

Dimensiones	
A	224 mm
T	340 mm
M	—
B	348 mm
S	400 mm

Tabla 6: Dimensiones Externas, para establecer el área útil

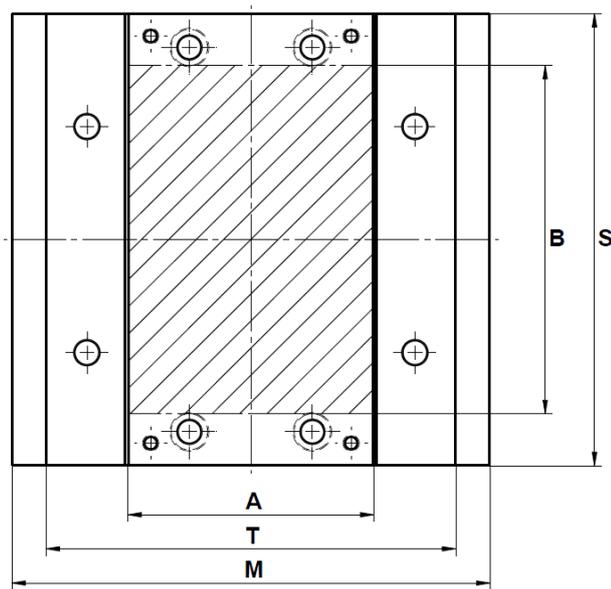


Figura 77: Área de Trabajo, dimensiones a determinar en la tabla ver(11
 5.2.3 Definir de los espesores de las placas de trabajo, la Sub-Serie del porta molde.

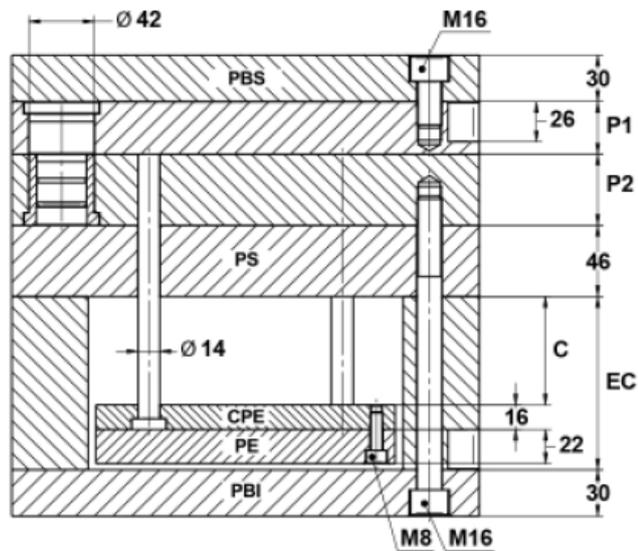


Figura 80: Detalle de Matriz y columnas ver fig. (178)

Dimensiones	
C	30 mm
CE	72 mm

Tabla 7: Tabla de Carrera de Expulsión

Código para la Adquisición	
34.40	Serie
01	Sub-serie
C1	curso de extracción
A1	Material

Tabla 8: Código Final

5.2.4 Otros componentes

En la selección de placas de trabajo, se contemplan los aspectos geométricos que definen la productividad que satisface la demanda actual, Ver Fig.(137). A su vez se incorpora la planificación agregada que surge de una participación más significativa al segmento de mercado que consume este producto.

Otro aspecto que hace a la productividad, por ende al tiempo de ciclo, es la carrera de expulsión, que hace a la distancia recorrida para el desmolde por las placas de trabajo, Ver fig(168).

Detalle - Código	Denominación	Material Y TMT
Nro. 10	Boquilla	SAE 8620 CrNi Cementado
B 21	Columna	SAE 8620 Cr Ni Cementado
CF 12	Buje de Columna	SAE 8620 Cr Ni Cementado/ Templado/ Revenido
6 mm	Expulsor de Colada	SAE 01 100 Mn cw 4 60/65 HRC
6mm	Expulsor de Pieza	SAE 01 100 Mn cw 4 60/65 HRC
14mm	Columna de Extractor	SAE 01 100 Mn cw 4 60/65 HRC

5.3 ASPECTOS CLAVES PARA UN ÓPTIMO DISEÑO DE LA MATRIZ

5.3.1 *Insertos*

Al momento de pensar el diseño más adecuado se dispuso trabajar por insertos dentro del porta molde, de modo que de suceder algún conflicto de diseño solo bastaba cambiar un inserto (caja) del conjunto.

Por otro lado, trabajar de este modo permite aprovechar la simetría de revolución para poder mecanizar el **PORTA VAINA**. Cada sección fue mecanizada de modo diferente. No serán los pasos para el mecanizado motivo de este trabajo final, pero se desarrollarán las secciones que primitivamente se pensaron para la matriz y en el cap (6), se verán los resultados y modificaciones que hubieron de realizarse para lograr el sistema más apropiado para la matriz y su configuración definitiva.

- 1 Sección cónica de mayor longitud.
- 2 Sección de revolución no roscada.
- 3 Posición del inserto en el cuerpo.
- 4 Sección con filete en superficie cónica.

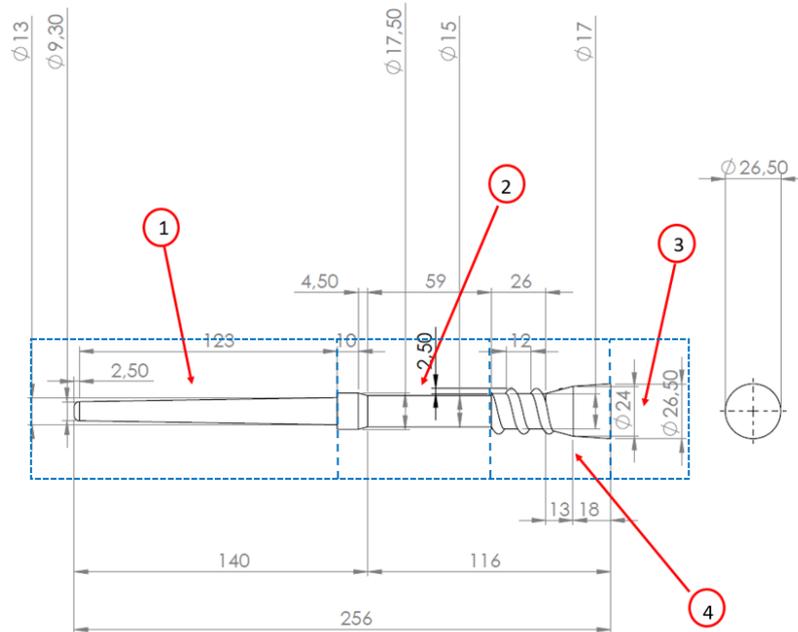


Figura 81: geometría común en el diseño del **PORTA VAINA**, zonas de sección

5.3.2 Diseño de lado de mayor área para el desmolde

Se llamará lado de inyección al correspondiente a la placa de trabajo por donde ingresa la colada, ver fig(173).

En su opuesto, se definirá como lado de expulsión a aquella placa de trabajo que se encuentra del lado móvil debido al carro, ver fig.(172)

Cuando se diseña una matriz, el tiempo de desmolde es un parámetro de diseño que hace a la productividad, un desmolde eficiente, es garantía de un trabajo de calidad. Para ello se tomaron medidas de diseño que aseguraron un desmolde oportuno.

Para ello se consideraron dos aspectos claves:

- **Canales de inyección**, La mayor área queda del lado de la expulsión.
- **Toroide de arranque** La colada es extraída de la boquilla ver fig. (163) a través de un toroide de arranque.

Diseño de los canales de inyección

Se debe tener en cuenta que los canales de inyección son parte del sistema de llenado, los cuales asumen la responsabilidad de desviar el flujo del polímero fundido, así como unir las cavidades del molde si las hubiera con la boquilla de la colada.

La misión de los canales de colada, es la de permitir que el material penetre en las cavidades simultáneamente y a igual presión y temperatura.

La masa plastificada penetra a gran velocidad en el molde refrigerado. La disipación de calor enfría y solidifica rápidamente la masa que fluye junto a las paredes exteriores.

Al mismo tiempo, la masa que fluye por el centro queda aislada respecto de la pared del canal, originándose así un núcleo plástico, y a través de este puede fluir la masa necesaria para llenar el molde.

De estas consideraciones es que derivan geometrías más o menos apropiadas para los canales de distribución, sin olvidar lo importante de ahorrar material, ya que la colada suele ser material de desperdicio (recuperable desde el reciclado, pero con pérdidas de sus propiedades mecánicas).

Lógicamente las dimensiones del canal, dependen del tamaño de la pieza, del tipo de molde y de la masa a inyectar. Por lo general una sección grande favorece el llenado ya que la resistencia al flujo es menor que en los canales más angostos.

La masa del material fundido deberá tener mayor Fluidéz cuanto más largo sean los canales.

Por lo antes mencionado, es muy importante el correcto diseño de los canales de inyección. A continuación, se exponen en una vista transversal, los más utilizados.

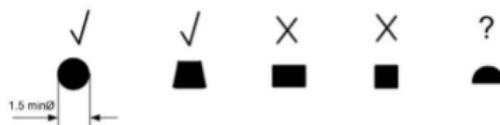


Figura 82: Sección transversal de los canales de colada

D ₁	D ₂	h
39.28 mm	27.5 mm	18.3 mm

Tabla 9: Dimensiones recomendadas según la bibliografía

En este trabajo se optó por una opción híbrida de canal que permitió mantener un ángulo de desmolde y que a su vez manifestó características mejoradas.

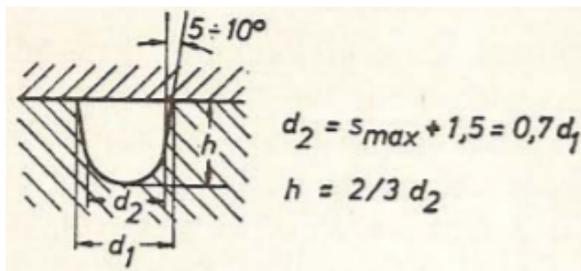


Figura 83: Área transversal del canal de colada

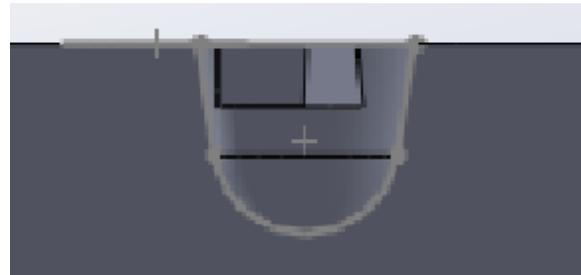


Figura 84: Vista lateral del corte de la colada en **SOLID WORK**



Figura 85: Vista lateral del corte de la colada en **SOLID WORK**

Por lo expuesto en la fig. (83), se presenta que el canal de colada se determinó en relación al diámetro mayor de la pieza, el cual fue de 26 mm.

D1	D2	h
7 mm	6.45 mm	6 mm

Tabla 10: Dimensiones usadas para piezas pequeñas

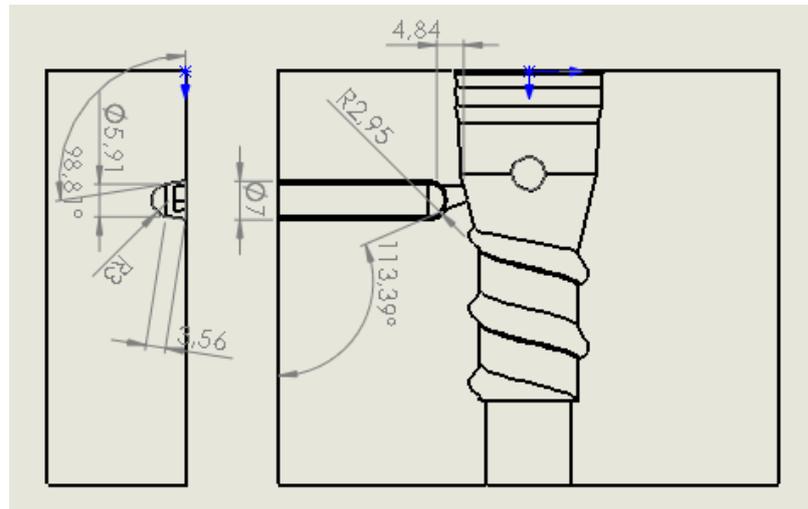


Figura 86: Plano del canal de colada **SOLID WORK**

Para ello se remitió a lo propuesto en ([10]) y que se observa en la fig.(87)

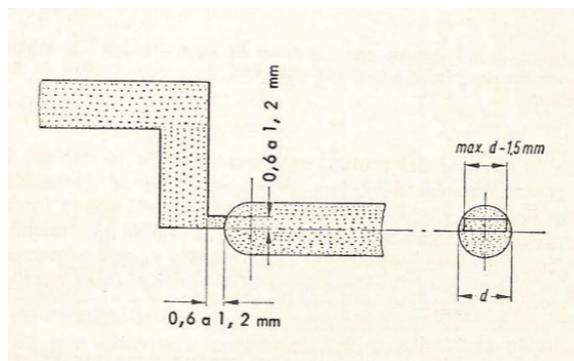


Figura 87: Estrangulamiento para piezas pequeñas, [10]

A continuación, se expondrán los detalles que hicieron al diseño de la matriz.

5.3.3 *Toroide de arrastre de colada*

Una vez culminado el tiempo de pos-inyección se procedió a la apertura del molde para la extracción de la pieza, junto con la colada.

Esta incluye la colada retenida dentro de la boquilla cuyo interior cónico está completo de material presolidificado ver fig. (163).

Para que la extracción fuera eficiente, se realizó en la placa de trabajo lado de extracción un toroide de modo que la apertura del molde, pueda dar lugar al retiro del cono de inyección. En la fig. (88), se observa lo que propone [7] en la pag.400.

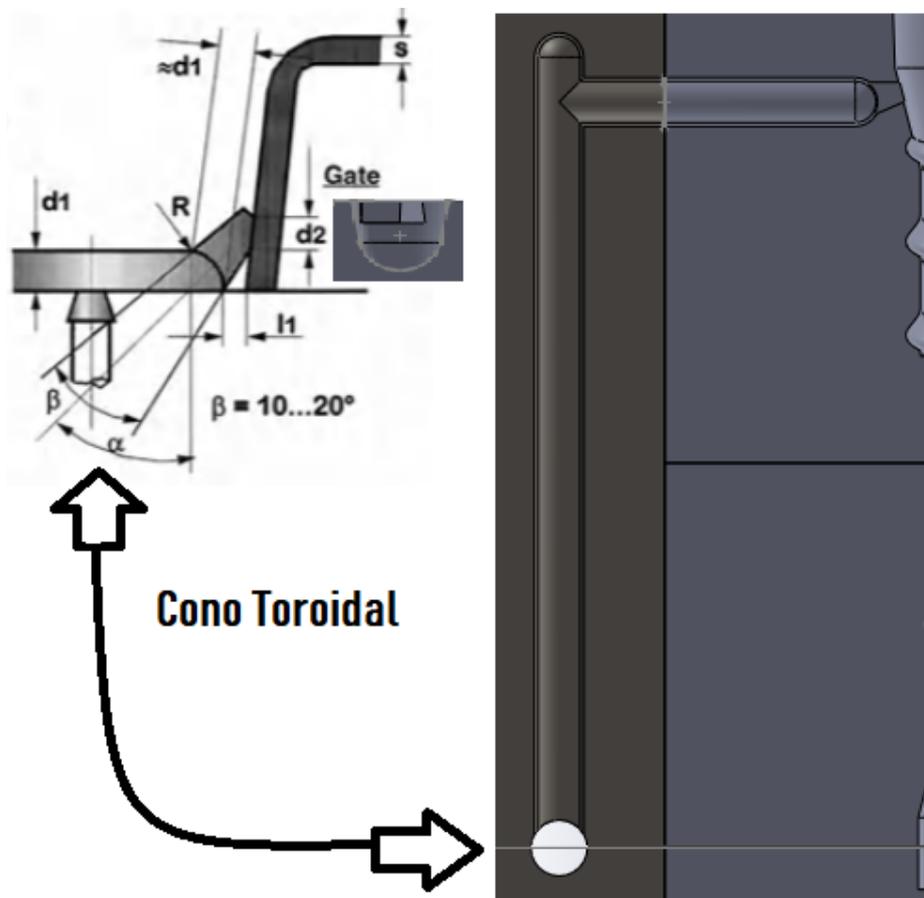


Figura 88: Toroide de extracción de colada de la boquilla

5.3.4 Colocación del inserto en la matriz

En un primer momento se sugirió un ajuste apretado de modo que el inserto quedara retenido en la matriz, pero es lógico que con el tiempo el roce realizaría desgaste de modo que se pudiera salir. Si este se cayera justo al cerrar el molde hubiera sido un error fatal, que hubiera podido provocar la falla permanente de la matriz.

Para evitar esto, en la caja ver Fig. (154), se realizó la inserción de un imán de neodimio, de modo que este pequeño imán, sujetara el tornillo mecanizado, ver Fig. (161).

Se decidió colocar del lado de la inyección de modo que todas las fuerzas actuantes colaborasen en el retiro de la colada.

El imán que fuera usado, fue provisto por **La casa de los imanes**, ubicada en la capital federal de la república argentina.



Figura 89: Imán Neodimio, 12000 Gauss de fuerza, de 4mm x 1.5 mm

5.3.5 Ángulo de desmolde en la zona de ajuste

En la fig.(93), se puede observar en color rojo, las secciones que presentan un ángulo de salida óptimo, en Amarillo un ángulo apropiado de desmolde de 0.38gr! (gr!), y en verde, ángulos de salida negativos que se oponen a la libre extracción.

No obstante pese a las superficies que se oponen a la extracción, al ser un material elastomérico, esta situación solo es atendible desde el punto de vista del mecanizado, no influye en el proceso de desmolde.

5.3.6 Puntos de Expulsión

Para la expulsión de la pieza, luego de la inyección se colocan los expulsores cuyo plano puede verse en las fig. (150), fig. (151) y fig. (152). Los dos primeros actúan sobre el **PORTA VAINA**, el tercero sobre el canal que está vinculado al toroidal.

Para la ubicación de los expulsores, se definieron secciones de áreas comunes de modo que pudieran arrastrar la pieza con el fin de carrera. Si el diseño primitivo no hubiera funcionado siempre se podría haber adicionado un expulsor. El único factor que se interpone a la libre incorporación de expulsores, es la serpentina interna de refrigeración.

Los diámetros de los expulsores se determinan al pandeo debido a la presión de inyección, se pueden pensar como una viga empotrada en uno de sus extremos.

Mediante la ecuación siguiente que involucra al diámetro a través del momento de inercia.

$$P_{crit} = \frac{20,19 * E * I}{L^2} \quad (3)$$

$$I = \frac{\pi * d^4}{32} \quad (4)$$

Luego de verificar al pandeo, con la **Pcrit!** (**Pcrit!**) establecida por Mold Flow. Se adquirió comercialmente un diámetro superior que se dispone comercialmente.

5.4 CONTRACCIÓN

En esta sección se abordará lo relativo a la contracción del material pos inyección. Esta variable es fundamental en el diseño geométrico de la cavidad del molde: una vez contraído el material, la geometría final de la pieza debe estar dentro de las tolerancias admisibles.

Se presentó a través del proveedor un detalle de contracción. Se recomienda considerarse al momento del diseño si lo que se busca es que la pieza esperada se corresponda con la pieza a reemplazar.

Generalmente, las fichas técnicas de los materiales reportan un valor de contracción. Sin embargo, ese valor, es en realidad función de muchos factores: velocidad de enfriamiento, geometría de la pieza, perfil de temperaturas, espesor de pared, etc.

5.4.1 *Contracción y Cristalinidad*

En esta sección se abordará lo relativo a la contracción del material pos inyección, dado que el (TPU) es un material semicristalino, con propiedades elastoméricas pero termofor-mable por inyección.

Durante el procesado los polímeros se comportan de forma bastante diferente dependiendo de si tienen capacidad para cristalizar o no, de modo que algunas propiedades del producto final están fuertemente influenciadas por el grado de cristalinidad alcanzado por el material.

Como se mencionó en el Cap.(3), los polímeros cristalinos contienen regiones amorfas además de las cristalinas.

Cuando estos materiales se calientan en principio se consigue un reblandecimiento debido a la movilidad que adquieren gradualmente las moléculas de las regiones amorfas, si bien las moléculas que se encuentran en la región cristalina siguen en estado sólido.

Cuando se alcanza el punto de fusión de los cristales la estructura colapsa y todas las cadenas adquieren gran movilidad. El procesado de los materiales cristalinos debe, por

tanto, realizarse por encima del punto de fusión. Por el contrario, en el caso de los polímeros amorfos el procesado debe realizarse por encima de la temperatura de transición vítrea, sin embargo, en este caso el reblandecimiento es gradual. Los grandes grupos de moléculas adquieren movilidad y el polímero se convierte en gomoso y a mayores temperaturas fluye con más facilidad relativa.

Tanto los polímeros amorfos como los cristalinos tienden a contraerse en el procesado durante la etapa de enfriamiento, sin embargo, la contracción es mucho mayor en el caso de los polímeros cristalinos que en el de los polímeros amorfos (1.5 a 3 % en polímeros cristalinos frente a 0.4 a 0.8 % en polímeros amorfos) [[2]].

Mientras el material con capacidad de cristalizar está fundido, se encuentra en estado amorfo, pero tras el enfriamiento las moléculas se empaquetan produciendo una reducción importante en el volumen específico.

La contracción se debe, en este caso, al proceso de expansión y contracción térmica y a la formación de cristales. El desarrollo de la cristalinidad es tanto mayor cuanto más lenta sea la velocidad de enfriamiento del material. Por el contrario, los polímeros amorfos no cristalizan durante el enfriamiento y el encogimiento se debe tan sólo a la expansión y contracción térmica. En este caso la velocidad de enfriamiento no afecta a la contracción que sufre el material.

El (TPU) es un material Semicristalino, por lo que presenta particularidades de ambas configuraciones.

5.4.1.1 *Diseño de las cavidades por Contracción*

El análisis de la contracción se presentará en dos estadios diferentes, por un lado, lo que arroja la simulación por **Moldex**, y por el otro lo que realmente sucedió junto con las modificaciones que necesariamente se realizaron.

Como vemos en la simulación ver fig. (98), la contracción volumétrica residual máxima se da en los cambios de sección transversal de área y volumen, las cuales se representan con color amarillo.

Esta información, llevó a la sobredimensión de esas secciones como se puede observar en la fig. (99), donde solo se habían propuesto las cuatro primeras secciones y las secciones en esa única dimensión se mecanizaron 5 % por encima de su medida nominal.

Como se puede ver, en el mecanizado de realizaron cuatro cajas principales, replicando el modelo original importado, el cual fuera fabricado por la firma Alemana.

Al inyectar, el resultado mostró que la pieza no admitía la contracción que había sido estimada y se procedió a re-acondicionar las secciones más comprometidas.

Caja 4 ,La zona del inserto contrajo mas allá de lo admisible, no ajustando a la dimensión necesaria tal que satisfaga la estanqueidad requerida en servicio.

Caja 2 , Esta zona no contrajo lo necesario por lo que no permitía que el **PORTA VAINA** ingresara a la vaina, y hubo que re-mecanizarlo nuevamente.

Con esta información, que obligó a un re-diseño de estas secciones, se realizó la matriz definitiva. La cual de detalla en los planos y cuyo perfil de contracción se muestra en la fig.(100).

5.5 CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO DEL MOLDE Y SELECCIÓN DEL PORTA MOLDE

En primera medida, las simulaciones son una aproximación no definitiva de un modelo final y no deben tomarse como algo crucial, si no como una aproximación bastante acertada.

Por otro lado, el cálculo si es definitivo, pero se enfrenta a lo disponible en el mercado, por lo que lo ideal no resulta siempre lo más económico, ni más rápido, incluso lo mejor. Por último, se denota de este capítulo la importancia de trabajar en contexto, es decir con quien recibe la pieza y aporta desde su experiencia datos de servicio que no son muchas veces contemplados en el diseño en el papel.

5.6 INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

En la Fig (104) se muestran los orificios de entrada y salida del fluido refrigerante. Las matrices de inyección se deben refrigerar para controlar el proceso y el ciclo de inyección, **el 85 % del costo de inyección es debido al tiempo de enfriamiento**. Se debe extraer la cantidad de calor necesaria, de modo tal que el tiempo de enfriamiento que permite la expulsión sea el más breve posible, pero que a su vez esta temperatura no entorpezca el libre flujo del material polimérico (TPU) dentro de la matriz. De este modo, cada polímero dispone de una temperatura de molde recomendada.

Detalle de Componentes	
1.Entradas de fluido para refrigeración	9.Expulsores
2.Anillo de centrado	10.Placas Ejectoras
3.Oreja de soporte para sujeción	11.Accionamiento de Expulsión
4.Placa fija de soporte	12.Soporte de Placa Expulsora
5.placa de inyección del lado fijo	13.Placa Móvil, de soporte
6.Línea de partición	14.Placas Laterales Puente
7.Columnas Guía	15.Placa de Respaldo
8.Bujes Guía de Expulsores	16.Placa de inyección lado Móvil

Tabla 11: Tabla de componentes

Tabla.1 Valores de contenido de calor para algunos termoplásticos

Material	Temp Fundido (°C)	Tempe Molde (°C)	ΔT	Calor específico Jkg ⁻¹ K ⁻¹	Calor a remover
CA	210	50	160	1700	272
PET	240	60	180	1570	283
PMME	240	60	180	1900	242
PC	300	90	115	3000	345
ABS	240	60	180	1968	364
PS	220	20	200	1970	394
PA 6	250	80	170	3060	520
PA 66	280	80	200	3075	615
LDPE	210	30	180	3180	572
HDPE	240	20	220	3640	801
PP	240	50	190	2790	670

Figura 105: Temperatura de Moldes para Polímeros comunes

Como vemos en la Fig (105) , casos donde el polipropileno se aconseja con una temperatura de 50 °C, mientras el polietileno de alta densidad se recomienda con temperatura de molde de 20°C.

Como no todos los polímeros adquieren la fluidez necesaria para la inyección a la misma temperatura, existen moldes que trabajan a diferentes temperaturas y según éstos, se emplea uno u otro líquido atemperador. Generalmente se utilizan dos tipos de refrigerante: agua tratada o aceite diatérmico, también algunos procesos requieren una mezcla de agua y alcohol. En los moldes que trabajan entre 15 °C y 60 °C se usa normalmente agua y la ayuda de unidades de control de temperatura también llamados “atemperadores” y equipos de refrigeración (chillers, torres de enfriamiento, etc.).

Los que están entre 60°C y 90°C usan generalmente aceite y la ayuda de equipos de calentamiento o también “atemperadores”.

Para establecer las estrategias de diseño del sistema que atempere la matriz, se deberá te-

ner en cuenta las herramientas que se disponen, las dimensiones y material de la matriz. Así, por ejemplo, en matrices de tamaño medio optamos por perforaciones pasantes, en materiales de alta dureza perforar con broca suele ser riesgoso y se opta por el acople de circuitos internos de refrigeración “serpentinados” Fig (107).

Independientemente de las variables involucradas, diseñar el sistema de refrigeración no es más que un balance térmico Fig (106). La temperatura de molde es constante y la temperatura de la pieza será aquella que permita el desmolde sin deformación, alcanzando la temperatura final o ambiente ya fuera de la matriz, luego de la expulsión de la misma.

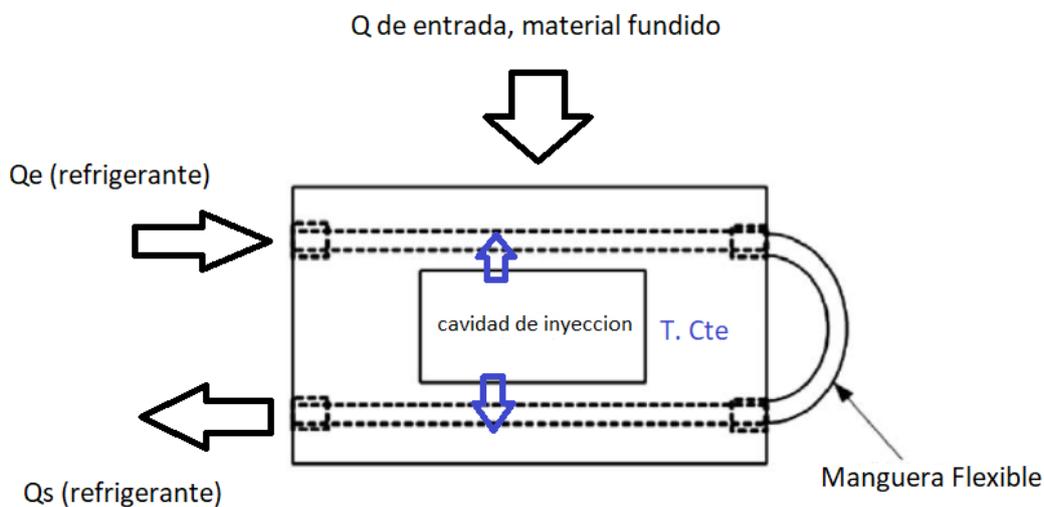


Figura 106: Balance Térmico

Es importante entender que el enfriamiento está directamente relacionado con la productividad. Un molde de inyección bien podría trabajar sin ningún tipo de refrigeración, es decir, podría depender enteramente de un ciclo a temperatura ambiente. Esto podría llevar mucho tiempo, especialmente con secciones pesadas.

Ocasionalmente si la producción total es muy pequeña, en lugar de refrigeración por agua, podría soplarse aire en las superficies calientes del molde para enfriarlas. Esto se hace a veces incluso en moldes de producción, cuando no es posible enfriar una parte

muy delicada del molde por medios de enfriamiento convencionales.

Cuanto mayor sea la productividad que se espera de un molde, más rápido habrá que devolverlo a su temperatura de servicio. Como debe recalcar una y otra vez, en el diseño buscamos obtener el mejor producto al menor costo, y el costo del molde se vuelve significativo solo si la producción es baja.

Esto significa que, si bien un molde para una producción relativamente baja, debería estar bien refrigerado, con moldes para alta producción, no debe haber límites al momento de diseñar el sistema de refrigeración.

En ciertos tipos de moldes (especialmente moldes para alta producción), el enfriamiento de las placas de inyección o respaldo son a menudo aceptables sin ningún tipo de enfriamiento complejo, con canales dentro de cavidades.

El uso de canales de agua simples (Agujeros pasantes) es un método económico que agregará tiempo al ciclo de moldeo, pero se prefiere frente a soluciones de mayor complejidad. Por lo que en el camino de diseño del sistema de refrigeración se prioriza la extracción de calor para que la pieza pueda eyectarse sin procedimientos posteriores y sea facilitada por la contracción del material.

A continuación se exponen algunos canales típicos que dan buen resultado en la práctica. Para piezas planas, se recomienda el uso de enfriador en espiral ver fig. (107), donde el líquido refrigerante actúa primeramente sobre el punto situado frente a la entrada de la colada, consiguiéndose que la diferencia de temperatura entre la pieza y el líquido sea máxima en el punto más caliente, por lo que puede disiparse mayor cantidad de calor.

En su recorrido por la serpentina el líquido adquiere temperatura de modo que, en los puntos donde la masa está más fría por ser más largo el camino del flujo, el gradiente de temperatura es menor y así también el calor disipado. Puede lograrse una mejor extracción de calor, si en el retorno se emplea una serpentina paralela a la primera. Su fabricación suele ser costosa, aunque da como resultado un enfriamiento más homogéneo y el resultado se traduce en una mejor calidad de la pieza inyectada.

Por Razones de costo, suelen usarse sistemas de refrigeración de conductos paralelos

Fig(109), los cuales cruzan las placas de inyección. De este modo no podrá garantizarse una distribución uniforme de temperaturas y por lo tanto de deformaciones.

En este sistema de canales paralelos, donde la inyección de la pieza está centrada en el molde, es necesario dividir el sistema de enfriamiento de modo que la extracción de temperatura sea igual tanto en la placa fija como en la móvil. Se aconseja que el fluido frío entre al molde por el centro, donde se produce el mayor gradiente térmico.

5.6.1 *Sistemas Serie-Paralelo*

Dentro de los sistemas tradicionales de refrigeración podemos adoptar dos disposiciones: En Serie o Paralelo, ver Fig.(109).

La diferencia entre estas configuraciones radica en que, en los circuitos en serie Fig.(109) "A", las diferentes fuentes de calor (piezas inyectadas) son recorridas sucesivamente por el líquido refrigerante. Dado que la diferencia de temperatura disminuye con la longitud recorrida del líquido refrigerante, no es uniforme el enfriamiento.

En cambio, en la refrigeración en paralelo ver Fig.(50)"B" el líquido refrigerante se conduce a los diversos núcleos (Bocas) desde el canal colector, donde un segundo colector se encarga del retorno del líquido. Con ello, se consigue disponer del refrigerante a la misma temperatura para cada núcleo, quedando garantizado el enfriamiento uniforme.[10]

5.6.2 *Calculo de diámetro y separación de agujeros para refrigeración*

En este apartado analizaremos como determinar de manera práctica la configuración recomendada para el sistema desarrollado en este trabajo final, ver Fig.(110)

Parámetros Dimensionales	
W	13,5 mm
d	14 mm
b	42 mm a 56 mm
C	28 mm a 4 2mm

Tabla 12: Tabla de componentes

5.7 SIMULACIÓN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS DE ENFRIAMIENTO, MOLDEX 3D

El objetivo de esta simulación fue la de evaluar la trayectoria de flujo y la distribución de la temperatura alrededor del inserto, la formación de la línea de soldadura y la trampa de aire, de manera tal que pudo decidirse cuál de las dos ubicaciones posibles del punto de inyección ver fig(111), llevó a una resistencia de unión óptima entre el inserto y el Porta vaina.

Por lo cual se analizó la distribución de temperatura a lo largo de la pieza y del canal de enfriamiento (simulada por **Moldex3D**), para decidir cuál de las dos posibles configuraciones de canal de enfriamiento (paralelo o serie) conducía a una calidad óptima de la pieza. Las simulaciones en **Moldex3D** fueron cruciales para determinar la trayectoria de flujo y distribución de la temperatura alrededor del inserto, de modo que permitiera una traba mecánica óptima en la etapa de diseño. [5]



Figura 112: Líneas de Soldadura

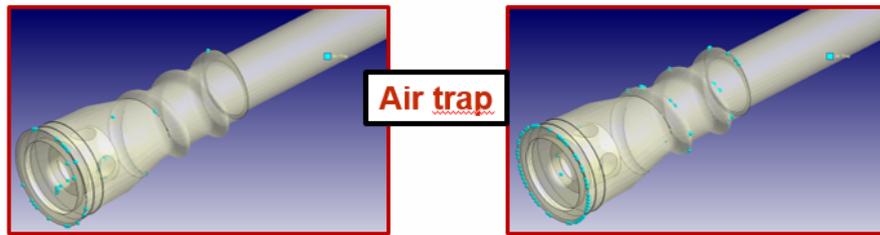


Figura 113: Puntos de Aire Retenido

Como resultado de la simulación, puede observarse en la Fig. (113), que aumentaría el aire retenido (Air Trap) en el caso de que la inyección se realizara por el centro.

No obstante las uniones de encuentro del flujo del fundido, llamadas líneas de soldadura (weld Lines) ver Fig. (112), se aminoran en el caso de que la inyección del polímero se de por el centro de la pieza.

Es importante destacar, que si bien el aire retenido en el exterior de la pieza es un defecto que se puede aminorar con la introducción de rayados de fuga en la placa matriz, aumento de la temperatura de inyección o aumento del tiempo de posinyección, todos estos factores a excepción del primero, encarecen el proceso y disminuyen la productividad. [18]

Se consideró que en una pieza como esta, sometida a severas sollicitudes de elongación y posible falla por desgarro, las líneas de soldadura jugaban un papel preponderante en el ciclo de vida. Estas presentan una discontinuidad en la matriz polimérica asociada a la dificultad de que dos frentes fríos puedan difundir uno en el otro, para dar lugar a una pieza con propiedades mecánicas homogéneas.

Este factor se tuvo en cuenta en mayor medida sobre el aire retenido [9].

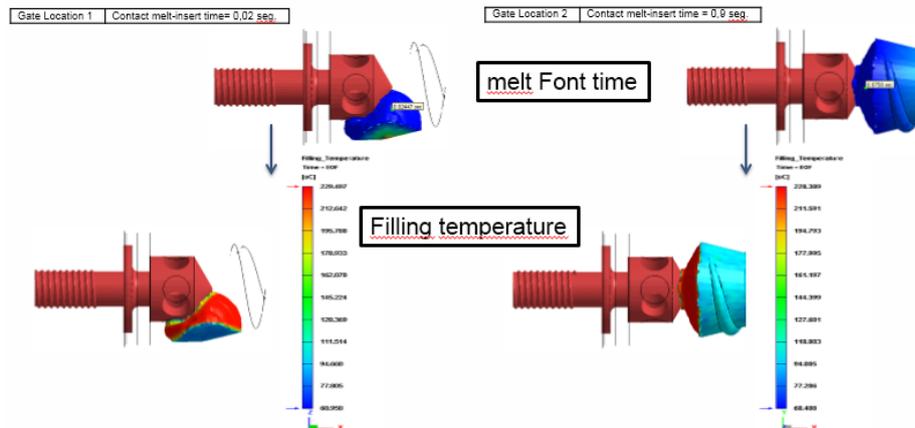


Figura 114: Tiempo de contacto del frente fundido con el inserto y distribución de temperatura

Prosiguiendo con la simulación, como puede observarse en la Fig.(114), al estimar el tiempo y la temperatura en que el frente del polímero fundido hace contacto con el inserto, dio como resultado que la temperatura de fusión en el momento en que la masa fundida entra en contacto con el inserto es ligeramente superior para la ubicación 1. Además, para la ubicación 1, la longitud de la trayectoria de flujo es más corta, ver Fig.(112).

La importancia de este análisis tiene fundamento en que la sujeción del Porta Vaina al molde matriz se logra al atornillar el inserto en el molde ver fig.(115, pero se debe recordar que no hay adhesión metal polímero, por lo cual en el diseño del inserto se generaron dos agujeros pasantes a 90°, con el objetivo de lograr una traba mecánica.

La simulación por Moldex 3D, permitió aproximar la contracción del material polimérico, según el sistema de refrigeración adoptado, Serie o Paralelo, ambos analizados en este capítulo. La contracción debió ser la apropiada de molde que, al colocar la vaina en el Porta Vaina, el ajuste fuera completo y sellado del labio inferior y no permita que el hormigón al ser vibrado entre a la vaina generando sobretensiones al momento de aplicar el torque de apriete del Tornillo.[3] [4]

Es sabido que diseñar un sistema óptimo de enfriamiento permite, no solo lograr una mejor calidad de la pieza por medio de un enfriamiento uniforme(y por lo tanto una contracción diferencial reducida, que garantiza un bajo alabeo), sino también una mayor

eficiencia del proceso debido a un tiempo de ciclo más corto al reducir el tiempo de enfriamiento.

Moldex 3D permitió analizar la distribución de la temperatura dentro de la pieza, los canales de inyección y el inserto, así como la eficiencia del diseño del canal de enfriamiento y el tiempo requerido.

Como se puede observar en la Fig.(116), la configuración en paralelo ofrece una eficiencia en servicio de 22 % a 27 %, mientras que la configuración en serie presenta una eficiencia en la extracción de calor cercana al 50 %, ver Fig.(117).

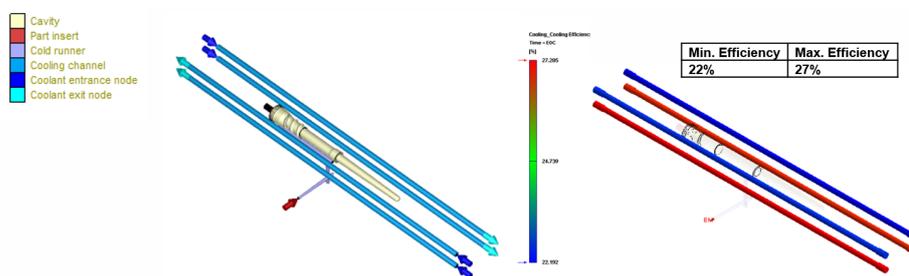


Figura 116: Sistema de refrigeración por agujero pasante en paralelo

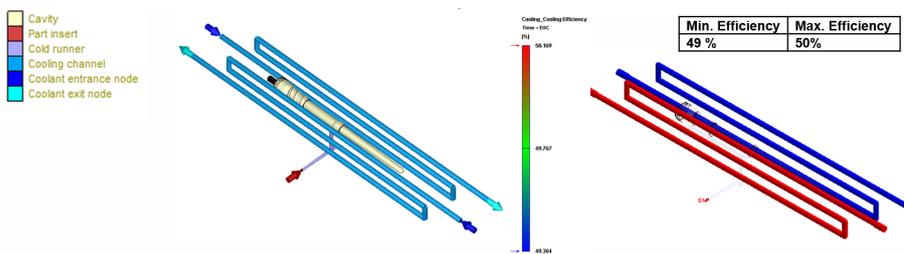


Figura 117: Sistema de refrigeración por agujero pasante en serie

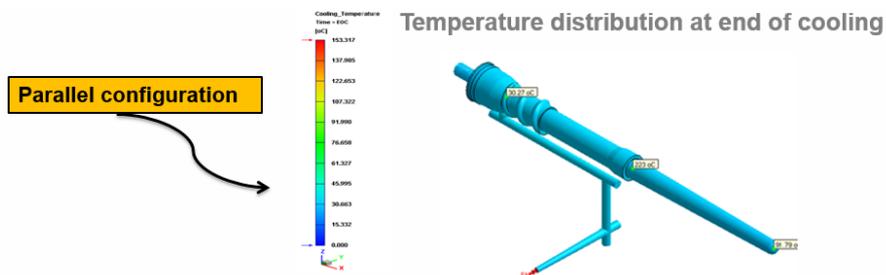


Figura 118: Distribución de temperatura en PARALELO

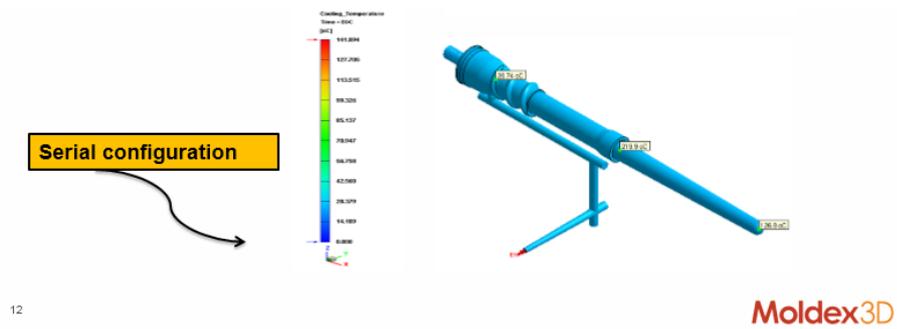


Figura 119: Distribución de temperatura SERIE

5.7.1 Conclusión de la Simulación en Moldex 3D, de los parámetros de Diseño del circuito de refrigeración

Luego de realizada la simulación de los parámetros de inyección se concluye que el punto óptimo de llenado de la pieza a inyectar, debe darse **por el punto mas cercano al inserto**, de modo que el contacto del frente del polímero fundido este a la mayor temperatura posible.

Por otro lado, el sistema de refrigeración mas adecuado desde el punto de vista económico así como mecánico, es el que se da en **serie**, dado que permite una extracción de calor 25 % mas eficiente que el análogo en paralelo.

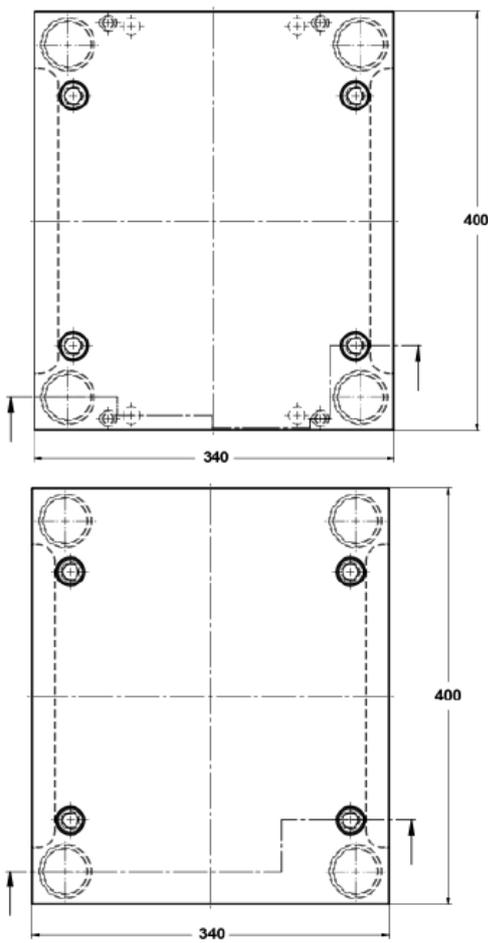
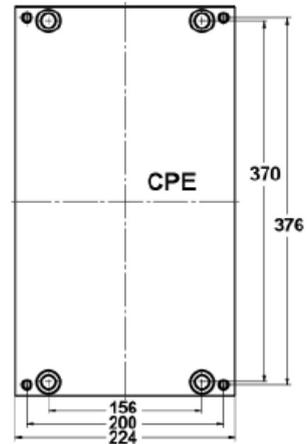


Figura 78: 340 X 400

Vista Placa CPE



Vista Placa P1/P3

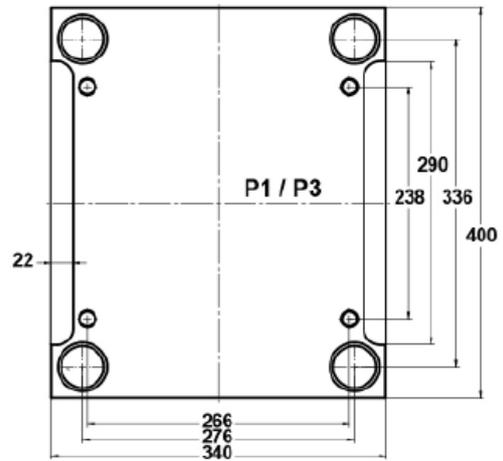


Figura 79: código para placas flotantes

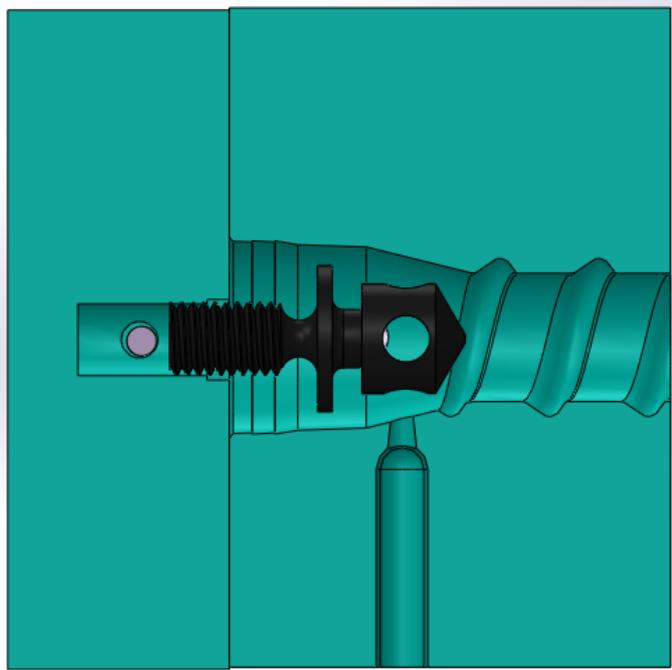


Figura 90: prototipo de diseño en *SOLID WORK*

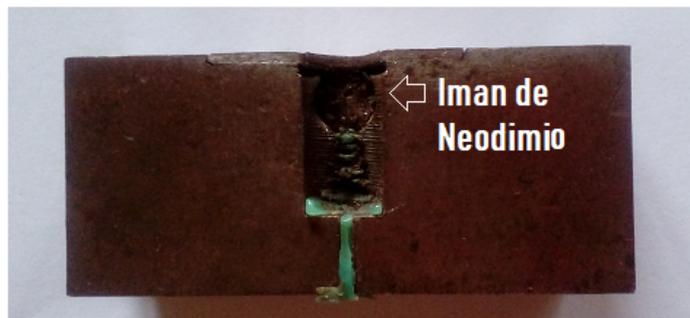


Figura 91: Caja de soporte en lado de expulsión con inclusión del imán



Figura 92: Modelo terminado del sistema de sujeción del inserto con imán

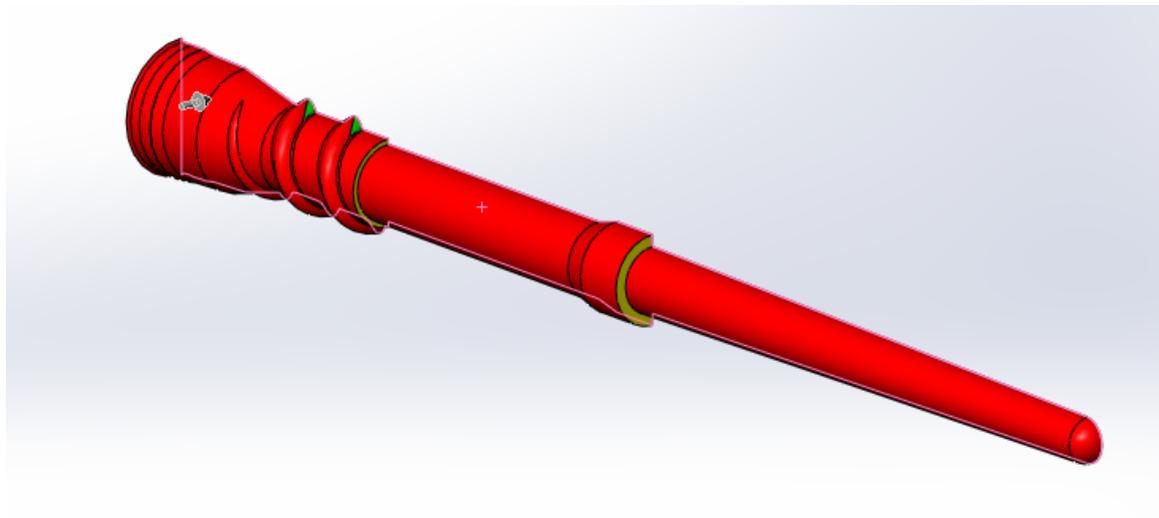


Figura 93: perfil de ángulos vivos de salida, en modelado por **SOLID WORK**

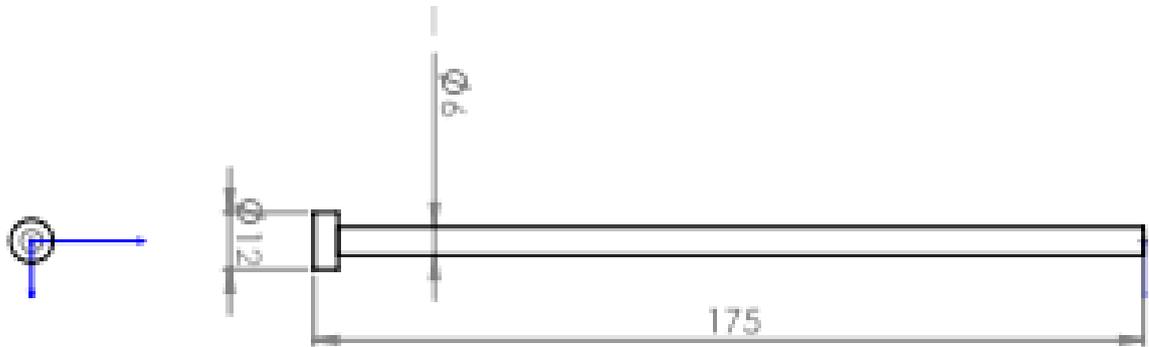


Figura 94: Expulsor de mayor longitud comercial

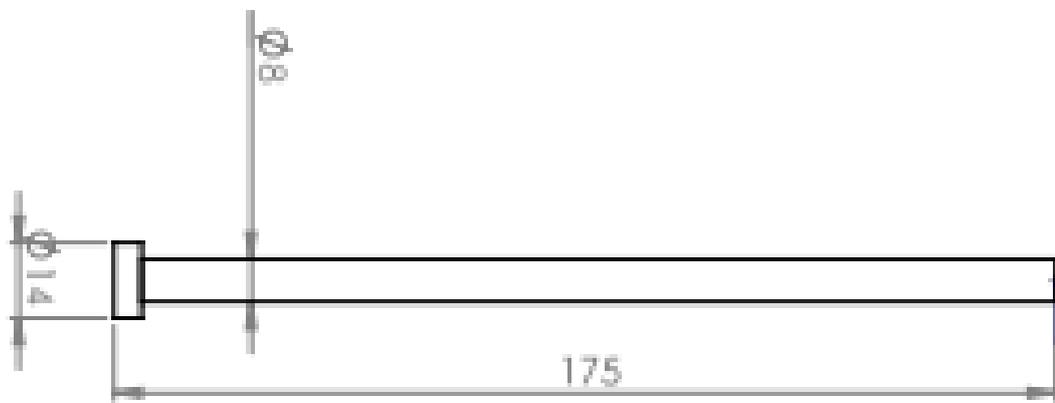


Figura 95: Expulsor de colada comercial

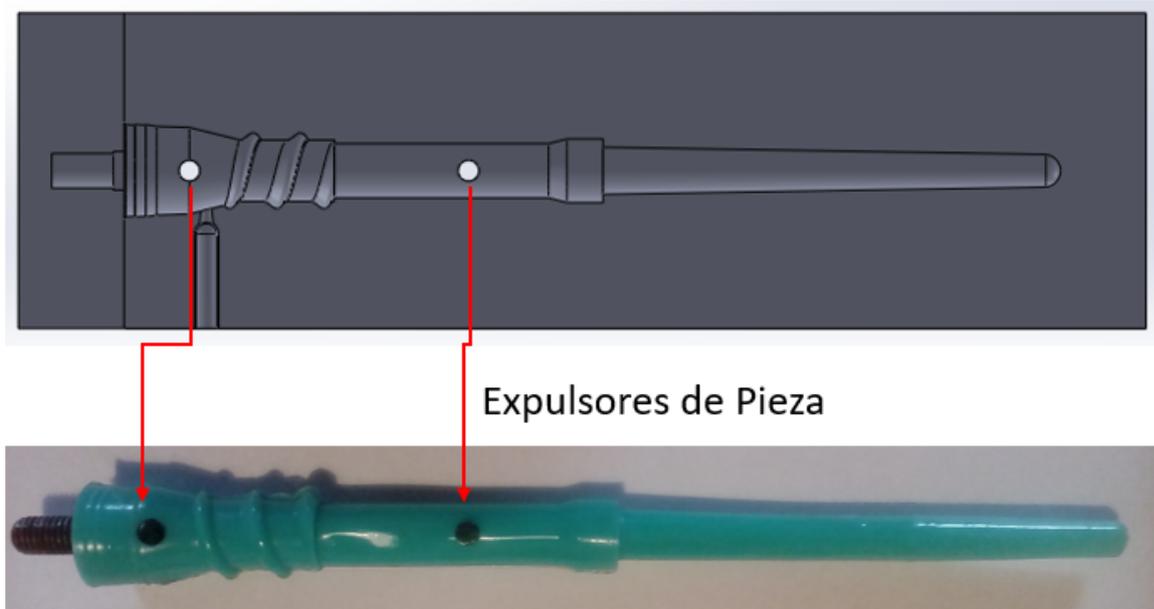


Figura 96: Posición de los Expulsores en la matriz y la pieza



Figura 97: Posición del expulsor del cono de la boquilla

Packing - Volumetric Shrinkage

Moldex3D

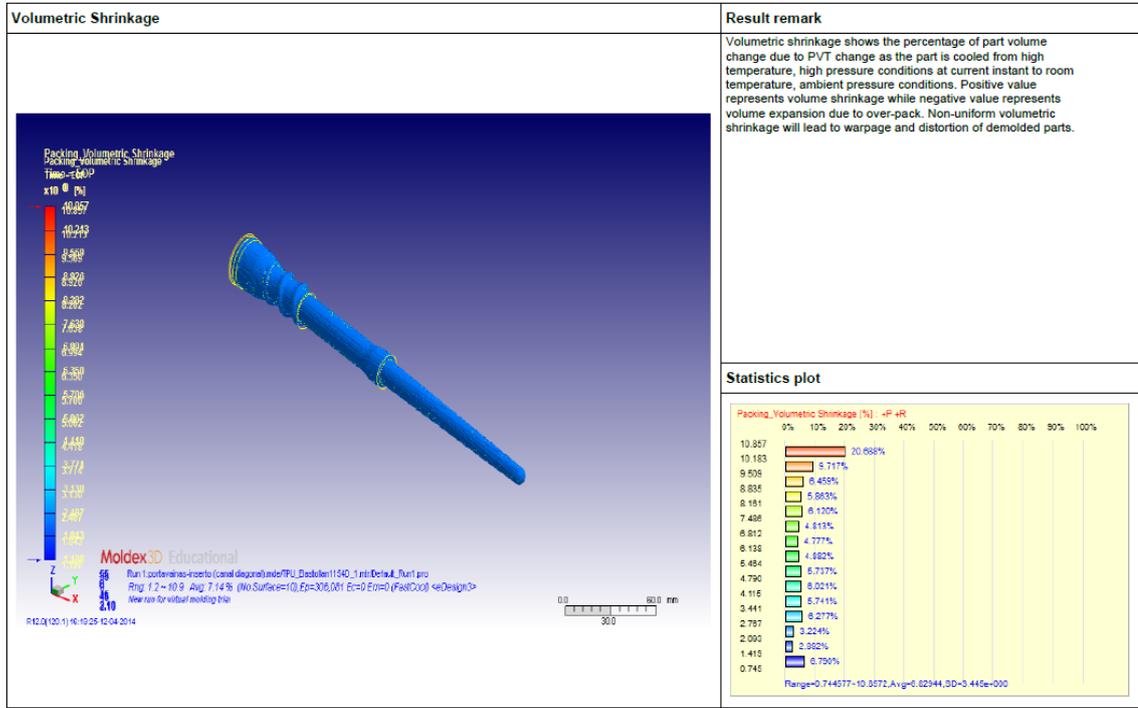


Figura 98: Contracción Volumetrica en Moldex

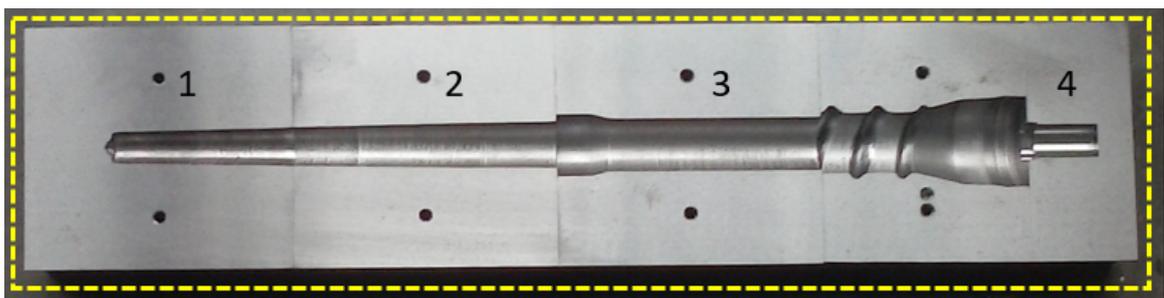


Figura 99: Mecanizado Original



Figura 100: Coordenadas de los perfiles Mecanizado e Inyectado



Figura 101: Grafica de los Perfiles

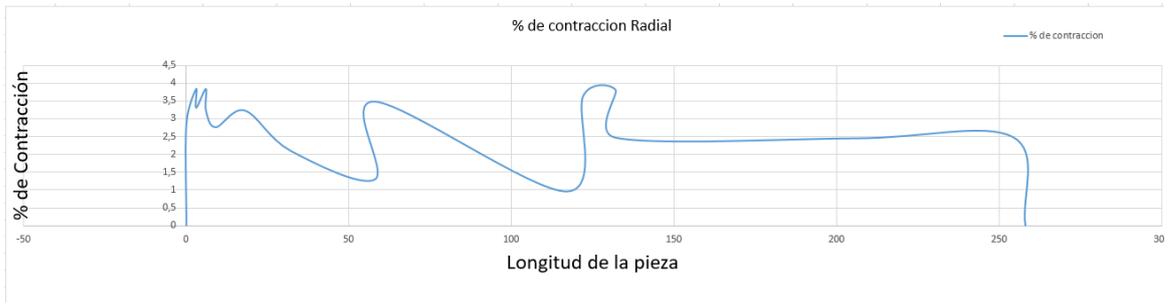


Figura 102: Contracción porcentual radial

Sección	X{mm}	Mecanizado mm	P.V. TPU mm	Diferencia en mm	% de contracción Long.
1		57,6	55,8	1,8	3,1
2		66	65,25	0,75	1,1
3		9,95	9,75	0,2	2,0
4		74,6	72,9	1,7	2,3
5		53,1	52,2	0,9	1,7
Total		261,25	255,9	5,35	2,0



Figura 103: Contracción longitudinal

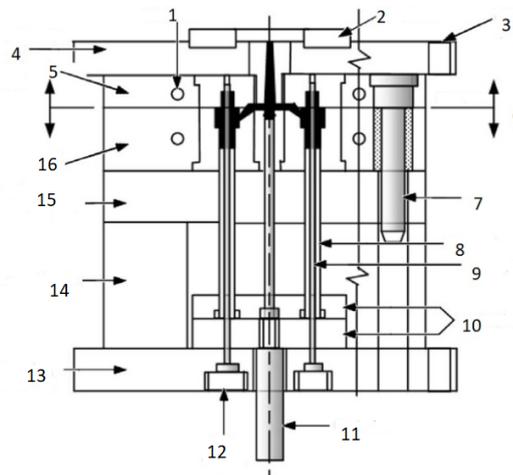


Figura 104: Matriz de dos Placas

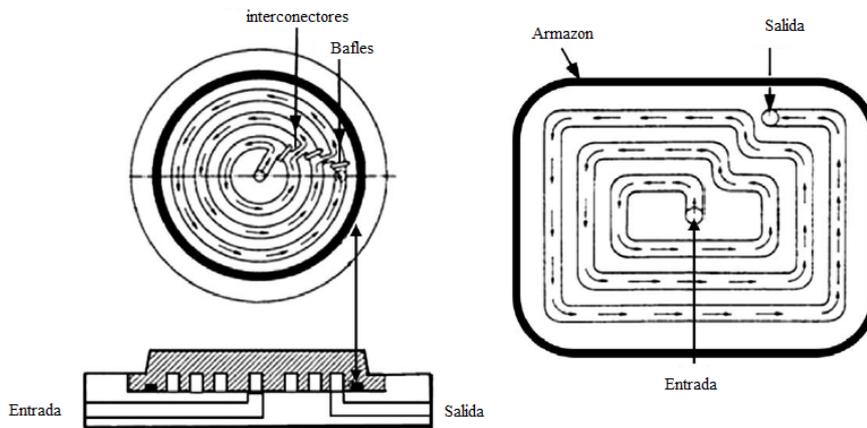
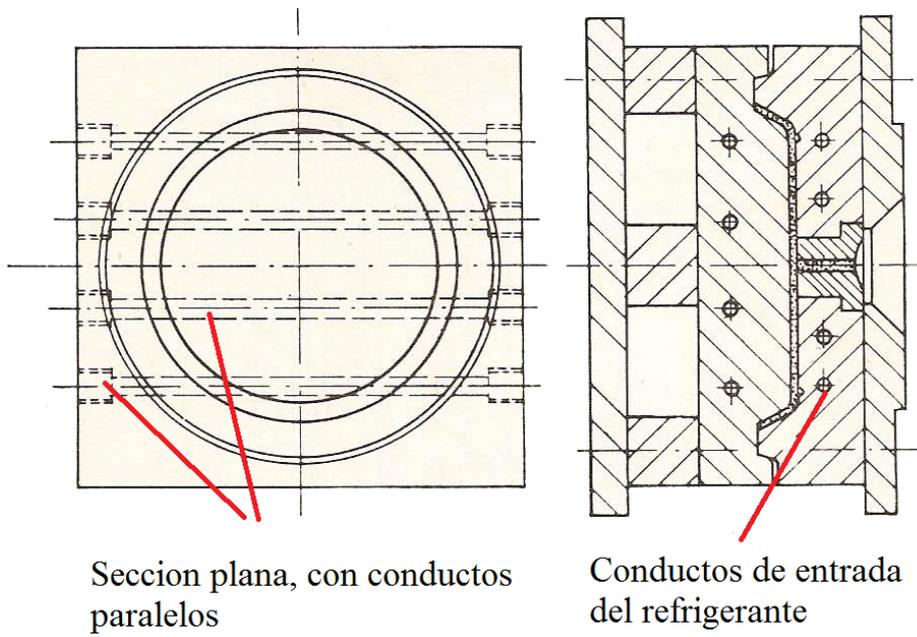


Figura 107: Modelo de conductos internos circulares y rectangulares



Seccion plana, con conductos paralelos

Conductos de entrada del refrigerante

Figura 108: Vista en corte de enfriamiento por agujero pasante

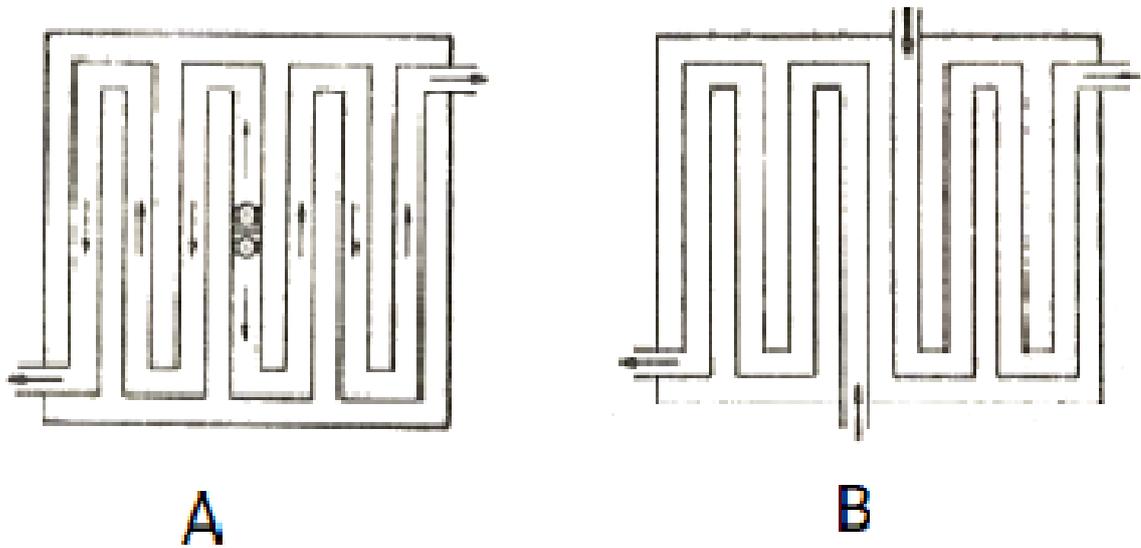


Figura 109: Diagrama de refrigeración Der. Serie y Izq. Paralelo

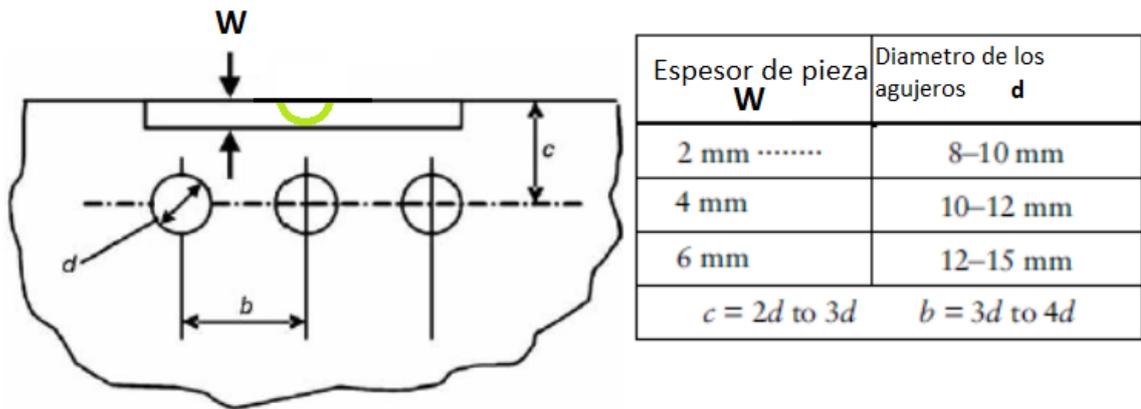


Figura 110: Determinación de la configuración del sistema de enfriamiento

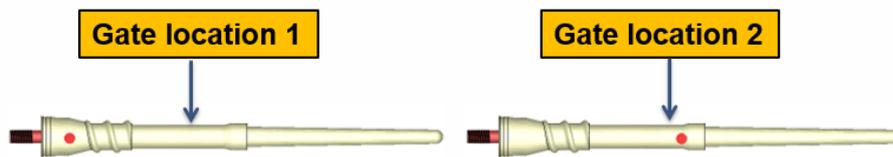


Figura 111: Ubicación del punto de inyección

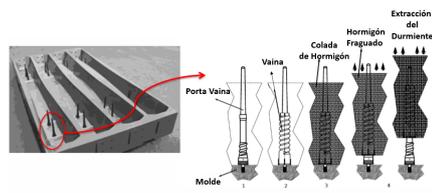


Figura 115: Procedimiento de ajuste y Extracción del Porta Vaina



Figura 120: Placa de Expulsión



Figura 121: Salida de Agua, Sistema en Serie



Figura 122: Entrada de Agua, Sistema en Serie



Figura 123: Placa de Expulsión

PARÁMETROS DE PROCESAMIENTO

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se analizarán las variables asociadas a la inyección y preparación del material virgen al momento del servicio, aspectos que son clave para lograr una metodología de procesamiento y generar así, un producto de calidad.

Los aspectos de trabajo a considerar están determinados en torno a:

- Aspectos del **TPU**,
- Temperatura de las resistencias calefactoras de la inyectora,
- Tiempos del ciclo de inyección.

6.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Como se desarrolló en el cap. 3, el material con el que se fabrican los **PORTA VAINA**, es un polímero termoplástico base Uretano del tipo éster.

Este polímero, es **polar** por ende, higroscópico y presentará humedad retenida por el simple hecho de estar en contacto con el aire ambiente.

En caso de ser procesado sin tratamiento térmico previo, generará discontinuidades en la matriz del material, de modo que puedan al aglomerarse a la temperatura de procesamiento, generan poros que serán concentradores de tensiones e iniciadores de una falla

temprana.

Otra falla común es la inyección de vapor de agua, ocupando tiempo y carrera útil en el proceso de inyección.

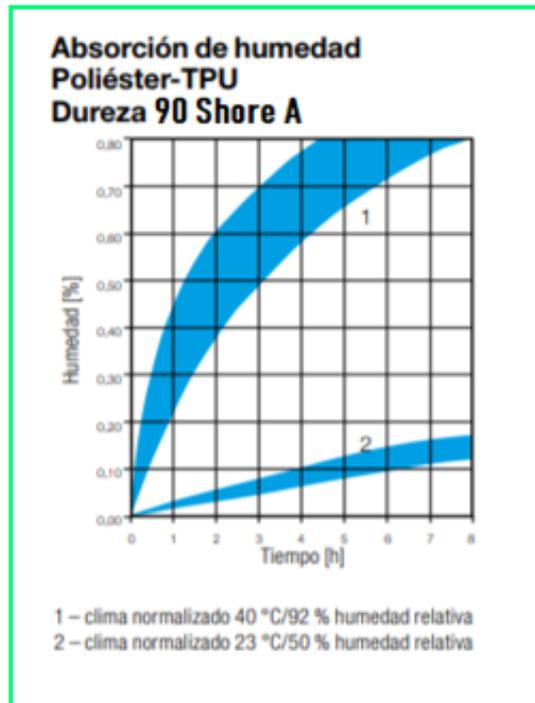


Figura 124: Humedad Relativa Temperatura y Tiempo de exposición

Como se puede observar en la fig.(124) el perfil de humedad retenida aumenta, en relación a la temperatura y el tiempo de exposición.

Estos valores pueden ser tan altos como 5% en peso del total de TPU. Para evitar esto, anterior al proceso de inyección, se debe proceder al secado del mismo como veremos a continuación.

6.2.1 Secado del TPU

Para evitar que el material peletizado entre al cilindro con un alto contenido de humedad, debe necesariamente realizarse un secado previo. Este puede ser en un horno externo o

bien en la tolva siempre que esta sea calefactora con convección forzada.

El exceso de humedad en los pellets provoca dificultades en su transformación y una disminución de la calidad del producto acabado.

El espumado del material plastificado o la formación de burbujas de gas en la masa fundida indica una cantidad de humedad demasiado alta. Para obtener las propiedades óptimas de las piezas acabadas de TPU, **es necesario secar el material antes de su transformación**. El contenido de agua de los Pellets debe encontrarse por debajo de 0,02 %.

Para el secado se optan los usuales secaderos con circulación de aire, secaderos de vacío y secaderos de aire seco. La altura de la capa de Pellets, no debe ser mayor de 4 cm en los secaderos con circulación de aire en bandejas.

En secaderos de aire tipo tolva se puede utilizar en toda su capacidad. Después del secado se ha de almacenar los pellets en recipientes secos y cerrados. Al utilizar concentrados de color como Master Bach se ha de tener en cuenta que estos también deben estar secos ya que es base Uretano.

La preparación de la mezcla que se va utilizar se realiza convenientemente antes del proceso de secado. Con ello se garantiza que todo el material este seco antes de su transformación.

En la Fig. (125) se muestra lo que se recomienda para la obtención de una matriz continua de TPU una vez este inyectado.

En relación a lo expuesto, es que optamos hacer un secado previo en horno eléctrico, con convección forzada **105 °C, por 150 min.**

6.2.2 *tratamiento Post-Inyección*

Como se enunció en la introducción a este apartado, las propiedades mecánicas de este polímero, varían conforme diferentes variables. Las más significativas son las asociadas a los procesos de estabilización post-inyección, donde las cadenas poliméricas aun con una

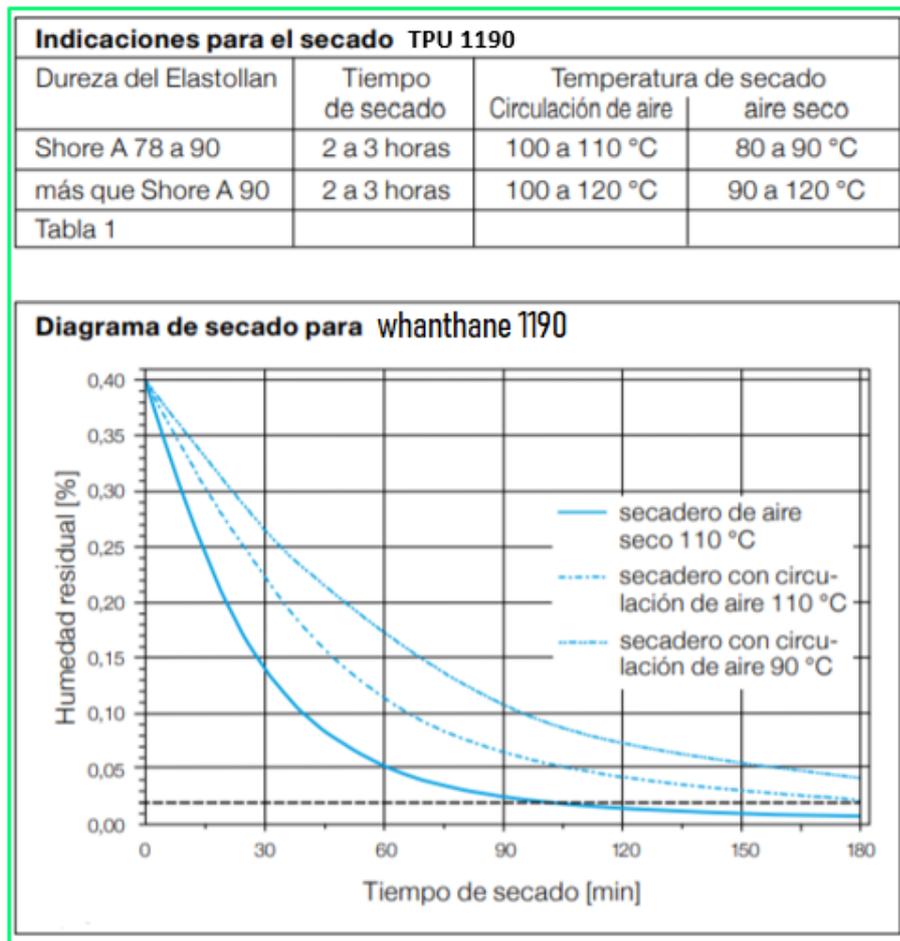


Figura 125: Tiempo y Temperatura de secado

cinética determinada y en función a la temperatura, se modifican estructuralmente para dar una configuración más o menos apropiada.

Las piezas de TPU alcanzan muy buenas propiedades mecánicas solo después de un almacenamiento de **varias semanas a temperatura ambiente**.

Para alcanzar las óptimas propiedades es necesario un templado de las piezas acabadas. Este tratamiento térmico se puede realizar en hornos con circulación de aire. ([1])

Las piezas con poca estabilidad dimensional se han de almacenar durante el templado de tal forma que no se deformen.

Influencia del templado sobre las propiedades Mecánicas						
Propiedades	Unidad	DIN	Templado 20 h 100 °C	No templado 20 h 23 °C	No templado 7 d 23 °C	No templado 35 d 23 °C
TPU 1190 A 55						
Dureza	Shore A	53505	90	89	91	91
Resistencia a la rotura	MPa	53504	48	43	45	46
Alargamiento a la rotura	%	53504	550	560	530	500
Resistencia al crecimiento de desgarre	N/mm	53515	85	74	73	79
Perdida por abrasión	mm ³	53516	19	48	34	27
Deformación permanente por compresión a 70 °C	%	53517	36	70	65	65

Figura 126: Modificaciones de las propiedades con el **Temple**

6.3 TEMPERATURA DE LAS RESISTENCIAS CALEFACTORAS

La exacta y uniforme temperatura en el cilindro calefactor y en la boquilla, ver Fig.(163) es importante para una elaboración satisfactoria de piezas con un alto nivel de calidad. La temperatura debe aumentar en unos 10 – 20 °C de la zona de alimentación a la zona de descarga. La temperatura de la boquilla se ha de ajustar a la temperatura propia de la inyección.

Dado que la masa fundida de TPU es sensible al cizallamiento, las altas revoluciones del husillo pueden influenciar las propiedades del producto. Por lo que las revoluciones del



Figura 127: Cambio en la Dureza, con los días de acopio

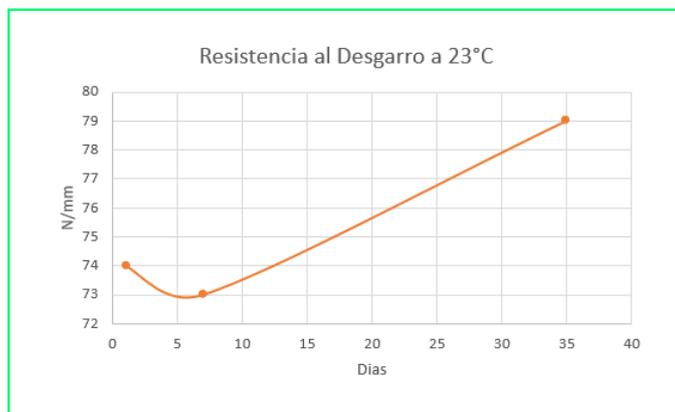


Figura 128: Cambio en la Resistencia al desgarre, con los días de acopio

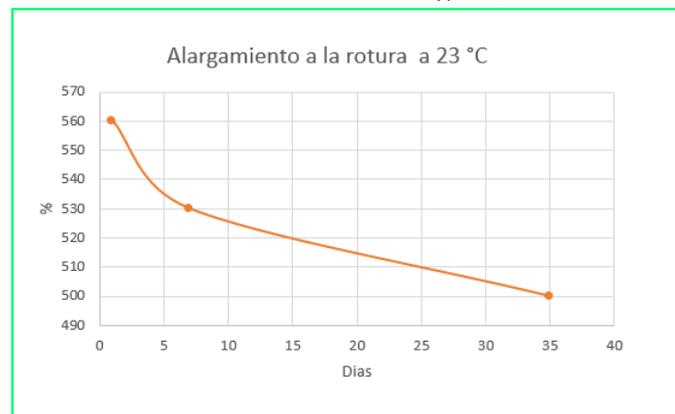


Figura 129: Alargamiento % a la Rotura, con los días de acopio

husillo estarán en dependencia de su diámetro.

En largos intervalos de parada de la máquina el material que queda en el cilindro puede dañarse térmicamente, por esto se aconseja siempre purgar la inyectora antes de comenzar nuevamente la producción.

En la Fig. (130) se disponen las temperaturas de set que el fabricante del TPU recomienda para el procesamiento y que se respetaron al momento de inyectar.

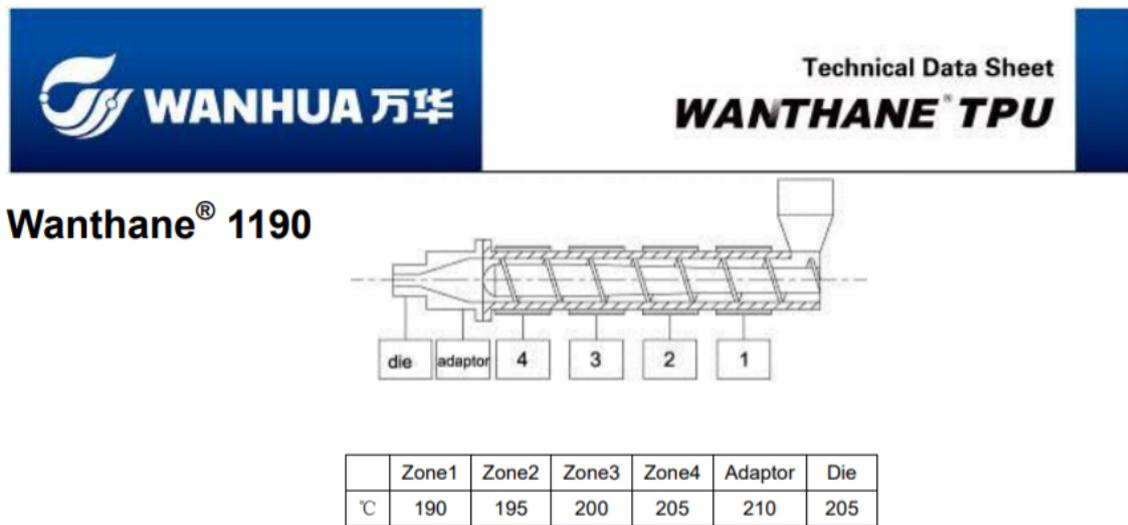


Figura 130: Temperatura de procesamiento TPU

Con respecto a la velocidad de rotación del husillo, se debe mantener una relación entre diámetro y R.P.M., es decir en su Velocidad tangencial, jamás debe superar los $0.2 \frac{m}{s}$, ver fig. (131)

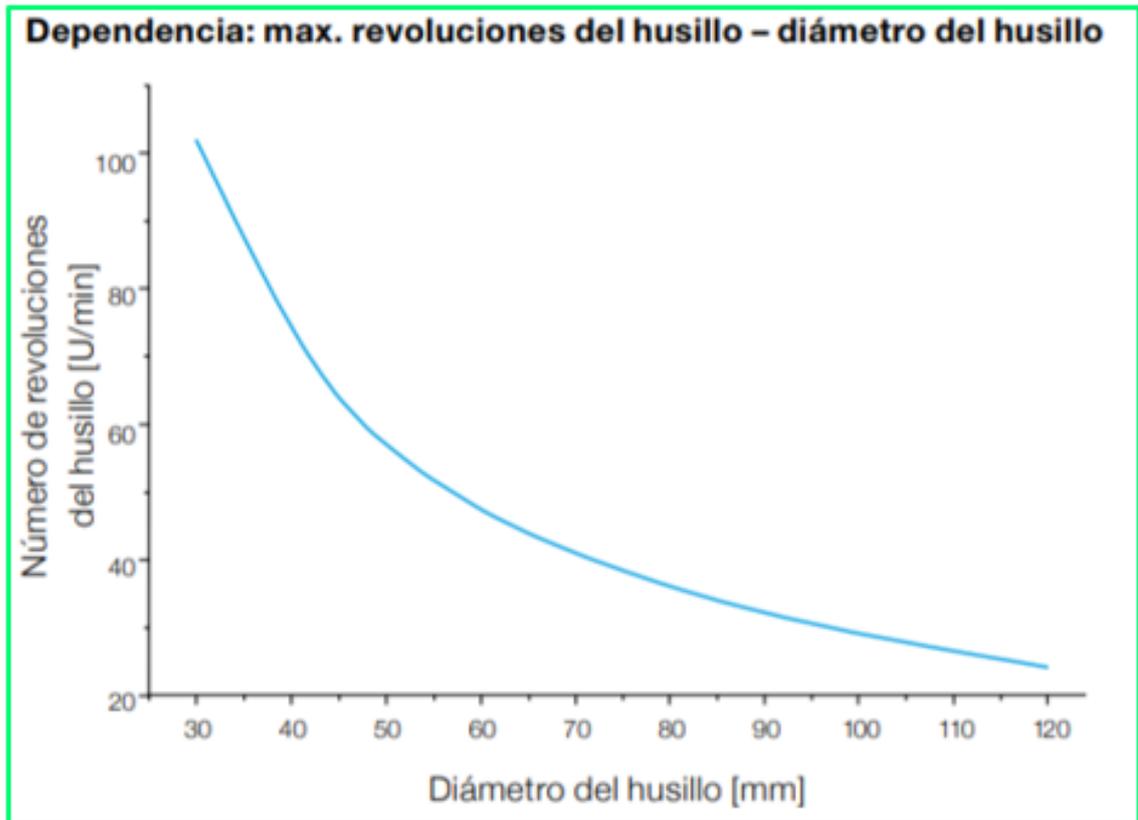


Figura 131: Revoluciones en función al Diámetro para el TPU

ANÁLISIS DE COSTOS Y DEL ECOSISTEMA EMPRENDEDOR

7.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se evaluarán aspectos asociados al ecosistema emprendedor.

Se realizará un análisis completo del impacto de los costos de inversión para establecer luego el precio estimado de venta en función a la demanda.

Por otro lado, y desde un enfoque integral, se analizará mediante estrategias de abordaje y análisis la matriz social y económica vinculante, para identificar objetivos particulares y el verdadero sentido del emprendimiento.

7.1.1 Costos

7.1.1.1 Definición y alcance

Un proceso de fabricación hace referencia a una serie de actividades y operaciones interrelacionadas que involucran el diseño, la selección de materiales, la planificación, la producción y el aseguramiento de la calidad de los productos.

Conocer los costos involucrados en un proceso de manufactura es de vital importancia para cualquier emprendimiento debido a que es un criterio importante a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones. Estas pueden tener implicaciones prácticas como influir directamente en el costo del producto final.

Determinar detalladamente de costos de producción es un proceso extenso al que se enfrentan los emprendedores y que constituyen una oportunidad de mejora, debido a que si se conocen de forma detallada todos los costos presentes en el proceso se pueden

crear estrategias que permitan reducirlos y así ser más competitivos y atractivos para el mercado objetivo.

La identificación de costos de manufactura forma parte esencial de la realización de este proyecto por lo que se define a continuación el concepto de costo y los elementos que lo forman.

El costo se define como todo valor que debe ser utilizado para adquirir bienes o servicios, este valor se expresa en pesos, dólares, o cualquier tipo de moneda. En el caso de este proyecto se tomará en cuenta todo valor sacrificado para fabricar un Porta Vaina según el diseño establecido. [21].

La identificación de costos parte del conocimiento de la naturaleza de cada tipo de costo. En un proceso de manufactura se destacan los costos de materiales directos que son aquellos que se usan como parte básica para realizar un producto, es decir forman parte primordial de la estructura del producto terminado, estos materiales son fácilmente identificables y son los de mayor importancia debido a que sus características representan las del producto terminado. Los materiales directos están conformados por **“una amplia variedad de materiales que pueden ser necesarios para elaborar un producto o prestar un servicio”**, también se define como **“aquellos materiales que forman parte integral del producto o servicio y que pueden identificarse de manera adecuada en el mismo”**.

Para efecto de este proyecto en donde se está analizando el proceso de fabricación de Porta-Vainas, los materiales directos están constituidos por el material base (TPU), inserto metálico y el Master Bach.

También en los procesos de manufactura se encuentran costos de mano de obra directa los cuales son todos los esfuerzos laborales que se relacionen directamente con elaboración del producto. Los costos relacionados con la mano de obra directa se definen como **aquellos costos laborales que pueden ser físicamente asignados a la producción de bienes y servicios y pueden ser seguidos sin costos o dificultades adicionales**. En este proyecto, se refieren a los trabajos de inyección, los cuales serán cargados como servicio ya que serán tercerizados.

Partiendo de la idea anterior la primera categoría son los costos fijos (Fig(132)). Son aquellos **“que permanecen constantes en su monto total, independientemente de los cambios en el nivel de actividad”**. Por ejemplo, si el número de ventas disminuye o aumenta, estos costos permanecen constantes.

La segunda categoría son los costos definidos como variables, los cuales se caracterizan por representarse como un costo fijo si se expresa en una base por unidad (\$/unidad) Fig(132).

A continuación, se detallan los costos involucrados según la clasificación que se mencionó con anterioridad.

COSTOS VARIABLES	COSTOS FIJOS
Costo de materia prima	Costo de Dirección y Administración
Costo de envases	Costo de Investigación y Desarrollo
Costo de mano de obra	Costos de inversión:
Costo de supervisión	Costo de depreciación
Costo de servicios	Costo de impuestos
Costos de suministros	Costo de seguros
Costo de mantenimiento	Costo de financiación
Costos de laboratorios	
Costo de regalías y patentes	
Costo de Ventas y Distribución	

Figura 132: Componentes de los costos Fijos y Variables

A continuación, vemos el cuadro con el detalle por costo ya sea fijo o variable, y las unidades involucrados, los mismos se detallan en pesos por unidad ver fig.(133 y 134)

En la figura (135) podemos ver la incidencia porcentual de los costos donde el servicio de inyección y el costo de materia prima son los costos más significativos o de mayor impacto sobre el costo total.

COSTOS FIJOS \$/año		
Costo de depreciación		\$ 80.000,00
Costo de impuestos	Arba	\$ 60.000,00
	Monotributo categoria K	\$ 116.858,64
Costo de seguros		\$ 18.000,00
Total de costos Fijos =		\$ 274.858,64

Figura 133: Componentes de los costos Fijos

COSTOS VARIABLES \$/UNIDAD		
Costo de materia prima		
	TPU	\$ 19,81
	MASTER BACH	\$ 1,98
	INSERTO	\$ 55,56
Costo de envases	EMPAQUE	\$ 0,10
Costo de mano de obra directa	OPERARIOS	\$ 10
Costo de servicios	INYECCION	\$ 30,00
	ENERGIA	\$ 1,00
Costos de suministros	CAJA	\$ 0,10
Costo de mantenimiento		\$ 0,33
Costo de Ventas y Distribución		\$ 1,00
Total de costos Variables =		\$ 118,88

Figura 134: Componentes de los costos Variables

7.1.2 Inversión Inicial

La inversión inicial es la cantidad de dinero necesaria para poner un proyecto en operación.

Se detalla en el siguiente cuadro el conjunto de factores que determinan la inversión inicial. Ver fig(136)



Figura 135: Impacto porcentual de los costos en el producto Final

Adquisición	Detalle	Valores en Pesos Argentinos	Tipo	Cantidad mínima de Compra	Detalle Por Unidad	Detalle de Costos de inversión inicial
Porta molde		\$ 86.597,94	1 uni	1 uni		\$ 86.597,94
Diseño de matriz		\$ 50.000,00	1 uni	1 uni		\$ 50.000,00
Impresión 3D		\$ 2.474,23	1 uni	1 uni		\$ 2.474,23
Mecanizado		\$ 65.979,38	1 uni	1 uni		\$ 65.979,38
Preinyección de prueba		\$ 10.000,00	100 uni	100 uni		\$ 10.000,00
Insumos Para pruebas						
	TPU	\$ 64.000,00	50kg	50kg	55gr	\$ 14,08
	Tornillos	\$ 12.886,60	250 uni	250 Uni	250	\$ 51,55
	Servicio de inyección	\$ 33.000,00	1100 Uni	1100 Uni	1 uni	\$ 30,00
	Master Bach	\$ 2.828,87	1kg	1kg	2gr	\$ 5,66
					CVariable de Insumos para producir la primer unidad	\$ 101,28
Inyección de prueba	Porta Vainas	\$ 101,28	100 uni	100 uni		\$ 10.128,41
Herramental						
	Broca de 14mm x 270mm	\$ 2.061,86	1 uni	1 uni		\$ 2.061,86
	Macho 14mm	\$ 1.443,30	1 uni	1 uni		\$ 1.443,30
	mangueras y boquillas	\$ 250,00	1 uni	1 uni		\$ 250,00
Otros						
	Fletes	\$ 1.500,00				\$ 1.500,00
	Envíos	\$ 1.000,00				\$ 1.000,00
Imprevistos		\$ 6.000,00				\$ 6.000,00
Insumos para producir la primera entrega hasta el cobro	1000 Unidades	\$ 101.284,12	1000 uni	1000 uni		\$ 101.284,12
	TOTAL DE INVERSION					\$ 328.590,82
	Total de inversión IVA incluido					\$ 397.594,90

Figura 136: Inversión Inicial

7.1.2.1 *Determinación del punto de equilibrio, Análisis de la competencia.*

Para determinar el precio de venta y el costo total, es necesario estimar la demanda esperada, así como también el precio de venta de los competidores. En la tabla siguiente Ver Fig. (137) se muestran los fabricantes de durmientes y las cantidades proyectadas al 2020, son cantidades contratadas y firmadas bajo licitación abierta.

Empresa	Dirección	Contacto	Produccion esperada al 2019	Porta vainas consumidos en promedio para la producción estimada
Astori	Piero Astori 1500 Barrio Palma, Ciudad de Cordoba	Jefe de Planta	500000	6667
Prear	Ex ruta 9 km. 154 (2944) Rio Tala. Buenos Aires	Jefe de compras	2000000	26667
Herso	Reservistas Argentinos 101. Ciudad de Buenos Aires	Gerente	1500000	20000
Premoldeados	Ruta Panamericana 28412. Don Torcuato. Buenos Aires	Gerente	2000000	26667
Zonis	Tte. Gral J.D. Perón 1628, C1037ACF CABA	Gerente	1000000	13333
DHASA	Ruta 2, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina	Gerente	2000000	26667
			Total de porta vainas = 120000 unidades/año	

Figura 137: Tabla de demanda esperada, según obras al 2020

La información que se expone en la fig.(137), resulta de la devolución que se hiciera por parte de las empresas involucradas con las cuales hay un vínculo directo, si bien desde el desarrollo de este proyecto a la fecha, las decisiones políticas en el marco de la

demanda han modificado este número es de esperar que los volúmenes solicitados sean manufacturados por las empresas conforme se detalla.

Para determinar el punto de equilibrio en función a la demanda esperada de Porta Vainas, se consideró una vida de 75 durmientes fabricados hasta la rotura del Porta-vainas.

El diseño de este proyecto busca captar el 100% del mercado Nacional en el mediano Plazo.

$$\text{Total}_{100\% \text{ del mercado nacional}} = 1.200.000 \frac{\text{uni}}{\text{año}} \quad (5)$$

Hasta la llegada de este proyecto de trabajo, las empresas mencionadas en la Fig (137), adquirirían los Porta Vainas a la empresa FT-TEC (<http://www.ft-tec.com/>), radicada en Australia Österreich.

Para establecer el precio de venta debemos saber el costo de un producto semejante por el proveedor principal.

Por lo tanto, se solicitó el precio a esta empresa y se determinó el valor en pesos argentinos que las empresas deberían abonar para adquirir su producto.

En la fig.(138) se estima el precio de compra según los códigos impositivos y aduaneros que se le imparten a este producto.

El precio de compra de las empresas que eligen el producto importado, es en pesos argentinos según la cotización (20/1/2019) de **\$417,78 pesos Argentinos por unidad.**

Esta información evidencia un dato fundamental, siendo el precio de venta un aspecto competitivo para insertarse en el mercado ya que es un determinante de la cantidad demandada de un producto.

Estableceremos un precio de venta que permita, la rentabilidad del proyecto y que a la vez permita la inserción rápida en el mercado.

Para determinar el punto de equilibrio, utilizaremos como precio de venta el que provee la competencia, **FT-TEC**

Costos asociados a la importación de Porta Vainas de la firma FT-TEC			
EXW	\$ 4,25	euros	En puerta de fábrica
FCA	\$ 4,30	euros	En puerto
FOB	\$ 5,10	euros	En transporte con impuestos y cargos de manipulación
Flete	\$ 1,03	euros	
CFR	\$ 6,13	euros	En puerto destino
CIF	\$ 6,19	euros	En puerto destino + seguro
Derechos de importación 0 %	\$ 6,19		
Tasa de estadística 0,5%	\$ 6,50		
TOTAL	\$ 6,50	\$ 6,50	
IVA 21%	\$ 1,36		
IVA adicional 20%	\$ 1,30		
Ganancias 6%	\$ 0,39		
Ingresos brutos 3%	\$ 0,19		
Cargo total sobre CIF	\$ 3,25	\$ 3,25	
Euros	\$ 9,75		
u\$s	\$ 11,11		

Figura 138: Costos del Porta-Vaina Marca FT-TEC

1. Dowel Holder	\$/Unidad 417,78
-----------------	------------------

Figura 139: Precio de venta de la competencia en pesos

$$P_e = \frac{C_{f_{total}}}{PV - CV_{unitario}} = 921 \left(\frac{\text{uni}}{\text{año}} \right) \quad (6)$$

Este resultado muestra que, para mantener el emprendimiento activo, sin utilidades y a la vez pagando los costos asociados, debemos producir **921 (uni/año)**. Por encima de este valor obtendremos una ganancia.

7.1.2.2 Estimación del precio de venta

Para determinar el nuevo punto de equilibrio, ahora en función del precio de venta de nuestro producto nacional, partiremos de considerar un segmento de mercado satisfactorio, para ello utilizaremos la demanda base, establecida por la empresa DHASA UTE, la cual demanda de por sí el 10 % del mercado.

En la figura (140) se puede ver el comportamiento de los costos, donde el costo variable es constante por unidad, y a la vez el costo fijo, varía con la cantidad demandada

Total consumido en Argentina 120000 Unidades/año				
Segmento de mercado	Unidades	Costos Variables \$/uni	Costos Fijos \$/uni	Costos totales \$/uni
100%	120000	\$ 118,88	\$ 2,29	\$ 121,17
90%	108000	\$ 118,88	\$ 2,54	\$ 121,42
80%	96000	\$ 118,88	\$ 2,86	\$ 121,74
70%	84000	\$ 118,88	\$ 3,27	\$ 122,15
60%	72000	\$ 118,88	\$ 3,82	\$ 122,70
50%	60000	\$ 118,88	\$ 4,58	\$ 123,46
40%	48000	\$ 118,88	\$ 5,73	\$ 124,61
30%	36000	\$ 118,88	\$ 7,63	\$ 126,51
20%	24000	\$ 118,88	\$ 11,45	\$ 130,33
10%	12000	\$ 118,88	\$ 22,90	\$ 141,78
5%	6000	\$ 118,88	\$ 45,81	\$ 164,69
3%	3600	\$ 118,88	\$ 76,35	\$ 195,23
2%	2400	\$ 118,88	\$ 114,52	\$ 233,40
1%	1200	\$ 118,88	\$ 229,05	\$ 347,93

Figura 140: Estimación de Costos totales en relación al segmento de mercado

En relación al costo total del producto y reconociendo el precio de la competencia, determinamos un precio que maximiza la rentabilidad a corto plazo, y es competitivo frente a su análogo importado.

Con este Precio de venta, podemos determinar un nuevo punto de equilibrio.

Total consumido en Argentina 120000 Unidades/año					
Segmento de mercado	Unidades	Costos Variables \$/uni	Costos Fijos \$/uni	Costos totales \$/uni	P. de Venta
10%	12000	\$ 118,88	\$ 22,90	\$ 141,78	\$ 304,84

Figura 141: Costos Totales y Precio de Venta

$$Pe = \frac{Cf_{total}}{PV - CV_{unitario}} = 1478 \left(\frac{\text{uni}}{\text{año}} \right) \quad (7)$$

De este cálculo se desprende que el punto de equilibrio para nuestro emprendimiento, se registra en **1478** Unidades/año.

En la Figura (142) observamos el punto de equilibrio gráfico, y se destacan dos zonas, la de Ganancia y pérdida.

Podemos ver que la de ganancia se da a partir de las 1478 unidades, un numero relativamente bajo. Esto se debe a querer recuperar rápidamente la inversión inicial, ya que de este modo se minimizan las amenazas externas Ver Fig. (145)

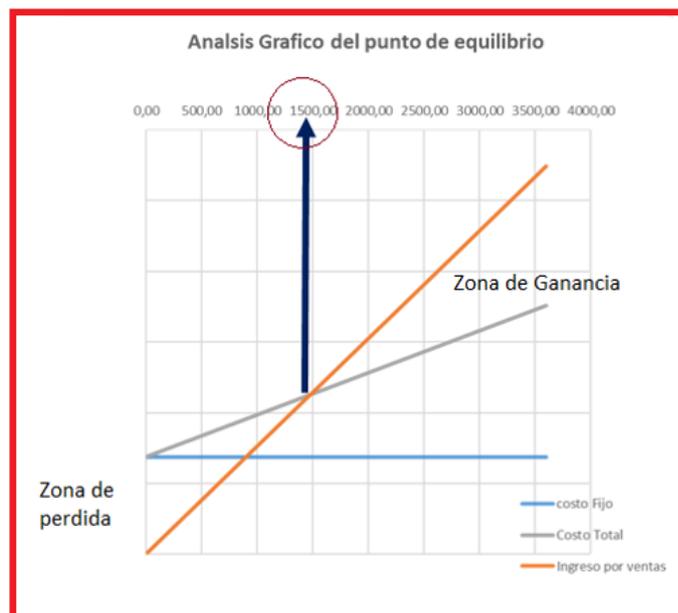


Figura 142: Punto de equilibrio y zona de rentabilidad

Beneficio proyectado al 10 % del Mercado Proyectado.

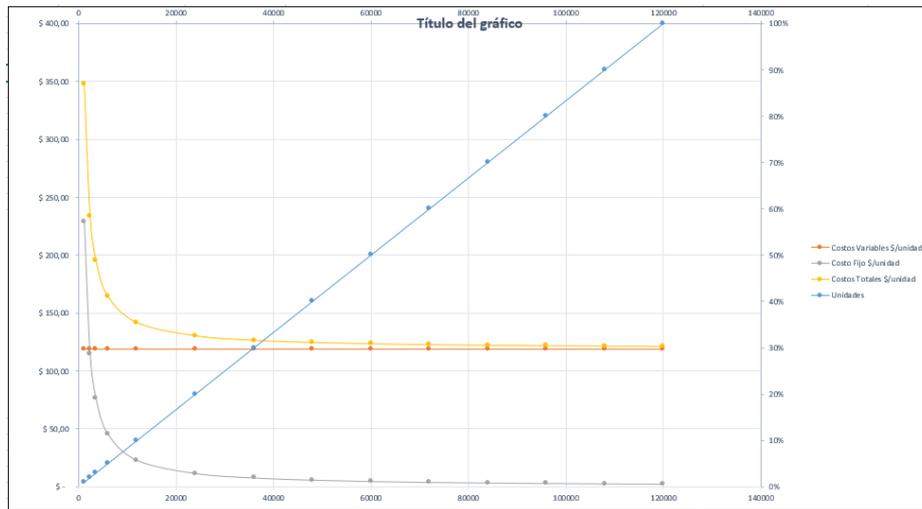


Figura 143: Costos en función a las unidades producidas y porcentaje del mercado

$$\text{BNAI} = \text{Ventas} - [\text{costostotales}_{\text{sindepreciación}} + \text{Depreciación}_{\text{linearecta}}] \quad (8)$$

$$\text{BNAI} = 1.956.631,44 \frac{\$}{\text{año}}$$

7.2 ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA EMPRENDEDOR

7.2.1 CANVAS

Con el auge de las pequeñas y medianas empresas, establecer un Plan de negocio se ha convertido en un instrumento fundamental a la hora de plantear las iniciativas de innovación y creación de un nuevo emprendimiento.

Cuando un emprendedor se plantea una idea por primera vez, no siempre visualiza claramente la forma de hacerlo tangible, de encontrarlo rentable ya sea en el corto, mediano o en el largo plazo, de saber cuánto dinero requiere para iniciar su idea, de donde obtendrá ese dinero y sobre todo a quienes debe dirigir su innovación.

Ahí surge la necesidad de establecer una forma de proceder, de emplear una metodología, un modelo, es decir un Plan de Negocios. Pero los diferentes modelos de negocio existentes no siempre representan las soluciones ideales para una propuesta empresarial. Es pertinente evaluar nuevas metodologías como la que propone Alexander Osterwalder y se conoce como Modelo Canvas. [15]

El Modelo Canvas, fue creado con el fin de establecer una relación lógica entre cada uno de los componentes de la organización y todos los factores que influyen para que tenga o no éxito. A través de un "**lienzo**" se detalla desde la idea de negocios, hasta los diferentes factores que influirán en ella al momento de ponerla en marcha.

El fundamento de este modelo es básicamente probar que es una idea eficaz y mediante el establecimiento de todas las características determinar que, si no hay material sustentado para rellenar el diagrama, la idea pierde factibilidad.

Busca agregar valor a las ideas de negocio y validar un proyecto de negocio, a través de una herramienta sencilla que se pueda implementar para la pequeña, mediana y gran empresa Ver Fig.(144)

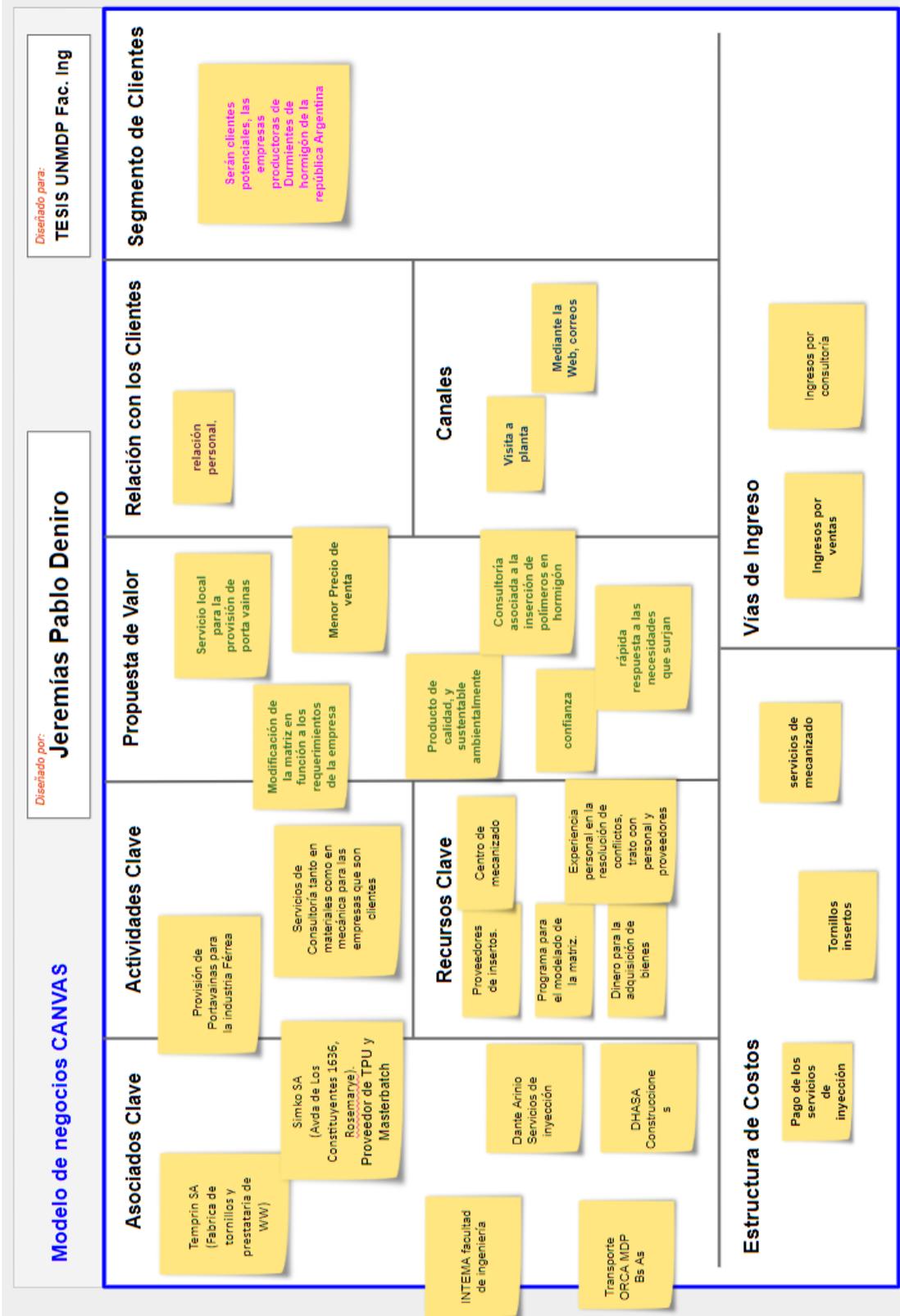


Figura 144: Lienzo CANVAS

7.2.2 FODA

Se realiza el análisis FODA con el objetivo de conformar un cuadro de la situación actual del emprendimiento y con ello establecer una serie de medidas en la toma de decisión. Es fundamental considerar esta estrategia para el análisis de situación como una herramienta de análisis crítico, que se realice de manera iterativa.

FODA			
Negativas		Positivas	
Debilidades	Pond	Fortalezas	Pond
Falta de conocimiento en cuanto a estrategias de venta	5	El equipo emprendedor	5
Estructura de trabajo desorganizada	1	Buena comunicación tanto interna como externa	4
No lograr concretar nuevos proveedores	4	Habilidades para solucionar problemas	3
Falta de financiación o cantidad de dinero suficiente	1	Conocimiento integral del área de la ingeniería para el desarrollo del producto	4
No es claro el objetivo a largo plazo del emprendimiento	4	Tener contactos para hacer consultas	4
Trabajamos con un único producto	3	Ser estudiante y estar vinculado con la facultad de ingeniería	3
	0	Poder adaptar el producto al molde del cliente	3
Oportunidades	Pond	Amenazas	Pond
Producción nacional frente a su análogo importado	5	Condiciones políticas	5
No hay profesionales que puedan desarrollar este producto de calidad en Argentina.	4	Productos importados	5
Es un producto que no necesita homologación ya que es un accesorio de maquina	2	problemas con proveedores	2
Es mas económico producirlo en Argentina que en Alemania o en Austria	4	Falta de pago	2
	0	Cese de actividades de las empresas que producen Durmientes	5

Figura 145: Matriz FODA

7.2.2.1 Estrategias

Una vez efectuada la matriz **FODA** con su listado de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas correspondientes (ver fig.145), la siguiente etapa es realizar una matriz que se deriva de la anterior: la denominada matriz de acciones.

Desarrollando cuatro tipos de estrategias:

FO Se aplican a las fuerzas internas del emprendimiento para aprovechar la ventaja de las oportunidades externas.

DO Pretenden superar las debilidades internas aprovechando las oportunidades externas.

FA Aprovechan las fuerzas del emprendimiento para evitar o disminuir las repercusiones de las amenazas externas.

DA Son tácticas defensivas que pretenden disminuir las debilidades internas y evitar las amenazas del entorno.

Estrategía DA (Debilidades/Amenazas)

Debilidades	Pond	Amenazas	Pond
Falta de conocimiento en cuanto a estrategias de venta	5	Condiciones políticas	5
Estructura de trabajo desorganizada	1	Productos importados	5
No lograr concretar nuevos proveedores	4	problemas con proveedores	2
Falta de financiación o cantidad de dinero suficiente	1	Falta de pago	2
No es claro el objetivo a largo plazo del emprendimiento	4	Cese de actividades de las empresas que producen Durmientes	5
Trabajamos con un único producto	3		0
	0		0

Estrategias DA	Responsable	Pond
Sumar un integrante contable con experiencia en ventas, que pueda interiorizarse en aspectos asociados a la importación.		
Para minimizar el riesgo de perder proveedores considerar el importar el material <u>polimérico</u>		
buscar en lo inmediato nuevos productos que requieran baja inversión y tecnología de desarrollo		

Figura 146: Matriz DA

De la propuesta anterior pueden realizarse interesantes observaciones las cuales se exponen al pie de cada imagen.

El cuadrante de estrategias **FO**, es el más fuerte, ya que como emprendimiento integramos las fortalezas y las oportunidades con las que contamos, y el cuadrante más débil **FA**, que combina las debilidades y las amenazas que enfrenta la organización.

Estrategía DO (Debilidades/Oportunidades)

Debilidades	Pond	Oportunidades	Pond
Falta de conocimiento en cuanto a estrategias de venta	5	Producción nacional frente a su análogo importado	5
Estructura de trabajo desorganizada	1	No hay profesionales que puedan desarrollar este producto de calidad en argentina.	4
No lograr concretar nuevos proveedores	4	Es un producto que no necesita homologación ya que es un accesorio de maquina	2
Falta de financiación o cantidad de dinero suficiente	1	Es mas económico producirlo en argentina que en Alemania o en Austria	4
No es claro el objetivo a largo plazo del emprendimiento	4		0
Trabajamos con un único producto	3		0
	0		0
Estrategias DO	Responsable	Pond	
Aprovechar el precio de venta, para que las empresas acompañen la financiación en caso de necesitar			
buscar nuevos productos que sean convenientes de desarrollar en argentina por su agregado de valor o impacto tecnológico.			

Figura 147: Matriz Do

Estrategía FA (Fortalezas/Amenazas)

Fortalezas	Pond	Amenazas	Pond
El equipo emprendedor	5	Condiciones políticas	5
Buena comunicación tanto interna como externa	4	Productos importados	5
Habilidades para solucionar problemas	3	problemas con proveedores	2
Conocimiento integral del área de la ingeniería para el desarrollo del producto	4	Falta de pago	2
Tener contactos para hacer consultas	4	Cese de actividades de las empresas que producen Durmientes	5
Ser estudiante y estar vinculado con la facultad de ingeniería	3		0
Poder adaptar el producto al molde del cliente	3		0
Estrategias FA	Responsable	Pond	
Determinar reuniones periódicas, con el fin de anticiparse a la falta de pago de las empresas			
En caso del ingreso a bajo costo de un importado, utilizar contactos con el fin de establecer los motivos por los cuales se le da lugar a la competencia y así trazar estrategias de venta			

Figura 148: Matriz FA

Estrategía FO (Fortalezas/Oportunidades)

Fortalezas		Pond	Oportunidades		Pond
El equipo emprendedor		5	Producción nacional frente a su análogo importado		5
Buena comunicación tanto interna como externa		4	No hay profesionales que puedan desarrollar este producto de calidad en argentina.		4
Habilidades para solucionar problemas		3	Es un producto que no necesita homologación ya que es un accesorio de maquina		2
Conocimiento integral del área de la ingeniería para el desarrollo del producto		4	Es mas económico producirlo en argentina que en Alemania o en Austria		4
Tener contactos para hacer consultas		4			0
Ser estudiante y estar vinculado con la facultad de ingeniería		3			0
Poder adaptar el producto al molde del cliente		3			0
Estrategias FO			Responsable	Pond	
Formar al grupo emprendedor para ampliar el concepto de calidad sobre el producto y el servicio				5	
Consultar a los contactos por nuevas necesidades de mercado.				3	
Trabajar para limitar la posibilidad de importar este producto desde AFIP importaciones				5	

Figura 149: Matriz FO

7.2.3 Conclusión

Luego de este análisis se puede concluir del emprendimiento:

- Es un proyecto fuerte desde lo económico ya que tiene un recupero rápido de la inversión inicial y un precio competitivo mejor que el importado.
- Su debilidad es la reducción de aranceles a la importación y el impacto que puede producir la disminución en la producción de durmientes ya que es un producto que depende de otro.
- Se recomienda la diversificación tanto de producto o servicio dentro del área, captando las necesidades que manifiestan las empresas, desde la innovación de nuevos productos o sustitutos con valor tecnológico agregado.

7.3 CONCLUSIONES GENERALES

En este trabajo, se sustituyó exitosamente un producto importado. Se predijo el proceso de inyección por simulación numérica y se contrastó con los datos reales. Se dejó un registro completo de cómo pensar y fabricar una matriz de inyección (Diseñar, Mecanizar, fabricar y vender) Se financió con la venta de los **PORTA VAINA** la fabricación de la matriz y la producción de los mismos. Se generó la rentabilidad estimada según el análisis de costo, para el primer año. Se aplicaron técnicas de investigación y análisis para la determinación del material de trabajo. Se compraron todos los productos necesarios para la producción, se generó una cadena de vinculaciones sólidas con empresas proveedoras y clientes. Se realizó un trabajo de integración tanto de la formación que se espera de un futuro ingeniero como así también de un estudiante con compromiso social, debido a que cinco plantas de producción de hormigón para la producción de durmientes reactivaron sus líneas con este producto dando trabajo a más de 600 personas.

Se llevó a delante la inclusión del proceso emprendedor, un análisis minucioso de las competencias que hacen a un proyecto exitoso sus fortalezas y debilidades. Se probaron en planta las piezas y resultaron superiores en calidad respecto a las importadas. Se desarrolló un polo productivo de soluciones para la industria férrea aplicada a la sustitución de importaciones usando recursos nacionales.

Se demostró con esta tesis, la necesidad e importancia que tiene la ciencia en el desarrollo productivo de un país.

7.4 TRABAJO A FUTURO

Se proponen las siguientes líneas de trabajo a futuro:

- Analizar el comportamiento de la vida en servicio, en relación al contenido de agua del medio.

- Investigar la posible sustitución del TPU por TPE
- Incursionar en nuevos mercados, como proveedores de Porta-Vainas, poder exportar.
- Mejorar las prestaciones de la Matriz conforme aumente la producción anexando una boca mas.
- Generar espacios para nuevos proyectos que pudieran surgir en el campo de los materiales polimericos en la industria ferroviaria.
- Estudiar con detalle el comportamiento de elastomeros termoplasticos TPU inyectados en presencia de insertos metálicos.
- Determinar el procesamiento del TPU, por impresión 3D en presencia de insertos metálicos.
- Adaptar estrategias de análisis Socio Económico para proyectos de ingeniería centrados en la diversificación de productos y servicios.

A

PLANOS

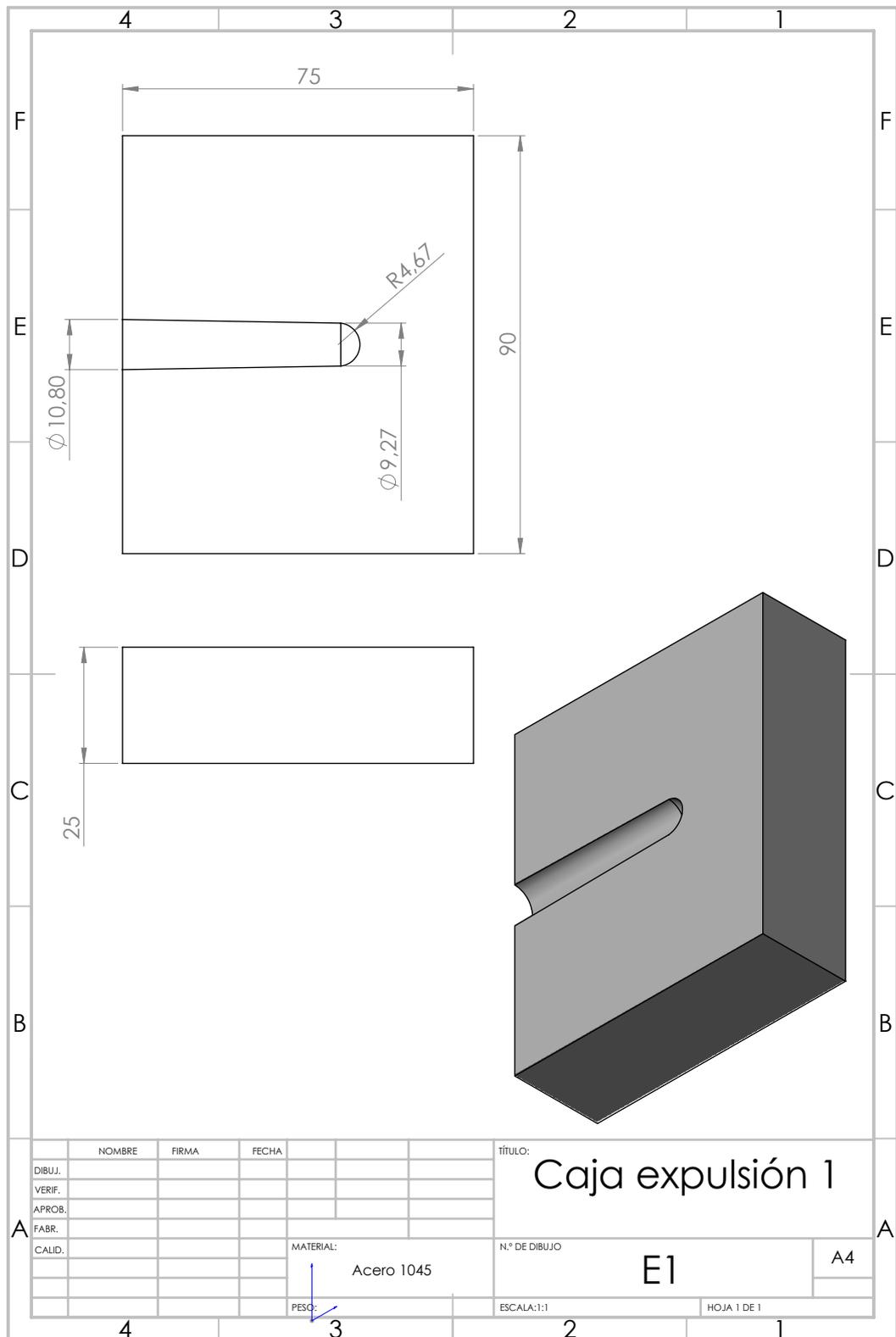


Figura 150: Sección 1 Expulsión

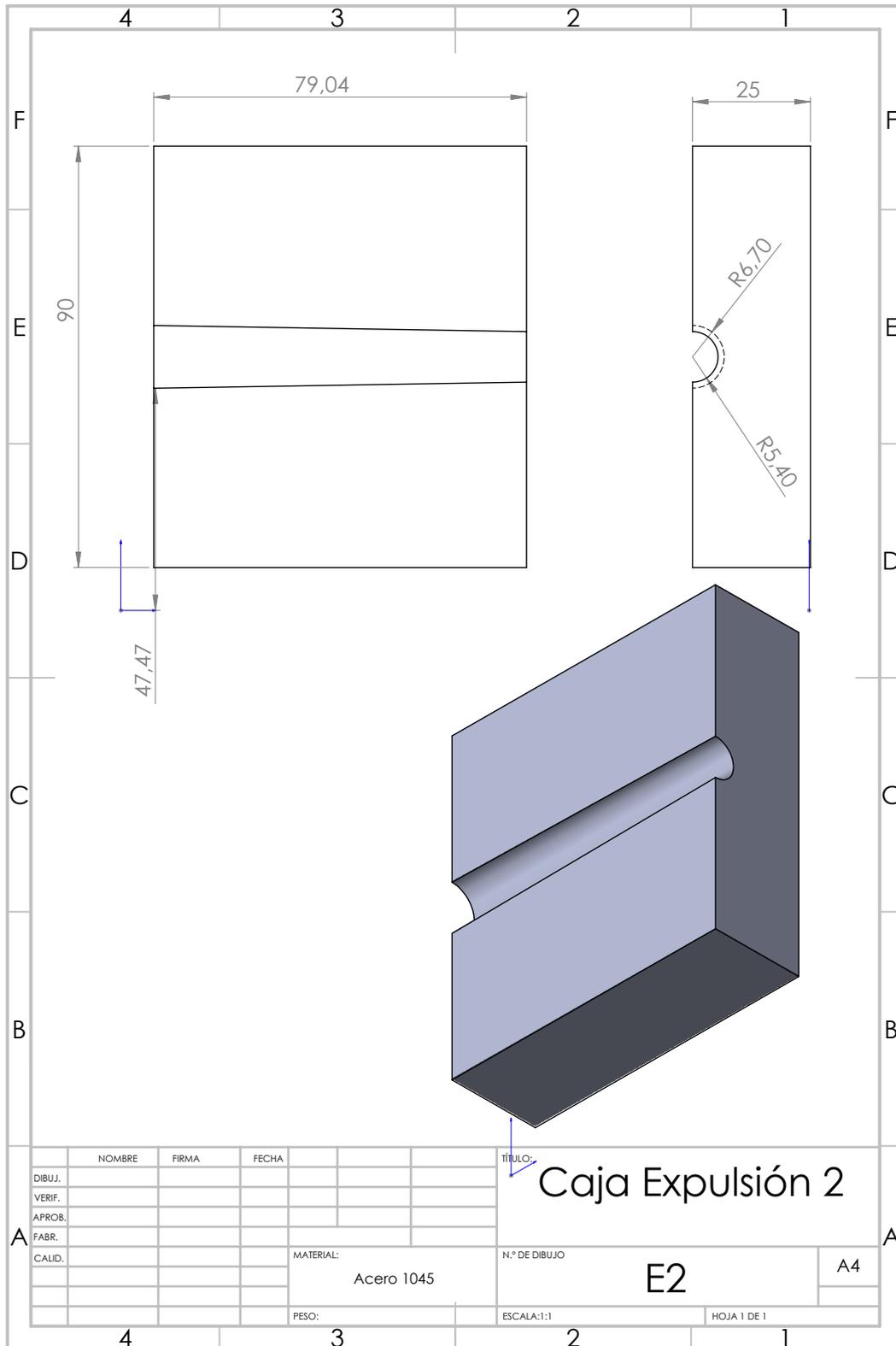


Figura 151: Sección 2 Expulsión

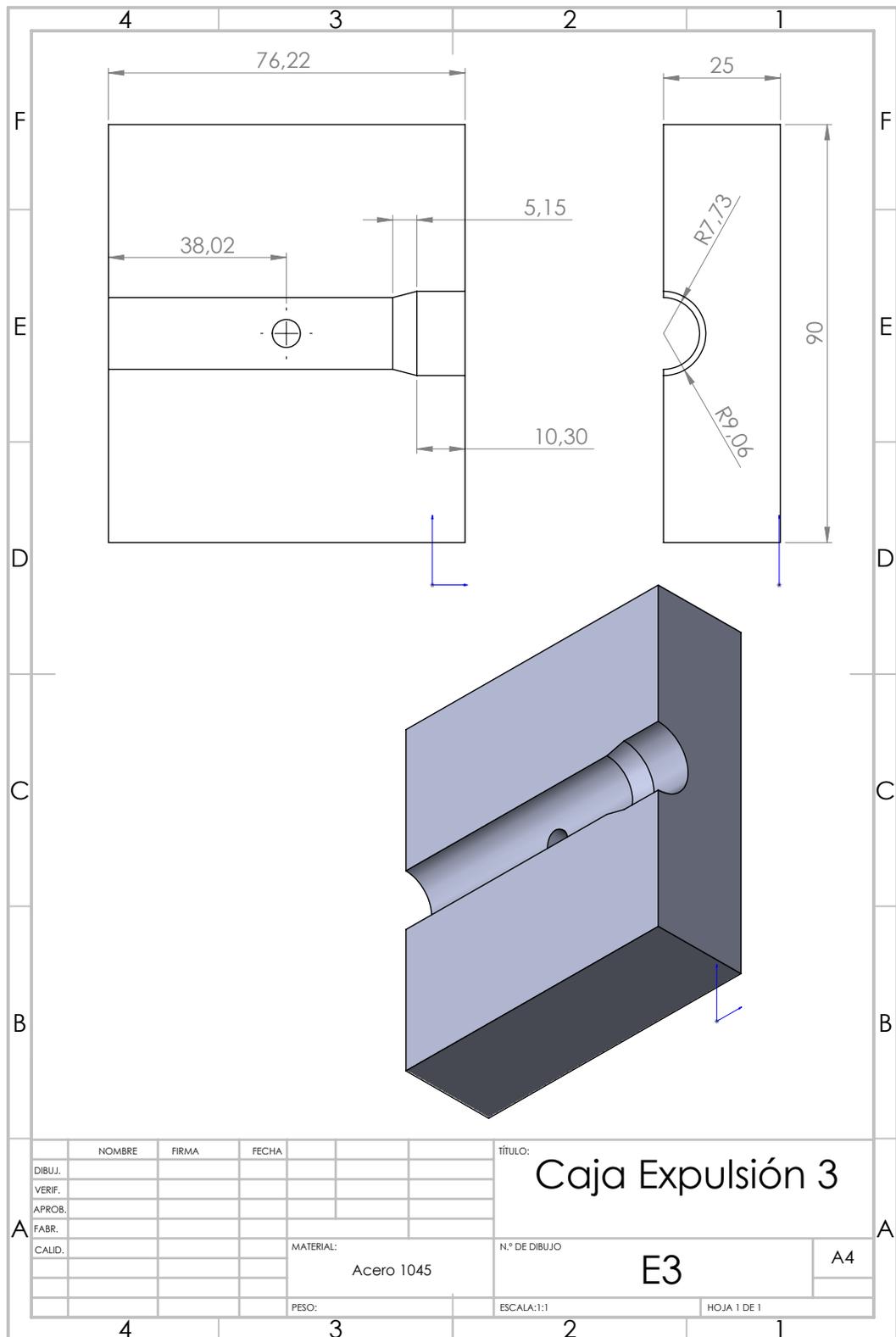


Figura 152: Sección 3 Expulsión

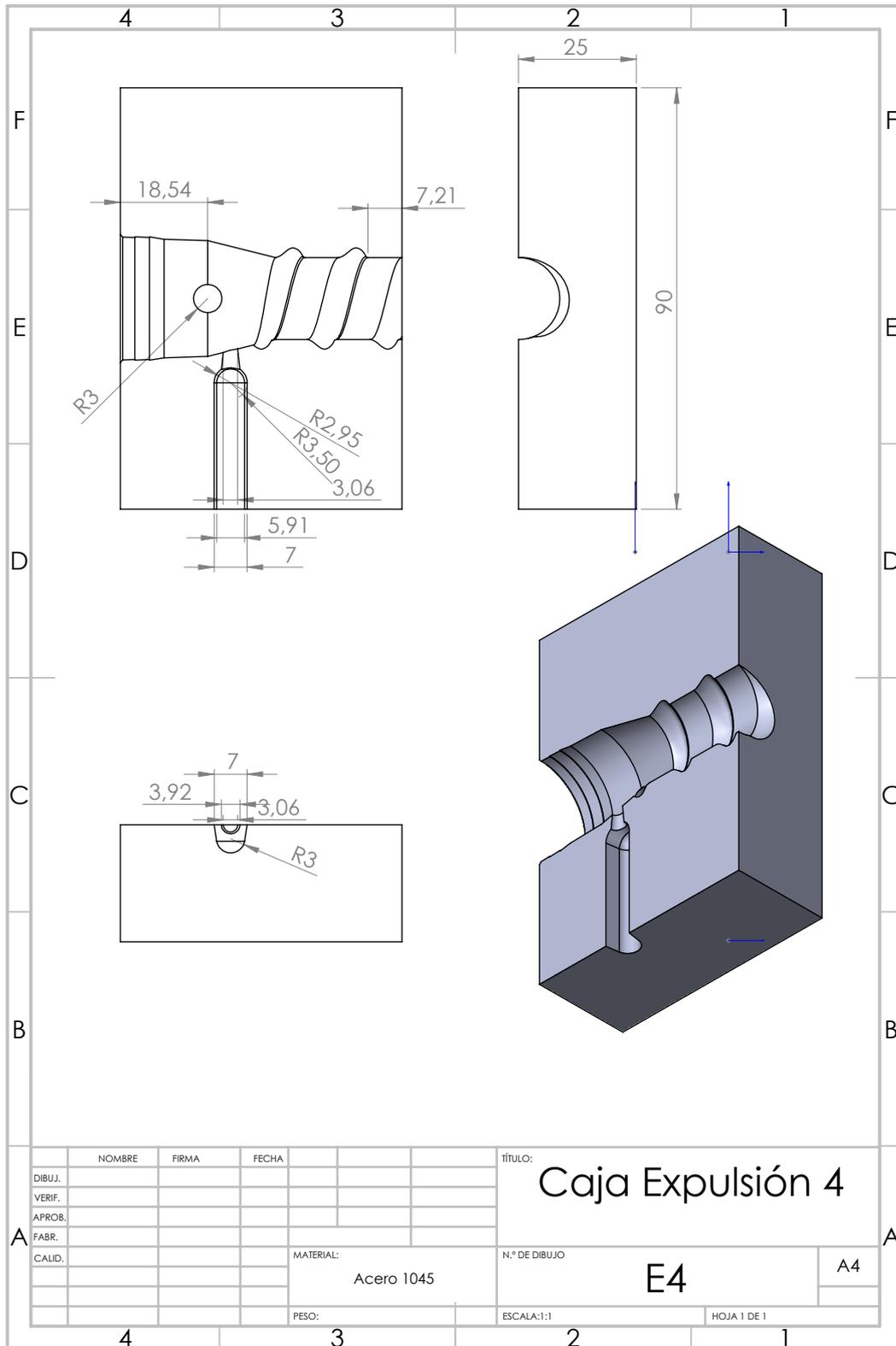


Figura 153: Sección 4 Expulsión

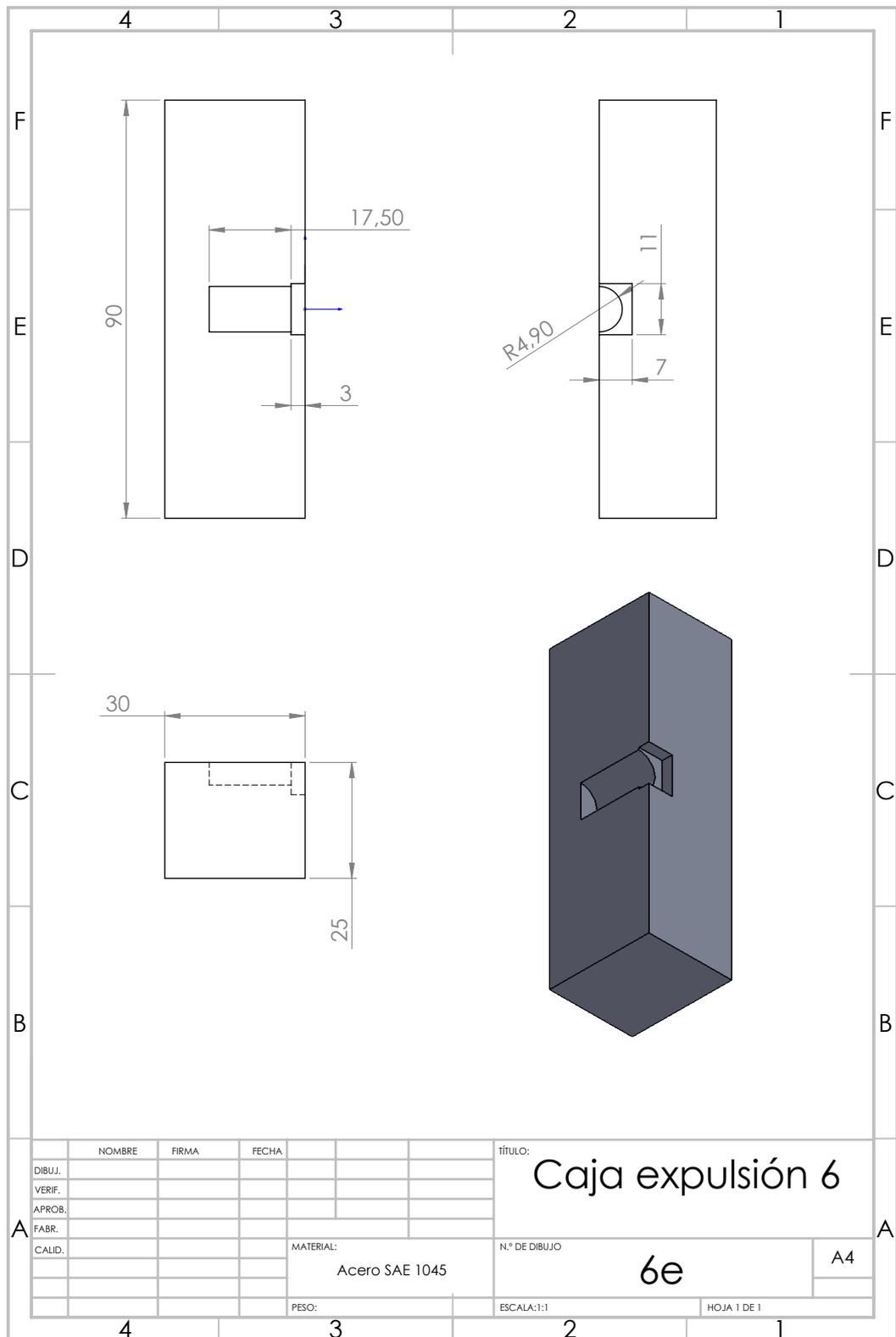


Figura 154: Sección 5 Expulsión

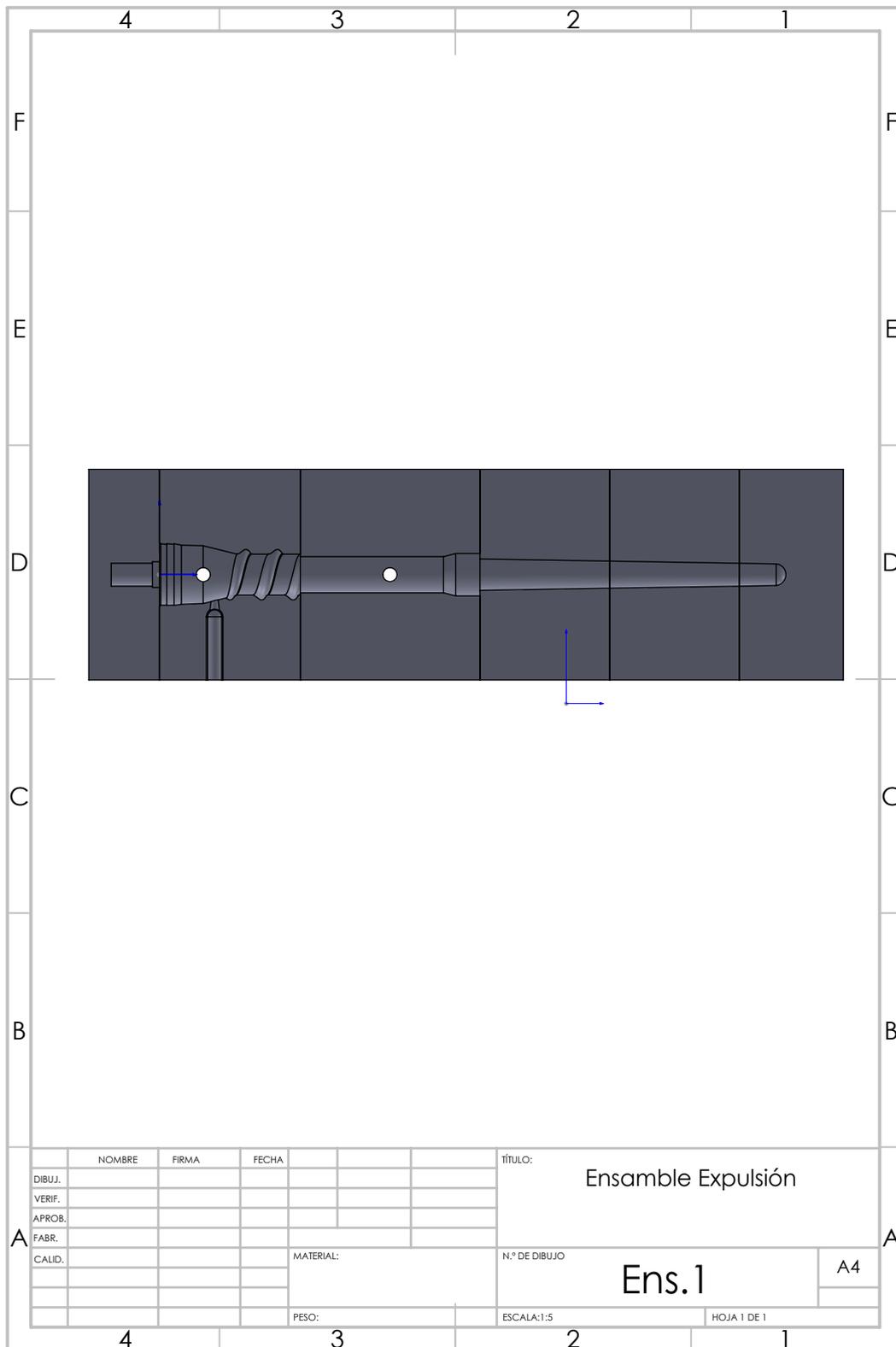


Figura 155: Cajas Inyección inyección

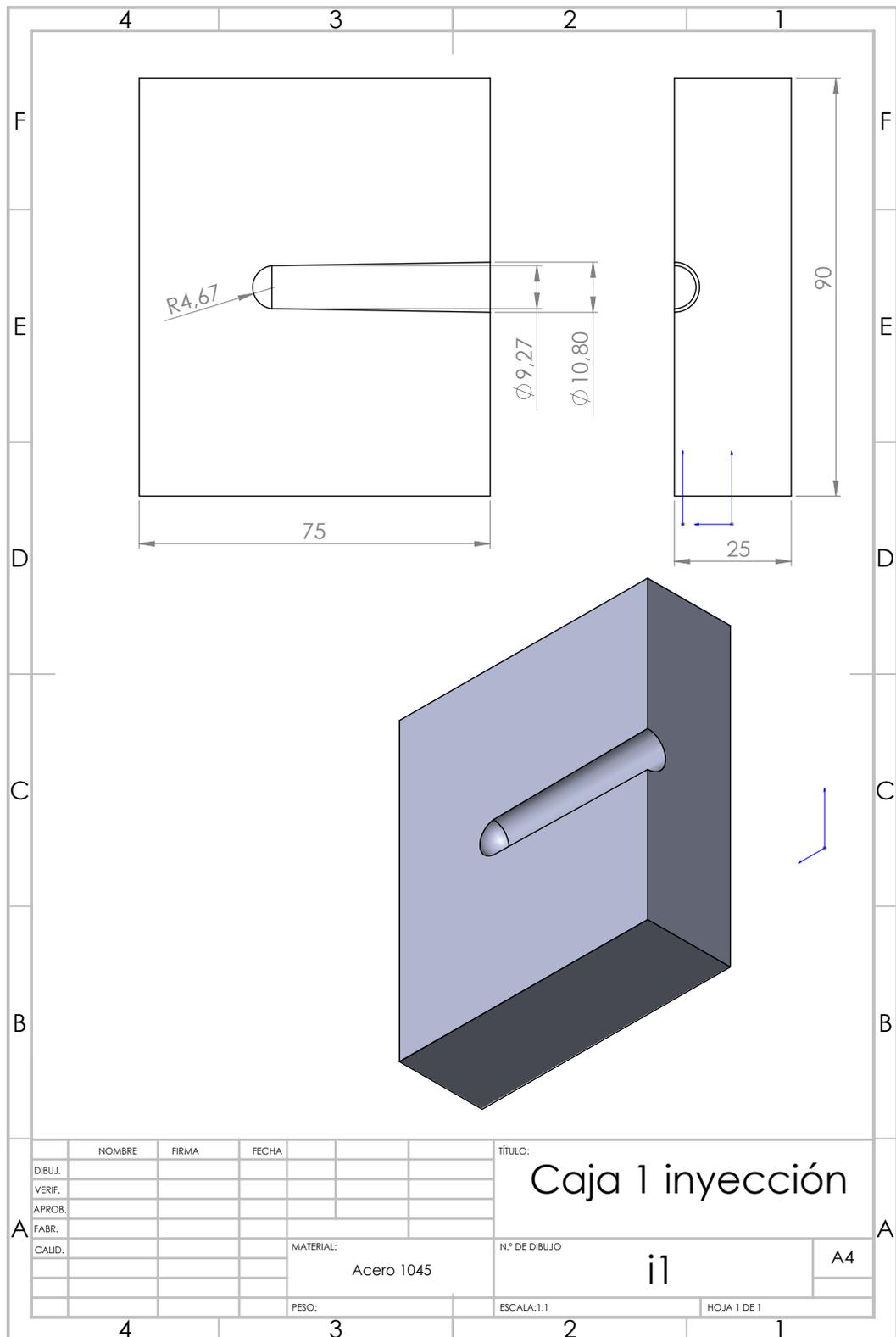


Figura 156: Sección 1 inyección

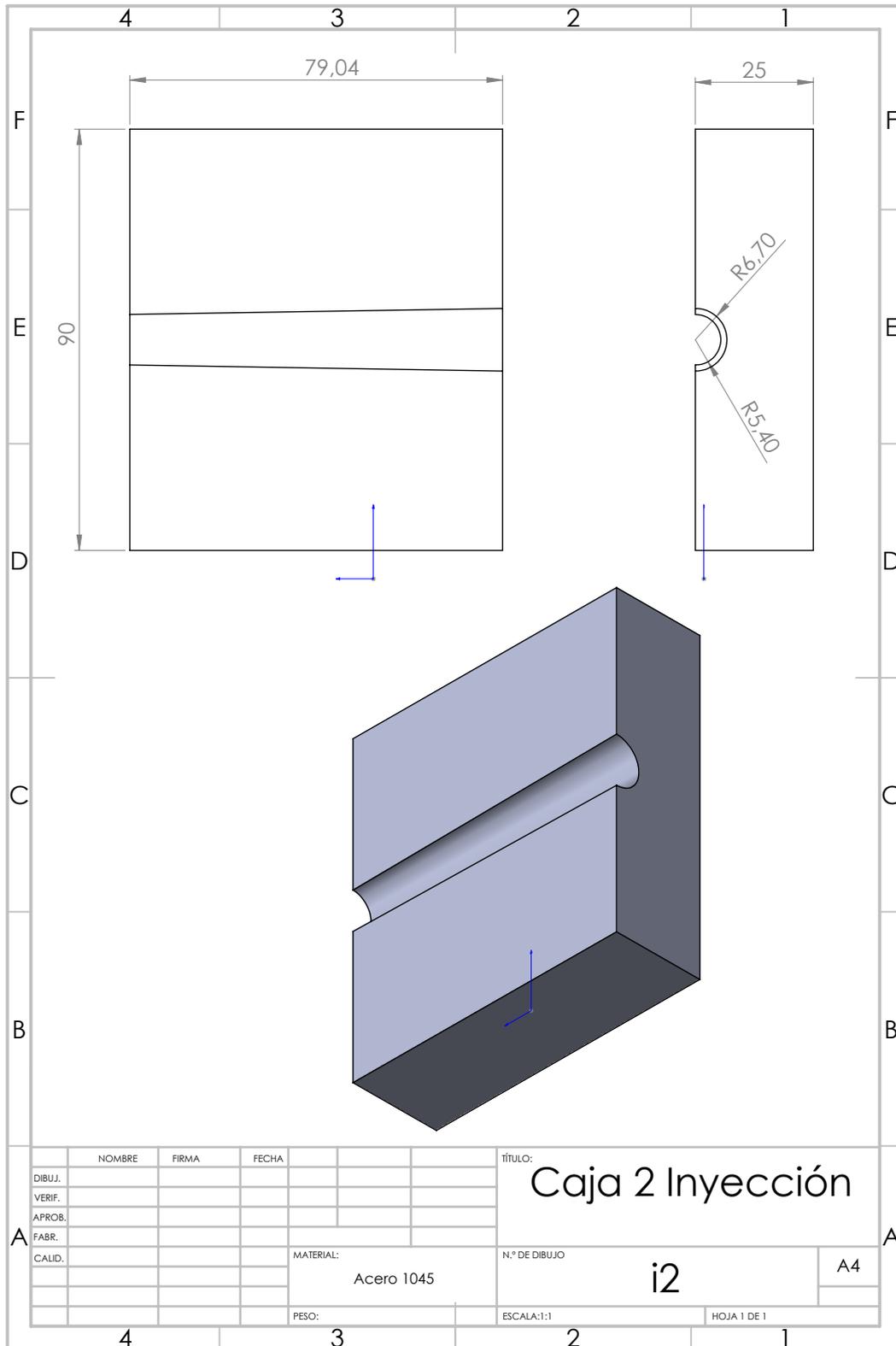


Figura 157: Sección 2 inyección

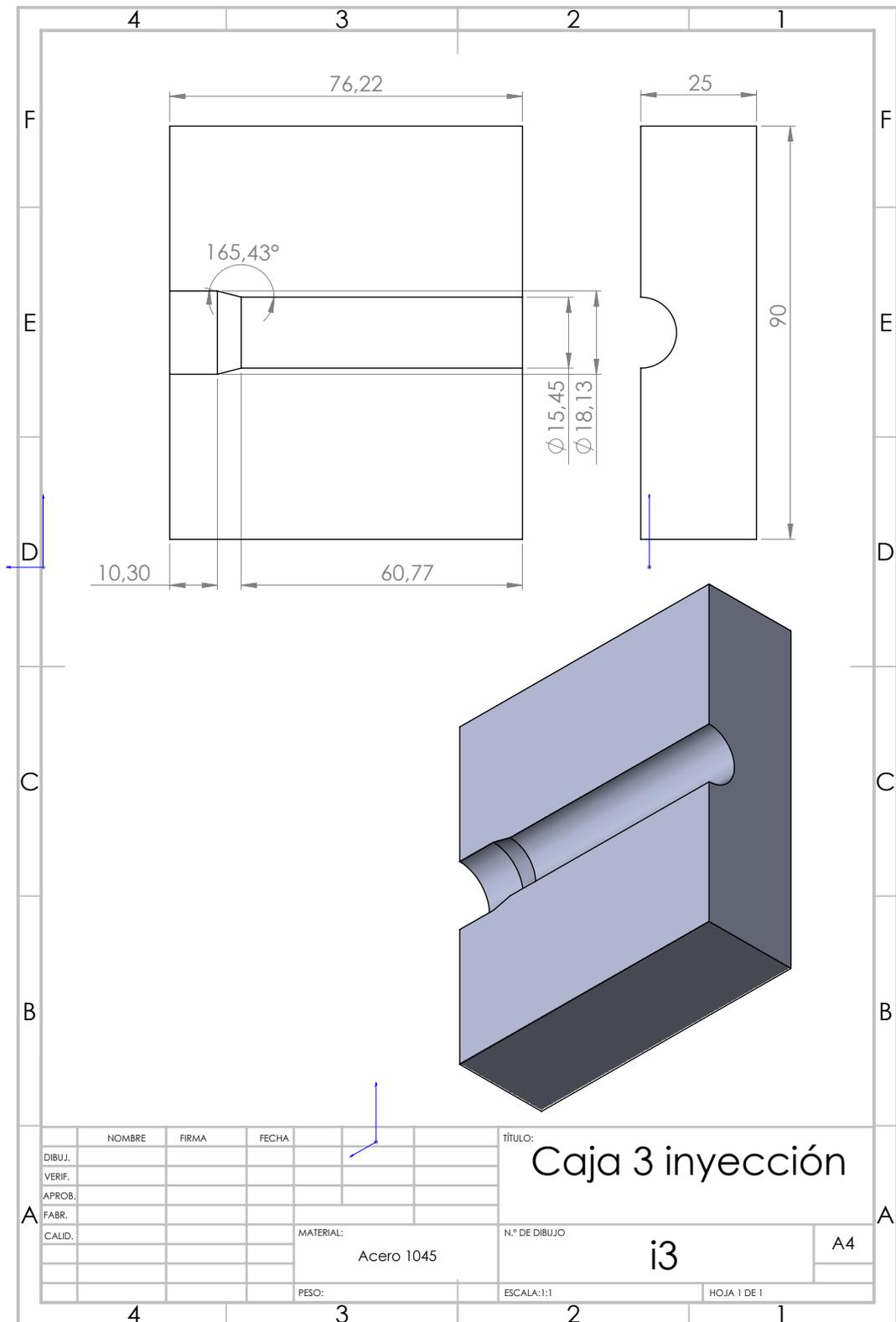


Figura 158: Sección 3 inyección

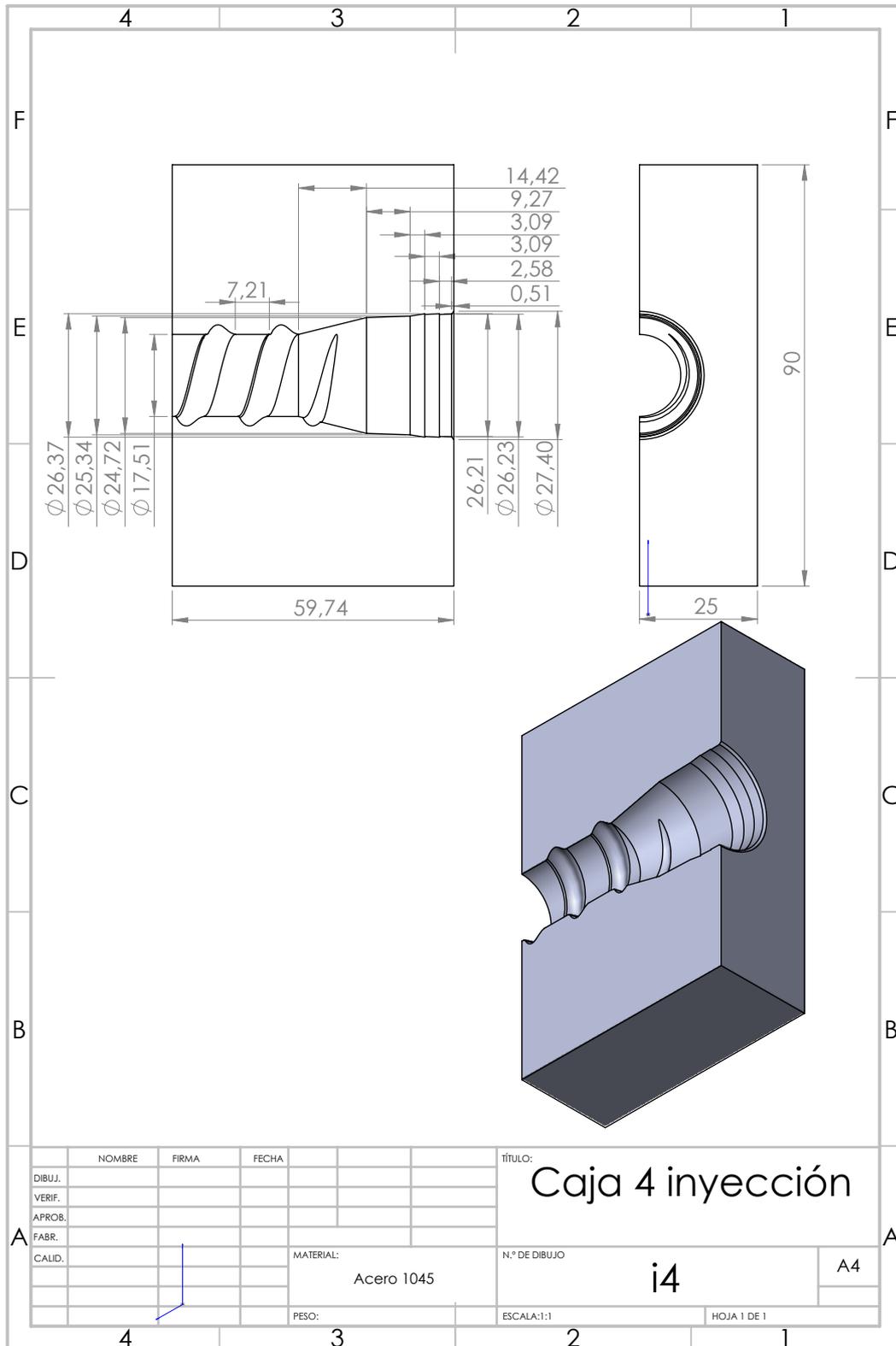


Figura 159: Sección 4 inyección

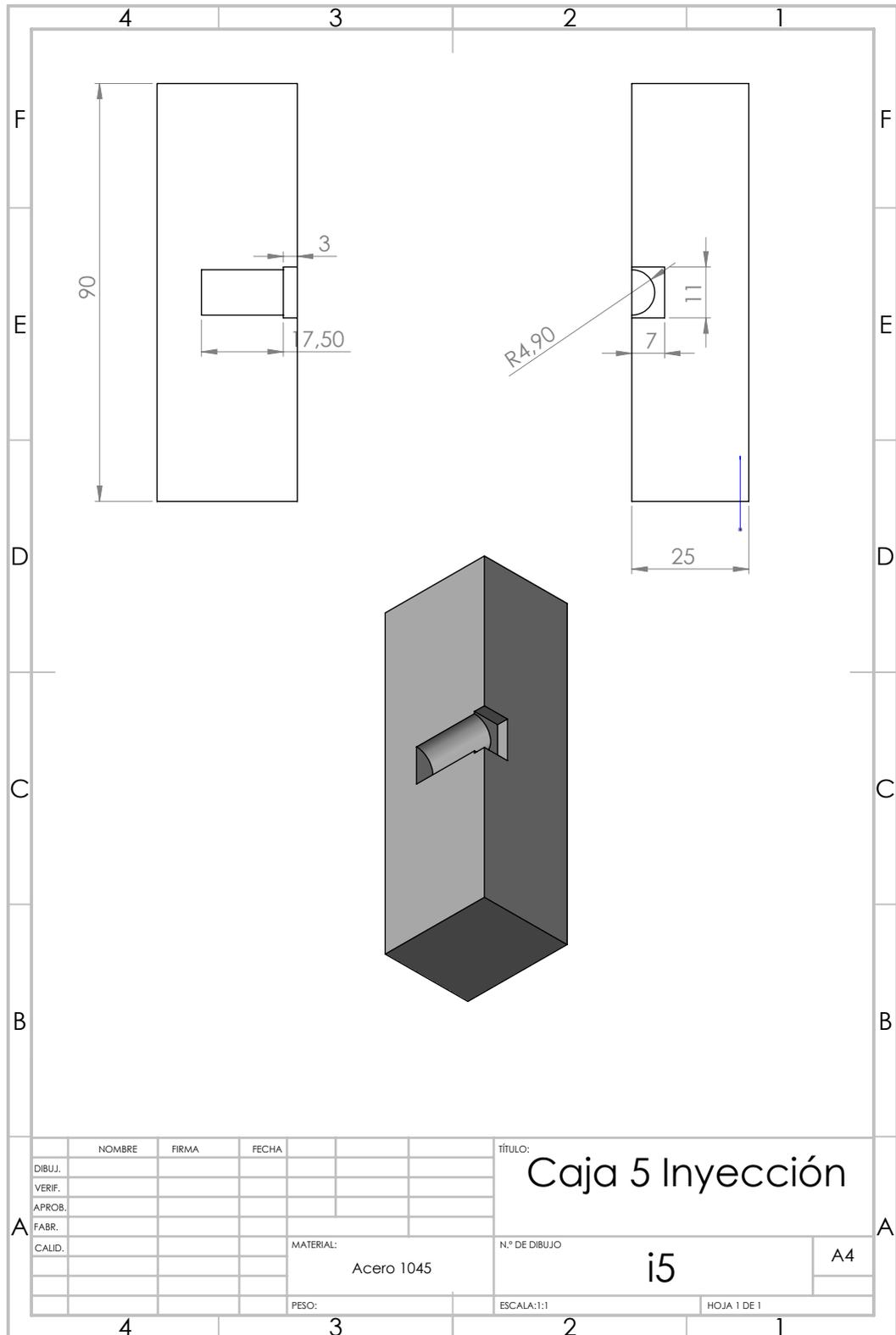


Figura 160: Sección 5 inyección

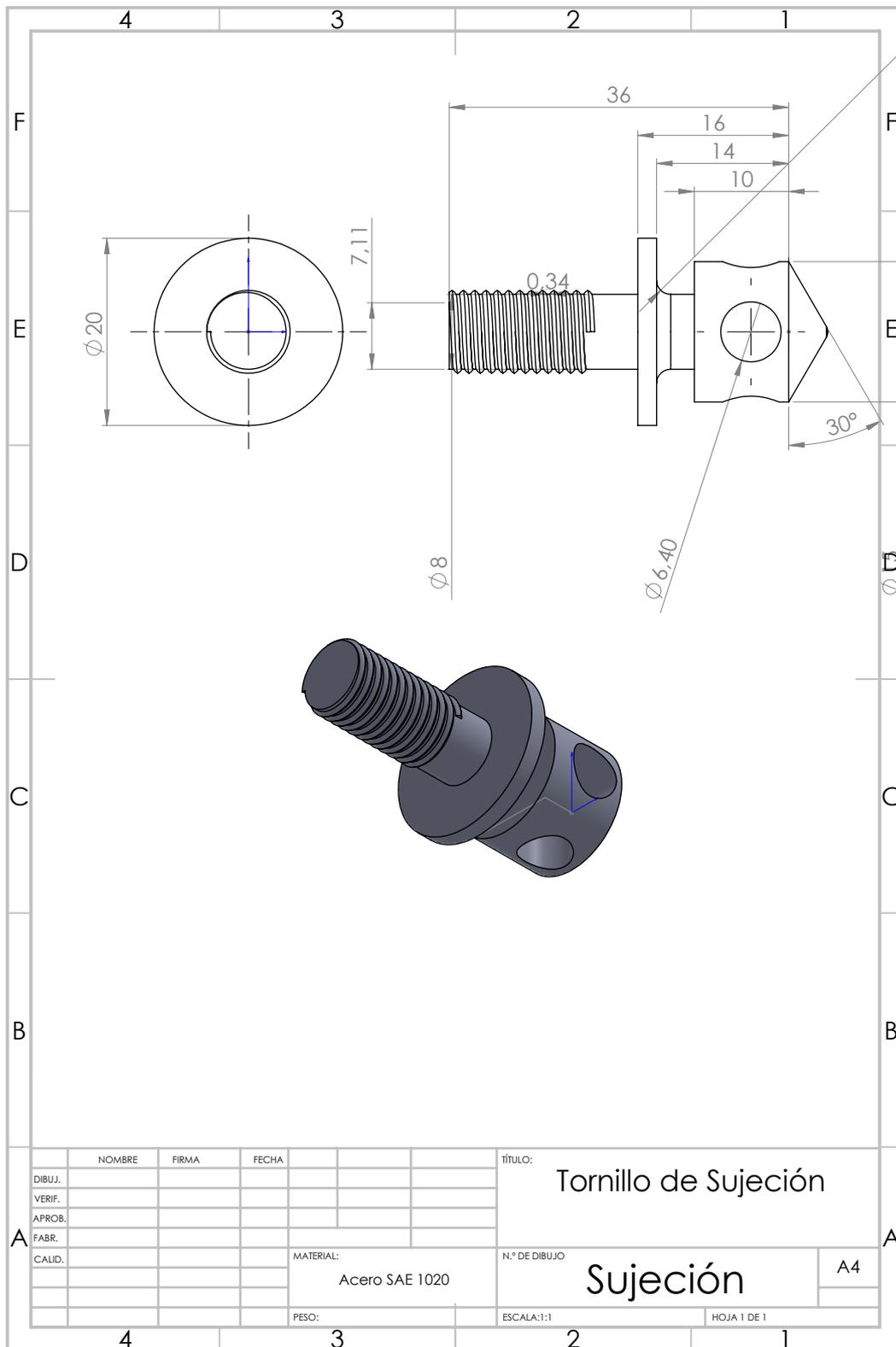


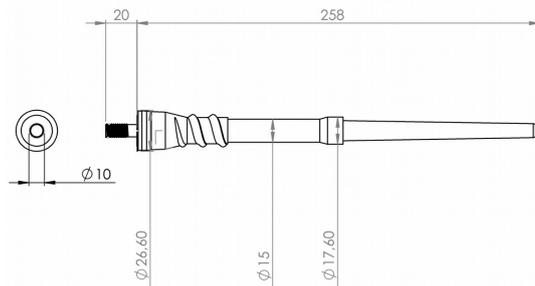
Figura 161: tornillo de sujeción, inserto

GEBOREN

Piezas plásticas de alto desempeño

Empresa	Geboren	Año	2015
Artículo	Portavainas-01		
Material portavainas	Elastómero Termoplástico	Material inserto	Acero
Colores disponibles			

Geometría



Características del material

Dureza	93 shore A (ASTM D2240)
Elongación a rotura	%400 (ASTM D412)
Resistencia a la rotura	39 Mpa (ASTM D412)

- Excelente resistencia al desgarro

Presentación

- Cajas X 100 unidades

Geboren

www.geborenplastics.com
consultas@geborenplastics.com

Mar del Plata, Argentina

Figura 162: Porta Vaina Presentación

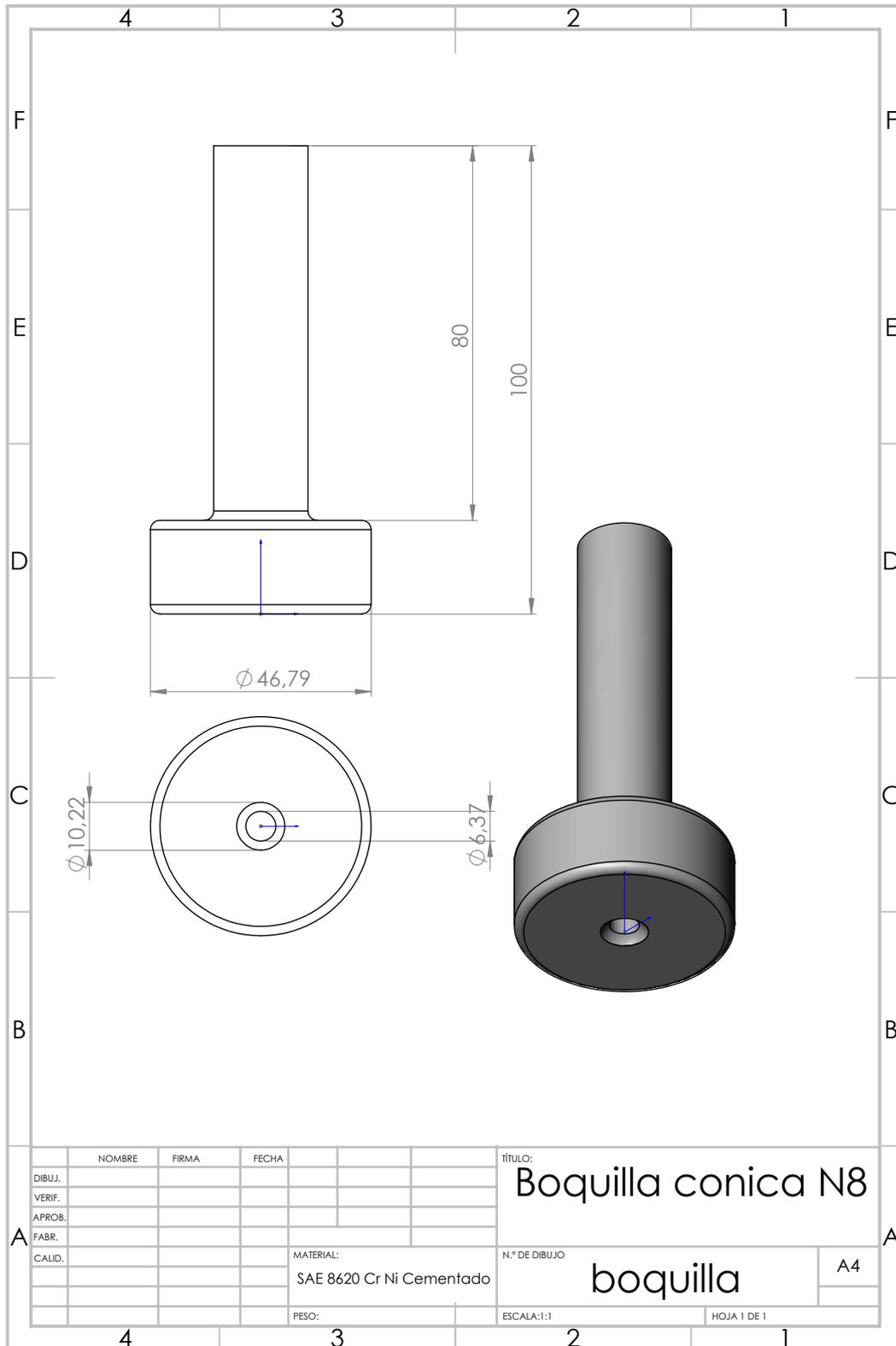


Figura 163: Boquilla de colada

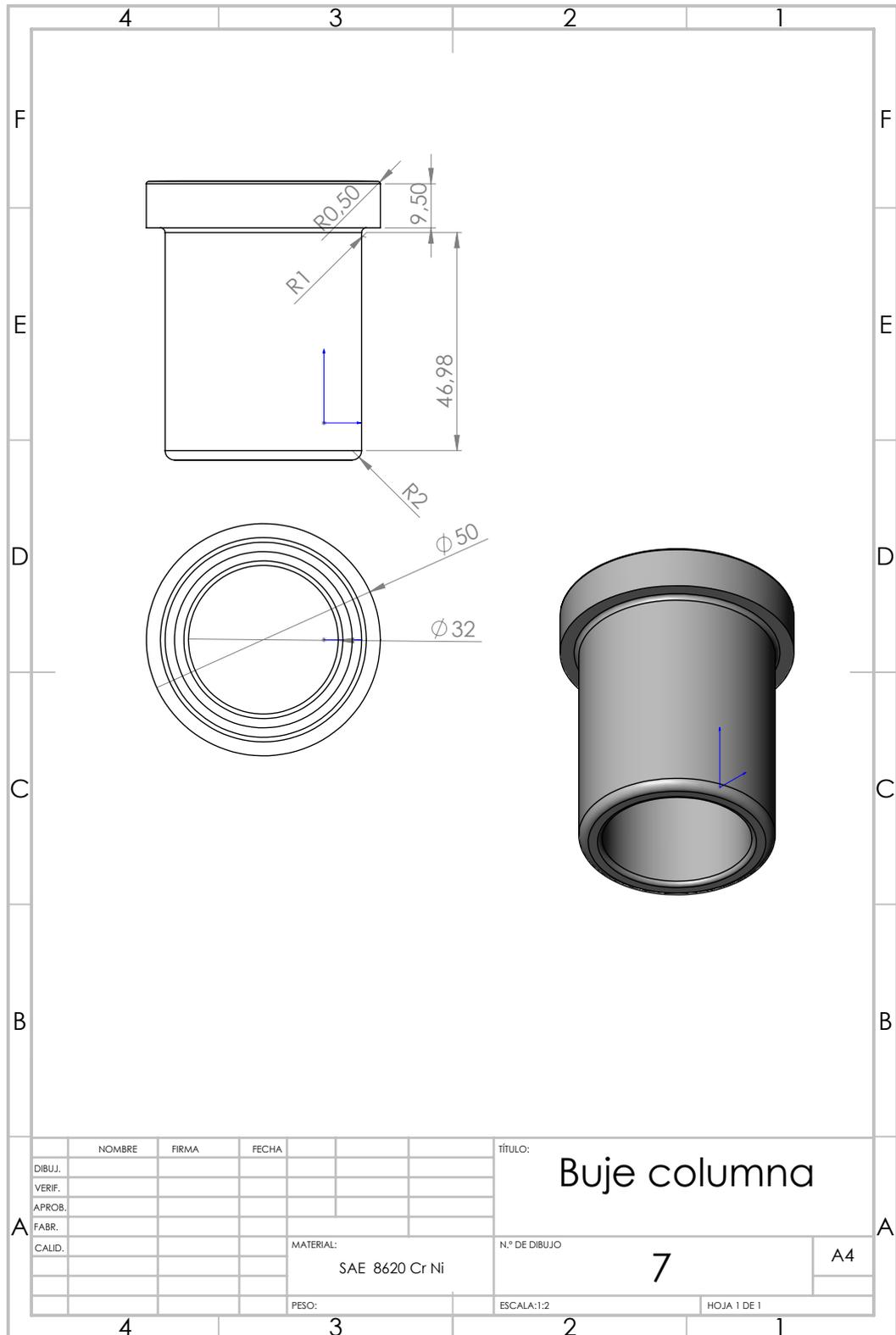


Figura 164: Buje de Columna

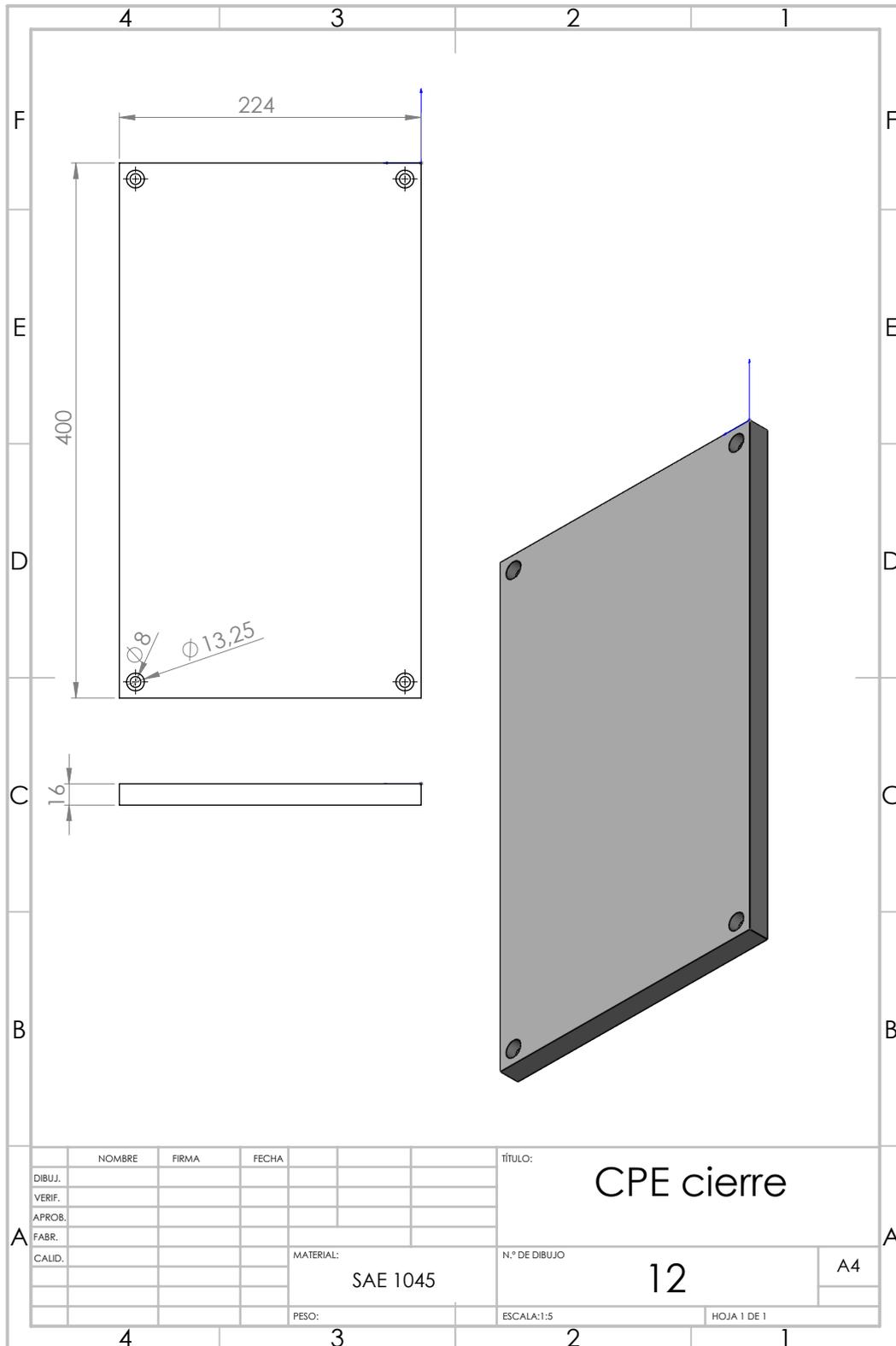


Figura 165: Placa Expulsión centradora

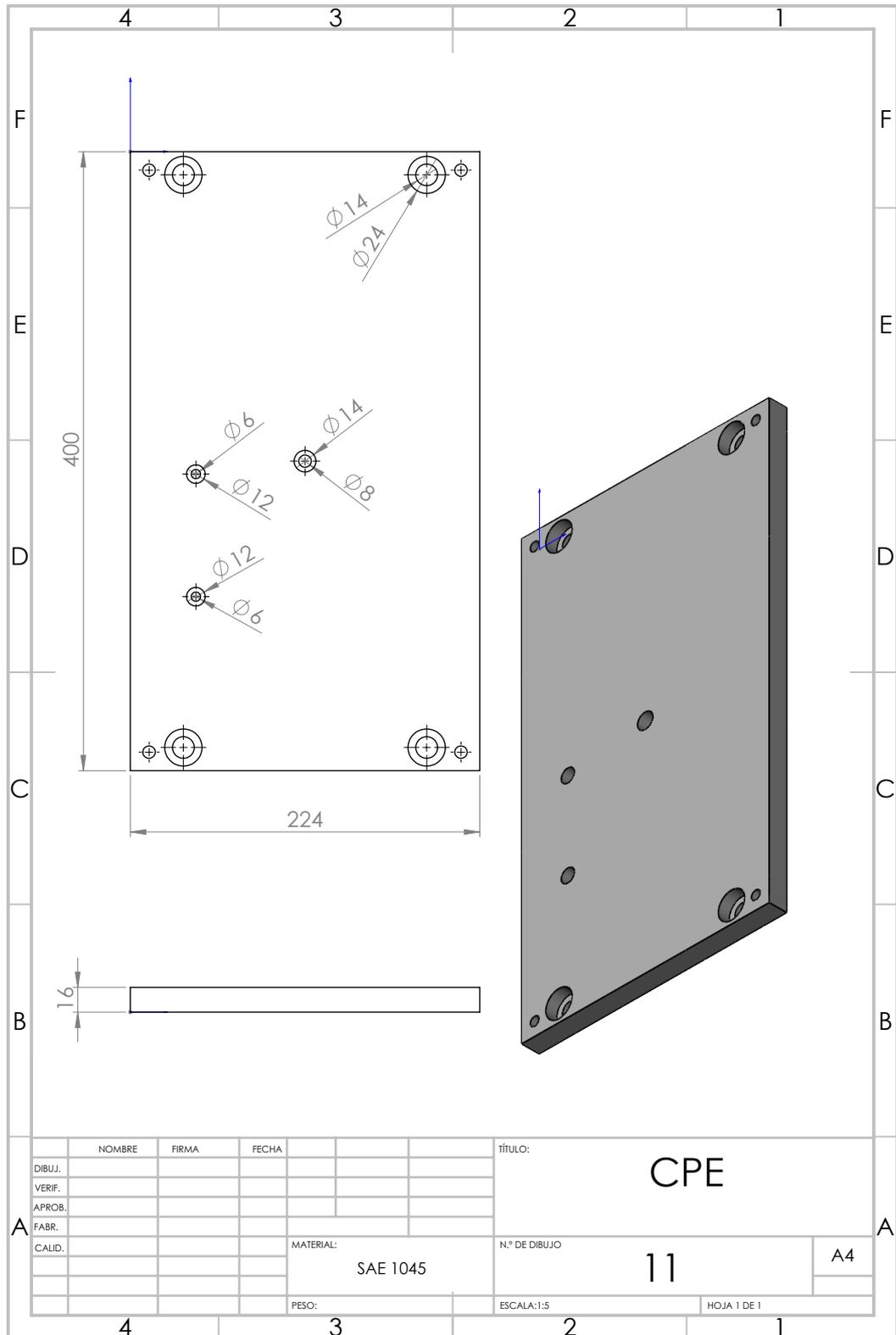


Figura 166: Placa Expulsión Cierre

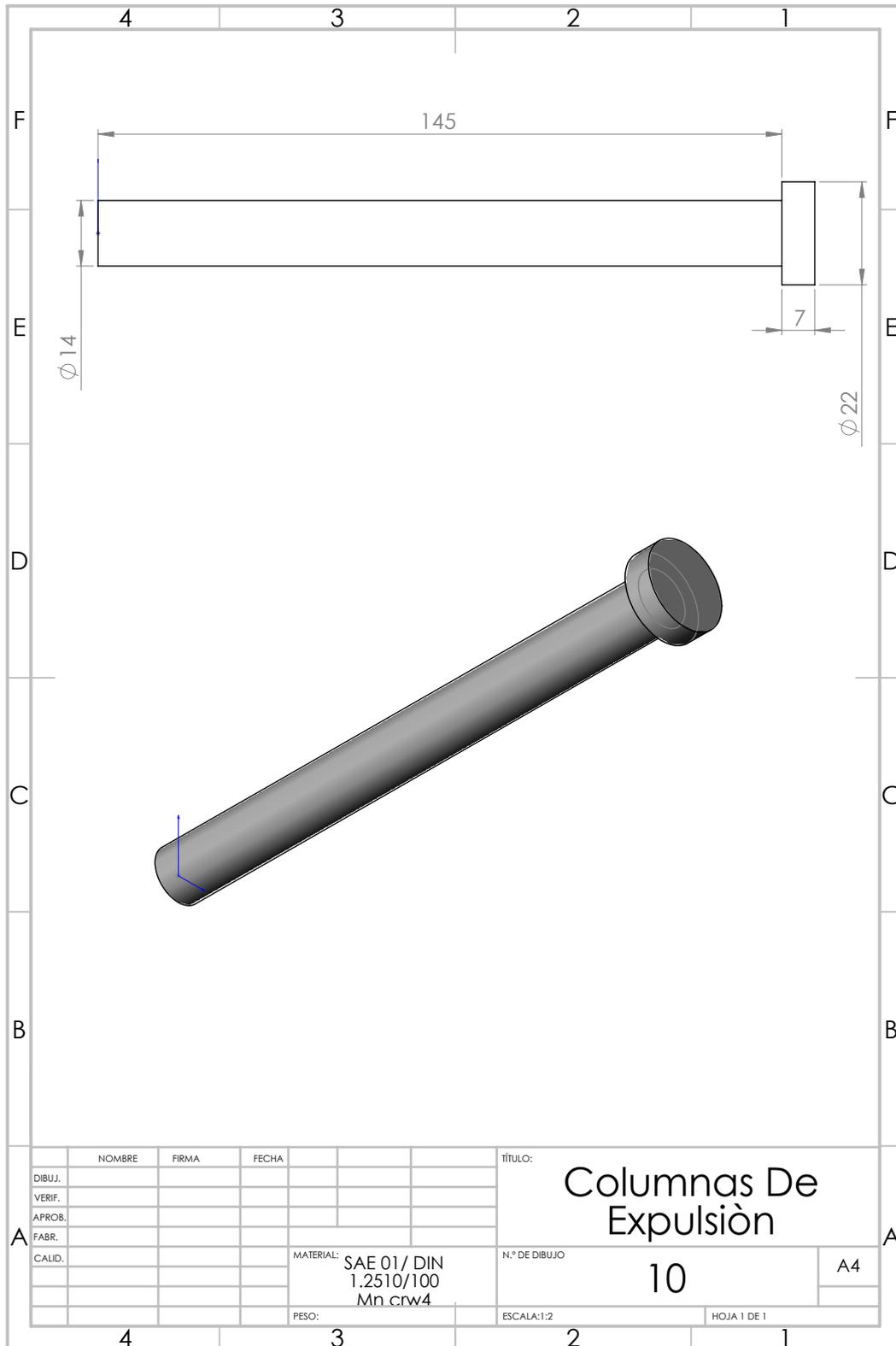


Figura 167: Eje Expulsión

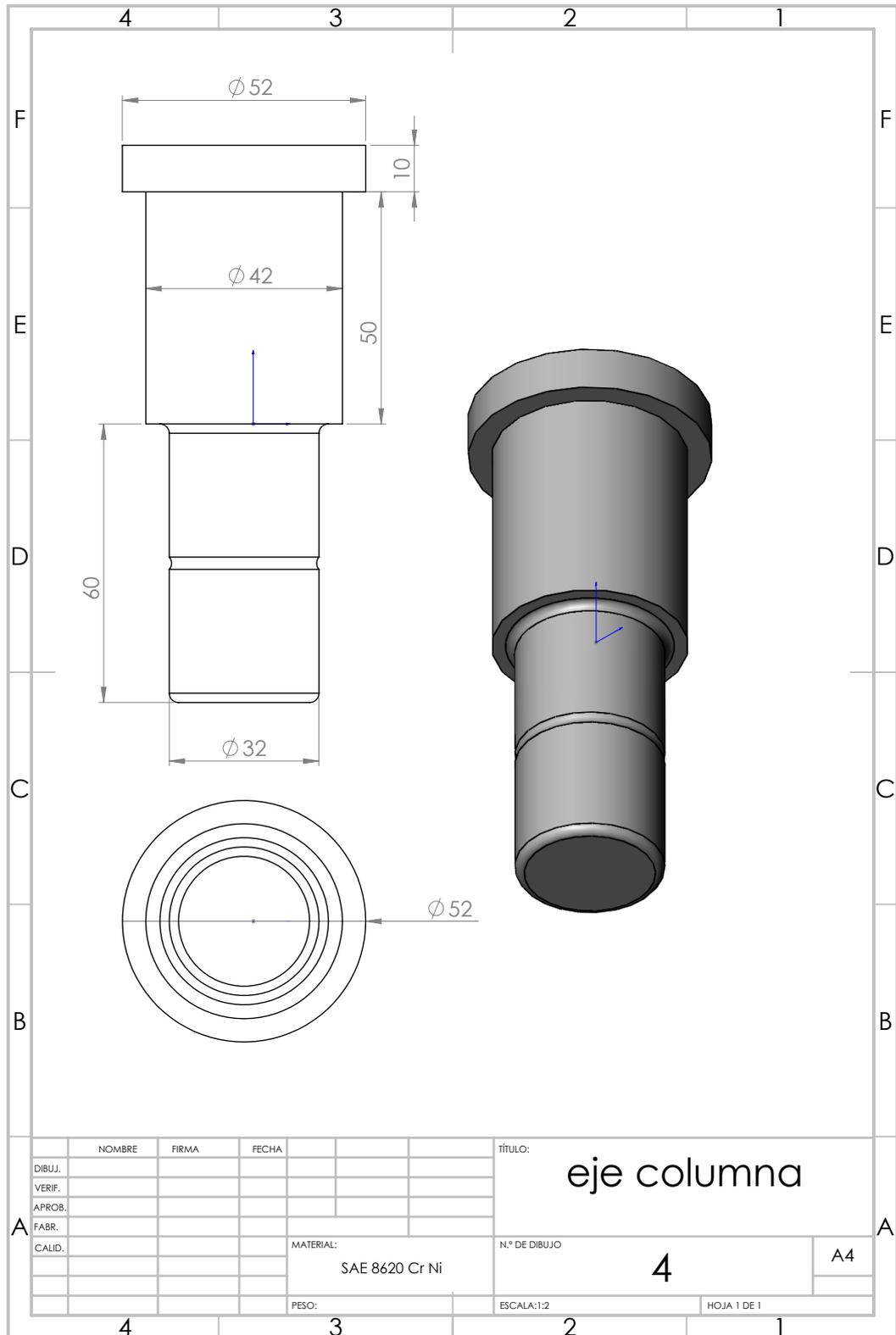


Figura 168: Eje de Columnas

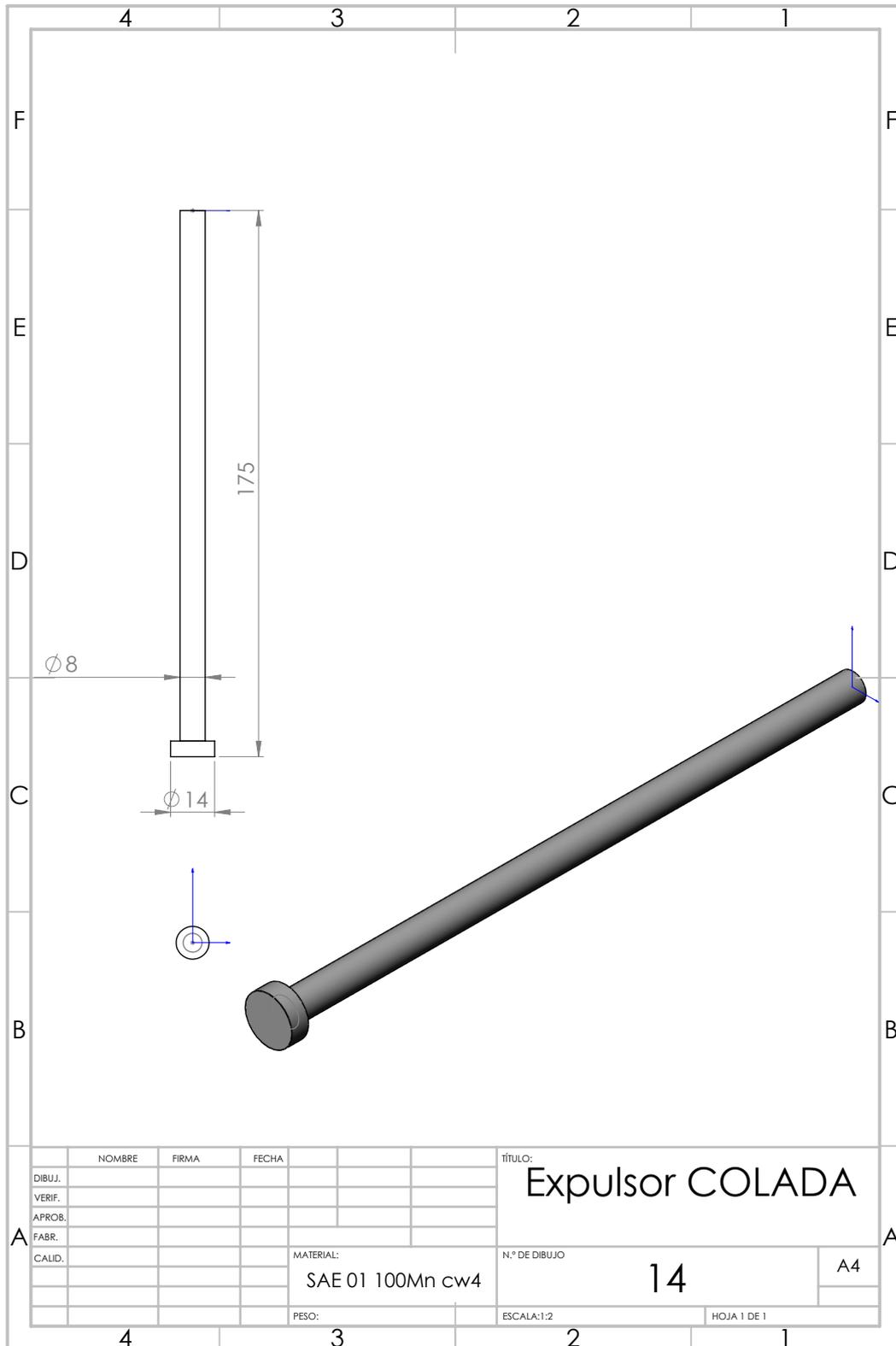


Figura 169: Expulsor de colada

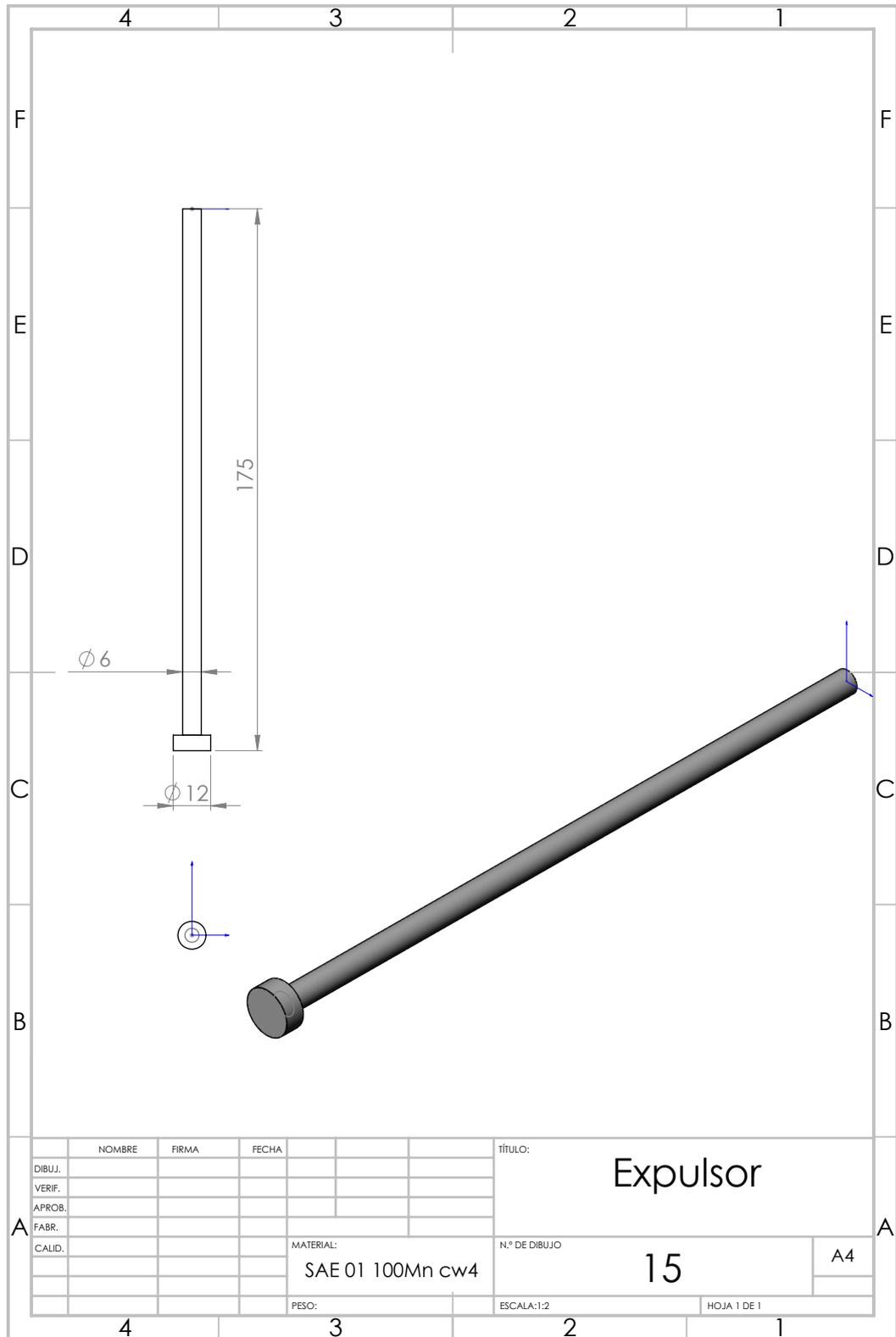


Figura 170: Expulsor de pieza

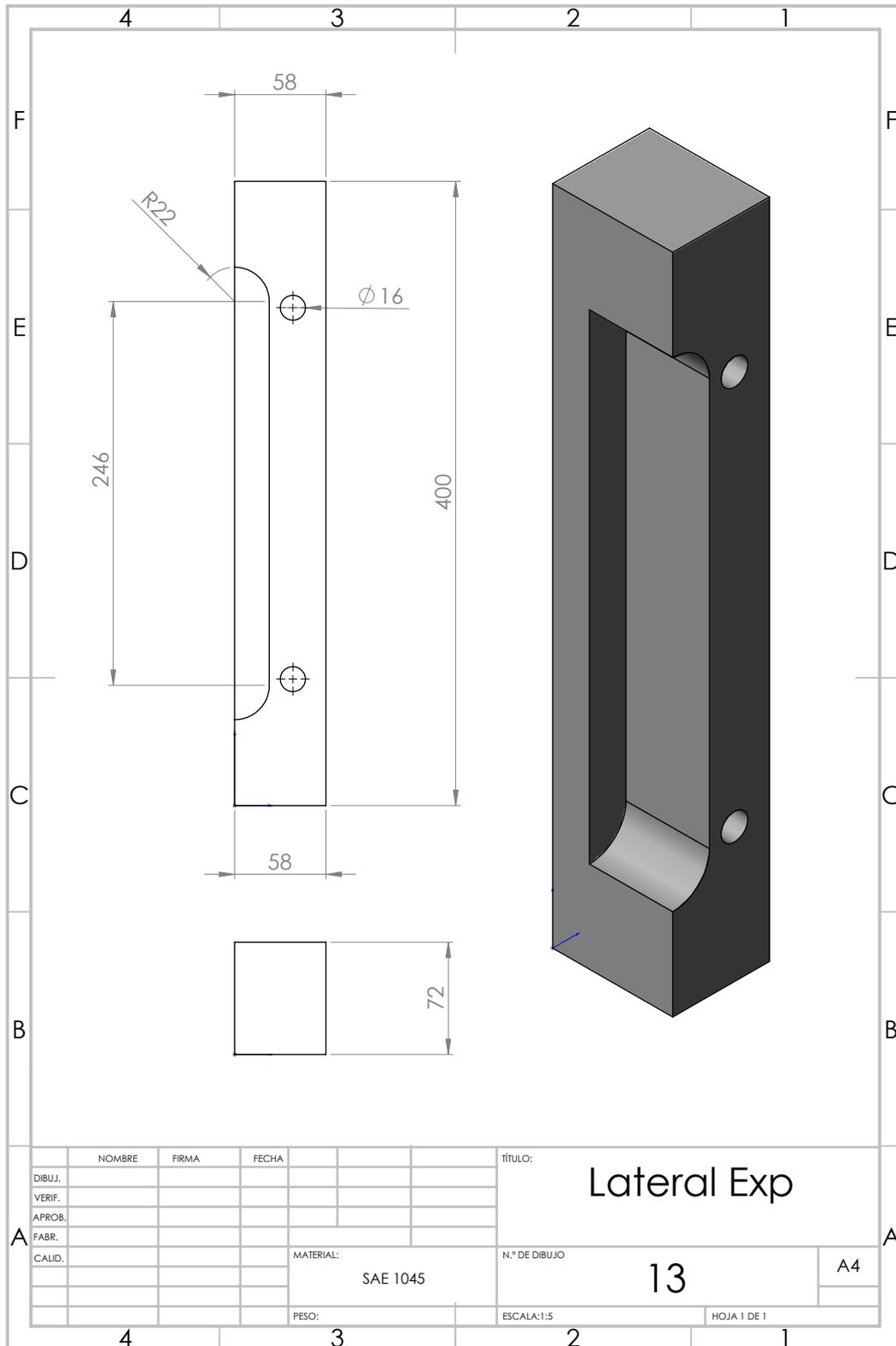


Figura 171: Soporte lateral

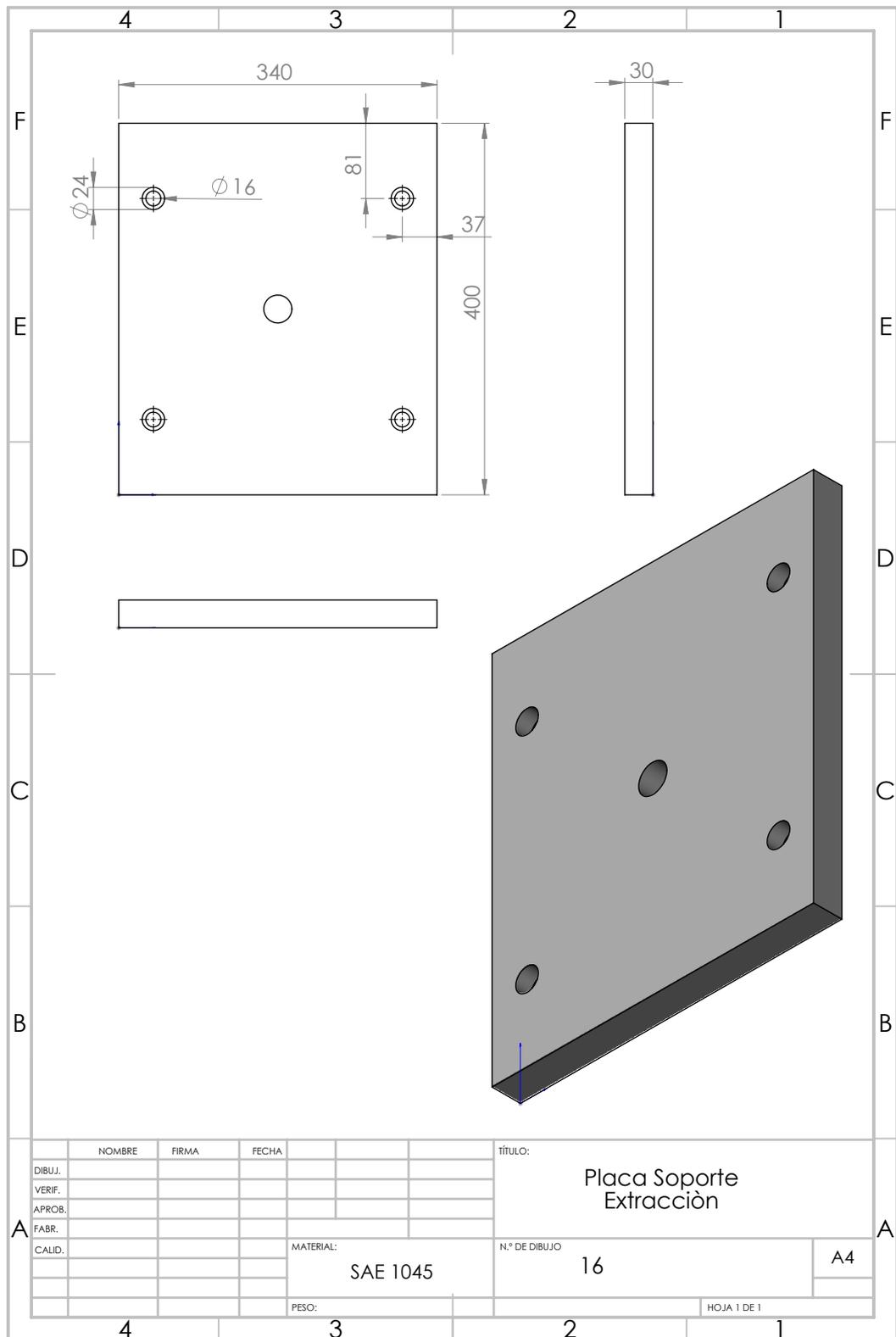


Figura 174: Placa de respaldo E

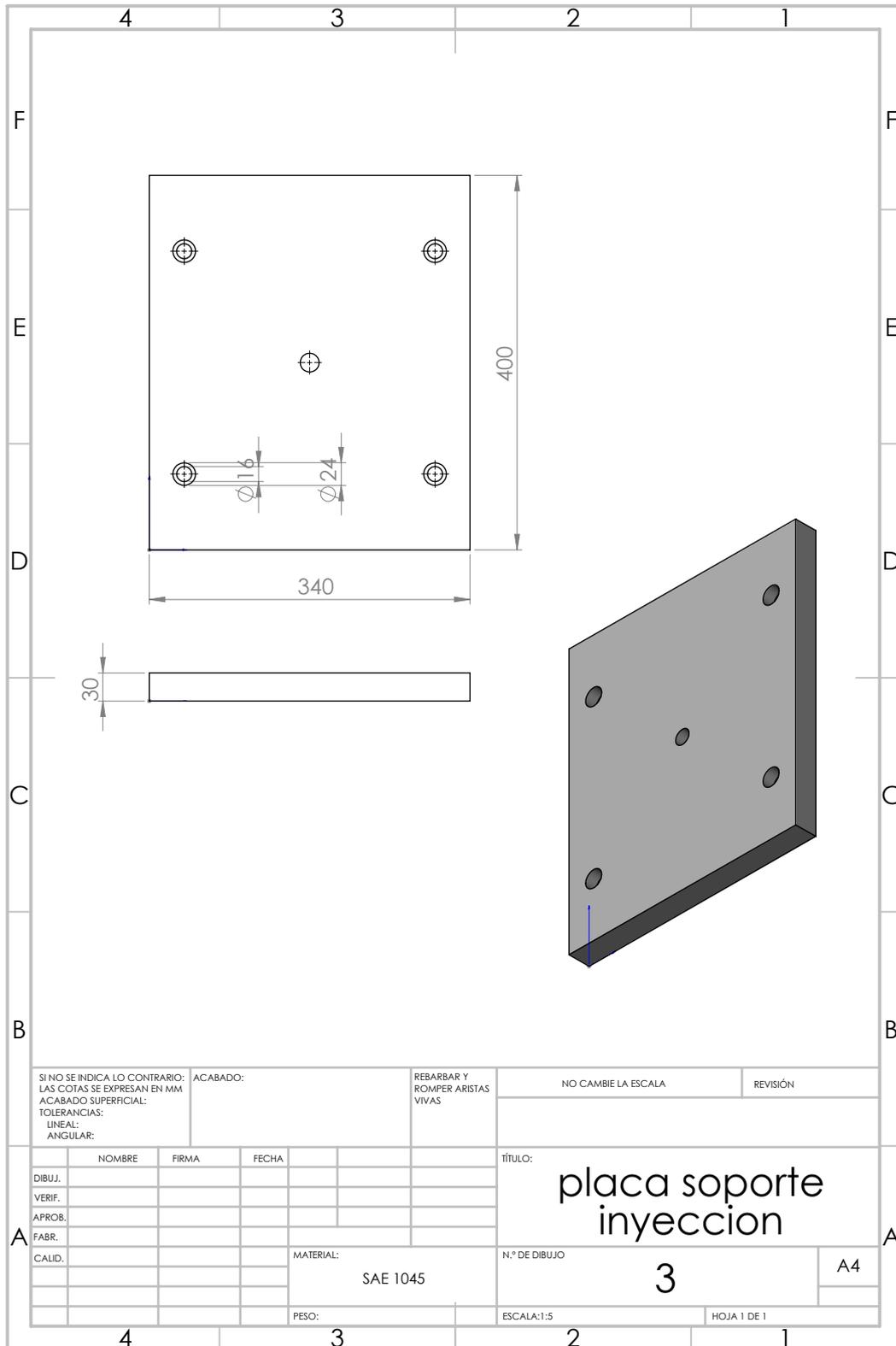


Figura 175: Placa de respaldo lado Inyección

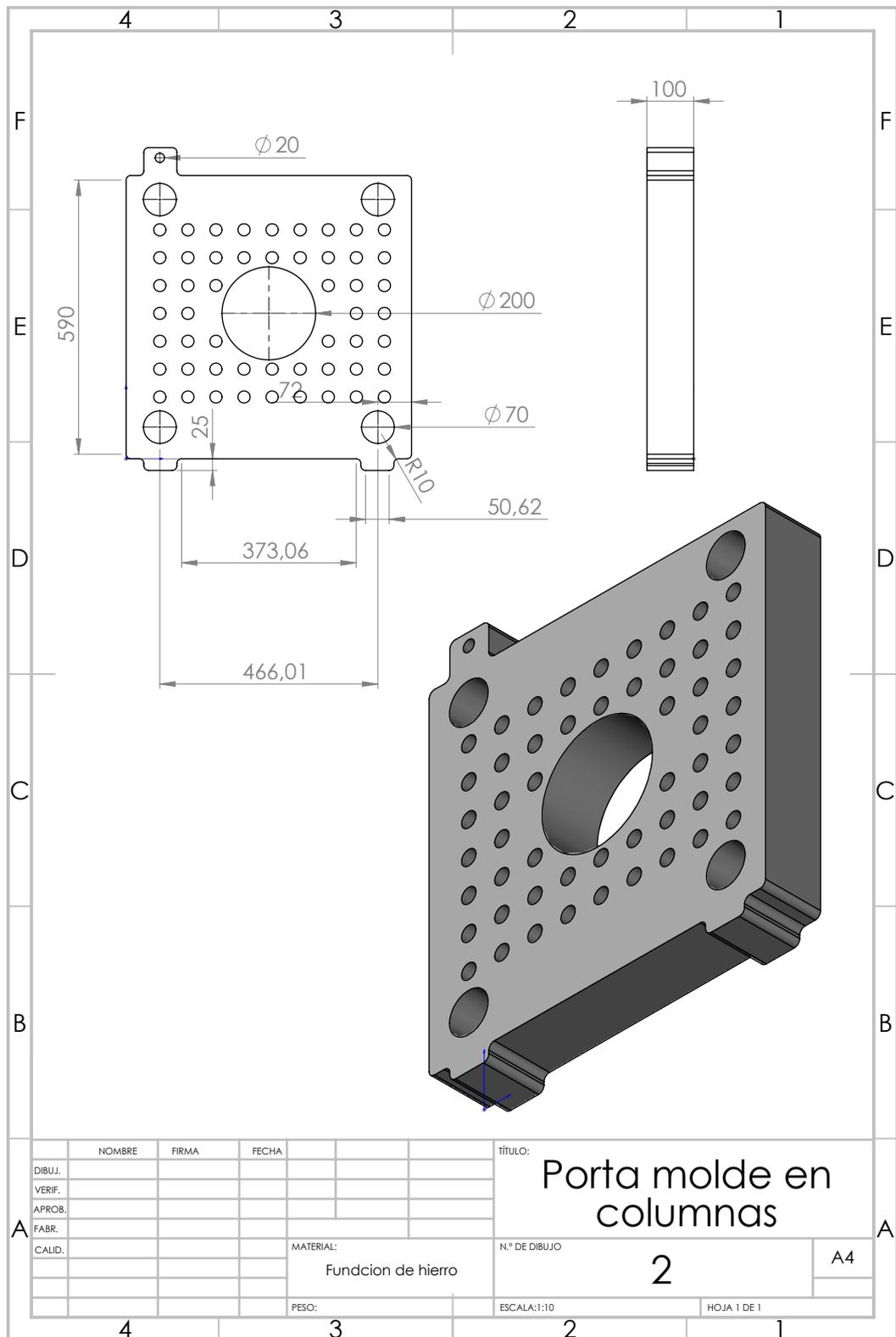


Figura 176: Plato de maquina inyectora, porta Matriz

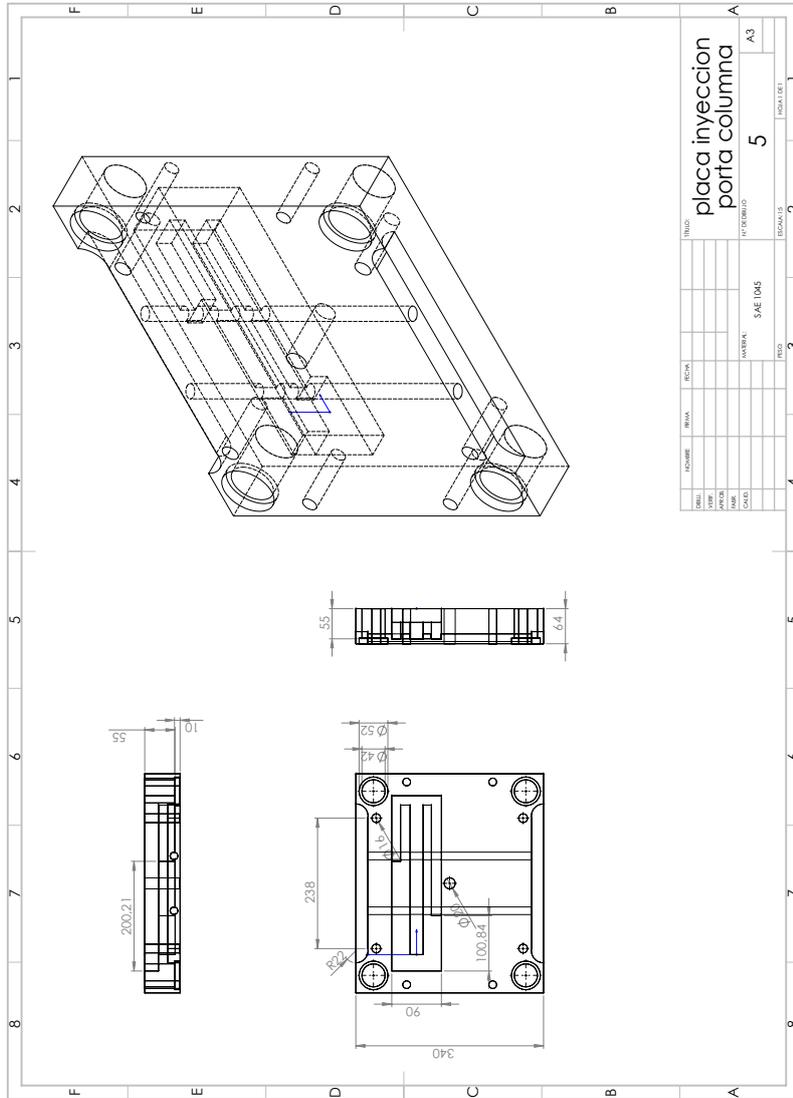


Figura 177: Placa Inyección con sistema de refrigeración

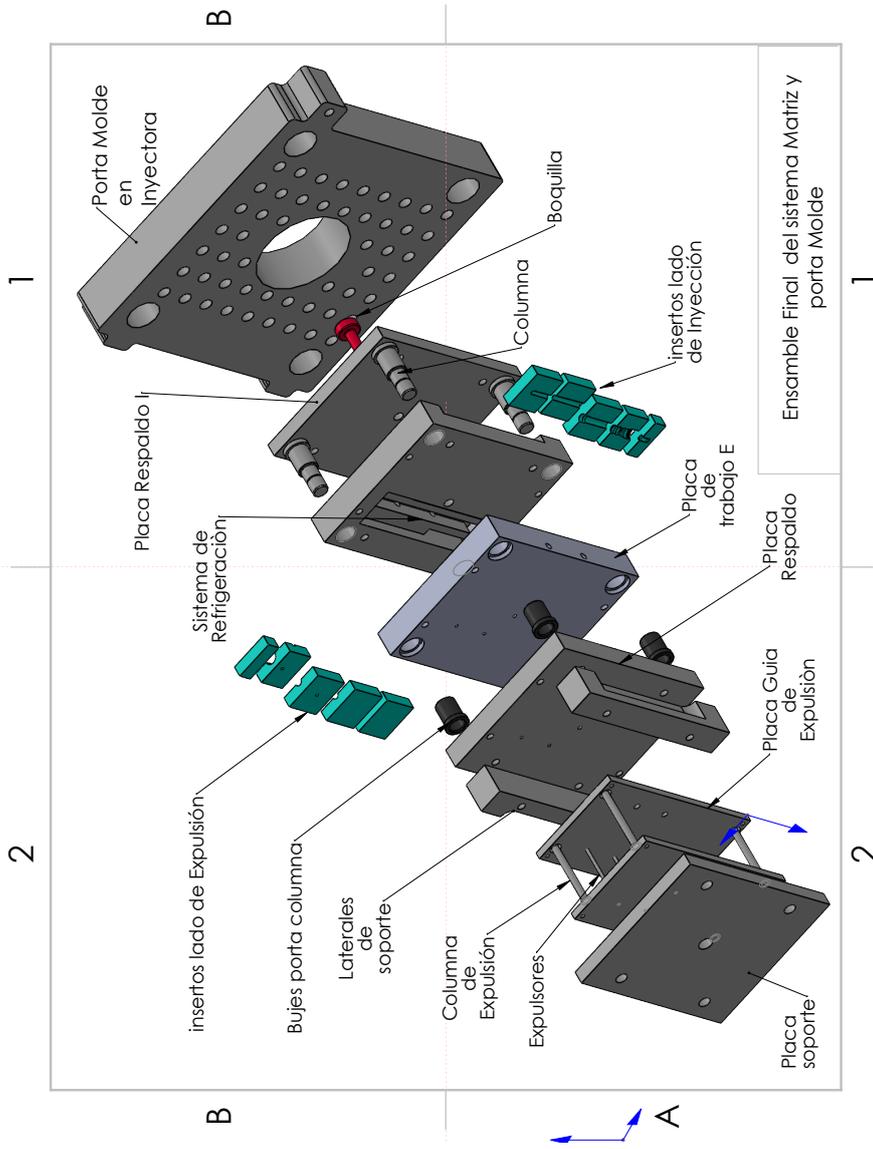


Figura 178: Ensamblaje

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BASAF. <http://www.polyurethanes.basf.pdf>, 22 de Agosto de 2013. 2013.
- [2] Maribel Beltrn-Rico y A Marcilla-Gomis. «Tecnología de los polimeros». En: *Publicaciones Universidad de Alicante, Alicante, ISBN (2012)*, págs. 4-10.
- [3] Erik Danneberg, Tilman Peter Ruetzel, Roland Buda y Frank Meyer. *Plastic screw anchor for securing a rail to a railroad tie*. US Patent 8,814,058. 2014.
- [4] Gunter Fasterding y Jurgen Frenzel. *Concrete cross sleeper system*. US Patent 4,802,623. 1989.
- [5] Patricia María Frontini, María Camila Quintana, Federico Rueda y Pablo Jeremías Deniro. «University of Mar del Plata Applies Moldex3D in Academic Research to Design Molding Cavity and Cooling System for Insert Injection Molding Process». En: *Moldex3D (2016)*.
- [6] J Haponiuk, A Balas y T Kawka. «Application of the DSC analysis of thermoplastic polyurethane elastomers to a comparative study of their technological properties». En: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 36.6 (1990), págs. 2249-2252.
- [7] Peter Jones. *The Mould Design Guide, Smithers Rapra Technology Limited*. 2008.
- [8] Daniel A Maceira. «Reconversion industrial y cambio estrategico en el bloque automotriz argentino 1980-1993». En: (1995).
- [9] SC Malguarnera y Al Manisali. «The effects of processing parameters on the tensile properties of weld lines in injection molded thermoplastics». En: *Polymer Engineering & Science* 21.10 (1981), págs. 586-593.
- [10] Georg Menges, G Mohren, Luis Asensi Mestre y Antonio Amoros Massanet. *Moldes para inyeccion de plasticos*. Gustavo Gili, 1980.

- [11] Scott J Moravek, Mohammad K Hassan, David J Drake, Tim R Cooper, Jeffrey S Wiggins, Kenneth A Mauritz y Robson F Storey. «Seawater degradable thermoplastic polyurethanes». En: *Journal of applied polymer science* 115.3 (2010), págs. 1873-1880.
- [12] Gobierno de la Nacion Argentina. *La Industria Ferroviaria en Argentina*. urlwww.argentina.gob.ar/normas-de-17-millones-de-durmientes-se-reactiva-la-industria-ferroviaria. 2017.
- [13] Gobierno de la Nacion Argentina. *La Industria Ferroviaria en Argentina*. urlwww.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/. 2019.
- [14] Molina Osejos y Jaime Vinicio. «Caracterizacion de materiales termoplasticos de ABS y PLA semi-rigido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes». Tesis de maestría. Quito, 2016., 2016.
- [15] Alexander Osterwalder e Yves Pigneur. «Business model canvas». En: *Self published. Last* (2010).
- [16] Andres Lopez Pita. «Apuntes para la historia de la alta velocidad por ferrocarril en Europa». En: *IV Congreso Historia Ferroviaria: Malaga, septiembre-2006*. Consejero de Obras Publicas y Transportes. 2006, pág. 85.
- [17] JA Rodriguez y Jose Antonio. «Sistemas de prototipado rapido». En: *Universidad de Vigo* 3 (2001).
- [18] Dominick V Rosato y Marlene G Rosato. *Injection molding handbook*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [19] Hans Schultheiss, Horst Bauernfeind y Helmut Eisenberg. *Rail fastening on concrete ties by means of resilient tension clamps*. US Patent 5,096,119. 1992.
- [20] Michael Szycher. *Szycher's handbook of polyurethanes*. CRC press, 1999.
- [21] Salinas Aldo Torres. *Contabilidad de costos*. Mc Graw Hill, 1996.