



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**OBTENCIÓN DE LADRILLOS PLÁSTICOS SEGÚN LA NORMA  
NTE INEN 317 EN POLIPROPILENO RECICLADO DE FÁCIL  
ACOPLAMIENTO MEDIANTE EL MÉTODO DE INYECCIÓN DE  
POLÍMEROS**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:**

**DAVID GREGORIO PALACIOS MAZÓN**

Riobamba - Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**OBTENCIÓN DE LADRILLOS PLÁSTICOS SEGÚN LA NORMA  
NTE INEN 317 EN POLIPROPILENO RECICLADO DE FÁCIL  
ACOPLAMIENTO MEDIANTE EL MÉTODO DE INYECCIÓN DE  
POLÍMEROS**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR: DAVID GREGORIO PALACIOS MAZÓN**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL ESCOBAR GUACHAMBALA**

Riobamba - Ecuador

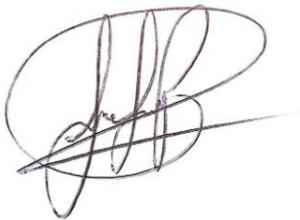
2022

© 2022, David Gregorio Palacios Mazón

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, DAVID GREGORIO PALACIOS MAZÓN, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de enero del 2022



---

**David Gregorio Palacios Mazón**

**C.I: 1804374187**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación; Tipo: Proyecto técnico, **OBTENCIÓN DE LADRILLOS PLÁSTICOS SEGÚN LA NORMA NTE INEN 317 EN POLIPROPILENO RECICLADO DE FACIL ACOPLAMIENTO MEDIANTE EL MÉTODO DE INYECCIÓN DE POLÍMEROS**, realizado por el señor: **DAVID GREGORIO PALACIOS MAZÓN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-01-31
Ing. Migue Ángel Escobar Guachambala <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2022-01-31
Ing. Jorge Isáías Caicedo Reyes <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-01-31

## **DEDICATORIA**

A mis padres y mi familia quienes me han apoyado y forjado como una persona todo el tiempo. Siempre han sido fuente de inspiración en mi vida. Muchos de los logros son gracias a ustedes en especial este. Me formaron con valores, reglas y con algunas libertades, permanentemente me han motivado para alcanzar mis anhelos.

David Gregorio Palacios Mazón

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darle la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad.

A mi familia por su apoyo y comprensión

David Gregorio Palacios Mazón

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ABREVIACIONES .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xx
RESUMEN .....	xxi
SUMMARY .....	xxii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del Problema .....	4
1.3. Justificación del proyecto .....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
1.5. Alcance .....	5

### CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Polipropileno .....	6
2.1.1. <i>Comportamiento mecánico</i> .....	8
2.1.2. <i>Inflamabilidad</i> .....	9
2.1.3. <i>Protección UV</i> .....	10
2.1.4. <i>Coloración de Plásticos</i> .....	10
2.1.5. <i>Retardante de llamas</i> .....	12

2.1.6.	<i>Proceso de reciclaje</i> .....	12
2.2.	<b>Inyección de polímeros termoplásticos</b> .....	14
2.2.1.	<i>Tecnología de moldeo</i> .....	16
2.2.2.	<i>Factores que influyen en el proceso de moldeo</i> .....	18
2.2.3.	<i>Contracción de piezas moldeadas</i> .....	26
2.2.4.	<i>Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas</i> .....	28
2.2.5.	<i>Espesor de Pared</i> .....	29
2.2.6.	<i>Características y normas de moldeo para materiales termoplásticos</i> .....	31
2.2.7.	<i>Normalizado en el molde</i> .....	32
2.2.8.	<i>Normalizado en la pieza</i> .....	32
2.3.	<b>Tecnología de la construcción de paredes</b> .....	33
2.3.1.	<i>Monolitismo</i> .....	33
2.3.2.	<i>Estabilidad</i> .....	34
2.3.3.	<i>Dimensionamiento</i> .....	35
2.4.	<b>Viviendas de interés social</b> .....	35

### **CAPITULO III**

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	38
3.1.	<b>Diseño del ladrillo plástico</b> .....	38
3.1.1.	<i>Referentes en la construcción de bloques y ladrillos plásticos</i> .....	38
3.1.2.	<i>Diseño del prototipo</i> .....	42
3.1.3.	<i>Generación del prototipo mediante software CAD</i> .....	43
3.1.4.	<i>Simulación de esfuerzo</i> .....	46
3.1.5.	<i>Generación del prototipo con ingeniería aditiva</i> .....	55
3.2.	<b>Diseño molde de inyección</b> .....	57
3.2.1.	<i>Selección de materiales para la construcción del molde</i> .....	57
3.2.2.	<i>Análisis de resistencia mecánica</i> .....	59
3.2.3.	<i>Cálculo del tiempo de enfriamiento</i> .....	73
3.2.4.	<i>Modelado 3D del molde de inyección</i> .....	75

3.2.5.	<i>Simulación de Inyección en el molde</i> .....	80
3.2.6.	<i>Simulación de esfuerzo en el molde</i> .....	85
3.3.	<b>Manufactura con herramientas CAM</b> .....	90
3.3.1.	<i>Cálculo de los parámetros para el mecanizado</i> .....	90
3.3.2.	<i>Estrategias para el Mecanizado</i> .....	92
3.3.3.	<i>Generación del programa CNC y simulación de mecanizado</i> .....	96
3.3.4.	<i>Construcción del molde</i> .....	102
3.4.	<b>Pruebas de producción de ladrillo plástico</b> .....	106
3.4.1.	<i>Obtención del material reciclado</i> .....	106
3.4.2.	<i>Parámetros de inyección</i> .....	108
3.4.3.	<i>Producción del ladrillo plástico</i> .....	109
3.4.4.	<i>Retoque del molde</i> .....	112
3.5.	<b>Determinación de propiedades del ladrillo plástico</b> .....	112
3.5.1.	<i>Compresión</i> .....	113
3.5.2.	<i>Flexión</i> .....	114
3.5.3.	<i>Dureza</i> .....	116
3.5.4.	<i>Inflamabilidad</i> .....	117
3.6.	<b>Análisis de costos</b> .....	118
3.6.1.	<i>Costos directos</i> .....	118
3.6.2.	<i>Costos indirectos</i> .....	119

## **CAPITULO IV**

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	122
4.1.	<b>Análisis de Resultados</b> .....	122
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	124
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	126

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Propiedades físicas del Polipropileno.....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Propiedades mecánicas del Polipropileno. ....	8
<b>Tabla 3-2:</b>	Propiedades eléctricas del Polipropileno.....	9
<b>Tabla 4-2:</b>	Normas de referencia para el ensayo de inflamabilidad. ....	9
<b>Tabla 5-2:</b>	Tipos de Pigmentos para el trabajo con plásticos.....	11
<b>Tabla 6-2:</b>	Propiedades físicas del Polipropileno.....	17
<b>Tabla 7-2:</b>	Rangos típicos de temperaturas de procesamiento para polímeros.....	19
<b>Tabla 8-2:</b>	Rangos típicos de temperaturas óptimas de moldes. ....	20
<b>Tabla 9-2:</b>	Principales diferencias entre moldes de canal frío y caliente. ....	26
<b>Tabla 10-2:</b>	Algunos valores aproximados de contracción. ....	27
<b>Tabla 11-2:</b>	Espesores de pared sugeridos.....	30
<b>Tabla 12-2:</b>	Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos. ....	30
<b>Tabla 13-2:</b>	Elementos normalizados según norma DIN E16 750.....	32
<b>Tabla 14-2:</b>	Ensayos normalizados para piezas inyectadas.....	32
<b>Tabla 15-2:</b>	Dimensiones modulares normales de los ladrillos cerámicos.....	35
<b>Tabla 16-2:</b>	Proyectos de vivienda del Gobierno Nacional .....	36
<b>Tabla 17-2:</b>	Tipologías de vivienda de interés social.....	37
<b>Tabla 1-3:</b>	Especificaciones generales de los bloques Everblock .....	39
<b>Tabla 2-3:</b>	Ventajas y Desventajas de los bloques Everblock.....	39
<b>Tabla 3-3:</b>	Especificaciones generales de los bloques Easybrick .....	40
<b>Tabla 4-3:</b>	Ventajas y Desventajas de los bloques EasyBrick .....	41
<b>Tabla 5-3:</b>	Caracterización del peso de cada elemento en la construcción. ....	48
<b>Tabla 6-3:</b>	Caracterización de la pieza diseñada.....	48
<b>Tabla 7-3:</b>	Propiedades del material Polipropileno.....	49
<b>Tabla 8-3:</b>	Resumen de resultados de la simulación de compresión.....	51
<b>Tabla 9-3:</b>	Resumen de resultados de la simulación de flexión.....	53
<b>Tabla 10-3:</b>	Partes y materiales en la construcción del molde.....	57

<b>Tabla 11-3:</b> Composición química del acero AISI 1010 .....	58
<b>Tabla 12-3:</b> Composición química del acero AISI 104 .....	59
<b>Tabla 13-3:</b> Composición química del acero plata W1 .....	59
<b>Tabla 14-3:</b> Información básica para el diseño del molde. ....	60
<b>Tabla 14-3:</b> Información adicional para el diseño del molde.....	61
<b>Tabla 15-3:</b> Características de los pernos Seleccionados.....	69
<b>Tabla 16-3:</b> Coeficientes de fricción para pares roscados.....	70
<b>Tabla 17-3:</b> Propiedades del Polipropileno en Moldex3D.....	82
<b>Tabla 18-3:</b> Otros resultados obtenidos en Moldex3D. ....	84
<b>Tabla 19-3:</b> Parámetros de simulación para la cavidad fija. ....	86
<b>Tabla 20-3:</b> Parámetros de simulación para la cavidad móvil. ....	87
<b>Tabla 21-3:</b> Parámetros de simulación para la placa de expulsión. ....	88
<b>Tabla 22-3:</b> Características de la fresa requerida.....	90
<b>Tabla 23-3:</b> Resumen de procedimiento para placa de respaldo fija.....	93
<b>Tabla 24-3:</b> Resumen de procedimiento para placa cavidad fija. ....	94
<b>Tabla 25-3:</b> Resumen de procedimiento para placa cavidad móvil. ....	94
<b>Tabla 26-3:</b> Resumen de procedimiento para placa de respaldo de cavidad móvil.....	95
<b>Tabla 27-3:</b> Resumen de procedimiento para placas paralelas. ....	95
<b>Tabla 28-3:</b> Resumen de procedimiento para placas expulsión.....	95
<b>Tabla 29-3:</b> Resumen de procedimiento para placa de respaldo móvil.....	95
<b>Tabla 30-3:</b> Parámetros obtenidos en la simulación de la inyección. ....	108
<b>Tabla 31-3:</b> Parámetros reales obtenidos en la inyección. ....	111
<b>Tabla 32-3:</b> Parámetros del ensayo de compresión. ....	113
<b>Tabla 33-3:</b> Parámetros del ensayo de flexión.....	115
<b>Tabla 34-3:</b> Parámetros del ensayo de dureza shore.....	116
<b>Tabla 35-3:</b> Parámetros del ensayo de inflamabilidad.....	117
<b>Tabla 36-3:</b> Costos Directos.....	119
<b>Tabla 37-3:</b> Costos Indirectos. ....	120
<b>Tabla 38-3:</b> Costo total del proyecto. ....	120

<b>Tabla 39-3:</b> Costo de producción del ladrillo plástico. ....	121
<b>Tabla 1-4:</b> Comparación de los resultados de compresión en el ladrillo. ....	122
<b>Tabla 2-4:</b> Comparación de los resultados de flexión en el ladrillo. ....	122
<b>Tabla 3-4:</b> Comparación de los parámetros de inyección. ....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Cadena de monómeros en los distintos tipos de Polipropileno. ....	6
<b>Figura 2-2:</b>	Símbolo de reciclaje empleado para el Polipropileno. ....	7
<b>Figura 3-2:</b>	Plásticos coloreados. ....	11
<b>Figura 4-2:</b>	Proceso de reciclaje mecánico. ....	13
<b>Figura 5-2:</b>	Tipos de reciclaje químico. ....	13
<b>Figura 6-2:</b>	Pellet obtenido del reciclaje. ....	14
<b>Figura 7-2:</b>	Esquema genérico de una inyectora de polímeros. ....	15
<b>Figura 8-2:</b>	Unidad de Inyección. ....	15
<b>Figura 9-2:</b>	Unidad de cierre. ....	16
<b>Figura 10-2:</b>	Partes del molde de inyección. ....	17
<b>Figura 11-2:</b>	Variables que influyen en la presión de inyección. ....	21
<b>Figura 12-2:</b>	Distribución de presión en el polímero fundido. ....	21
<b>Figura 13-2:</b>	Defecto alabeo. ....	23
<b>Figura 14-2:</b>	Rechupe por efecto de un mal diseño. ....	23
<b>Figura 15-2:</b>	Componentes del sistema de alimentación. ....	25
<b>Figura 16-2:</b>	Orientación de cadenas durante el flujo de polímeros. ....	27
<b>Figura 17-2:</b>	Anisotropía provocada por la orientación de las cadenas. ....	28
<b>Figura 18-2:</b>	Colocación de ladrillos a soga. ....	33
<b>Figura 19-2:</b>	Colocación de ladrillos a soga. ....	34
<b>Figura 20-2:</b>	(1) Dintel (2) Jamba. ....	34
<b>Figura 1-3:</b>	Construcción con Everblock. ....	38
<b>Figura 2-3:</b>	Construcción con EasyBrick. ....	40
<b>Figura 3-3:</b>	Construcción con Conceptos Plásticos. ....	41
<b>Figura 4-3:</b>	EasyBrick. ....	42
<b>Figura 5-3:</b>	Elementos importantes para el diseño del ladrillo plástico. ....	43
<b>Figura 6-3:</b>	Esquema inicial del ladrillo plástico. ....	44
<b>Figura 7-3:</b>	Ejemplo de sujeción por medio de Cola de Pato. ....	44

<b>Figura 8-3:</b>	Configuración de la cola de Milano hembra usada en el proyecto.....	45
<b>Figura 9-3:</b>	Extrusión panel posterior de 0.8 mm. ....	45
<b>Figura 10-3:</b>	Detalle del sistema de sujeción vertical. ....	46
<b>Figura 11-3:</b>	Prototipo CAD del ladrillo plástico terminado. ....	46
<b>Figura 12-3:</b>	Creación de un modelo de vivienda en Inventor.....	47
<b>Figura 13-3:</b>	Segmento de ladrillo que soporta la mayor carga. ....	47
<b>Figura 14-3:</b>	Mallado del ladrillo para la simulación de compresión. ....	50
<b>Figura 15-3:</b>	Aplicación de cargas para la simulación de flexión.....	50
<b>Figura 16-3:</b>	Esfuerzo Von Misses.....	51
<b>Figura 17-3:</b>	Coefficiente de seguridad. ....	52
<b>Figura 18-3:</b>	Desplazamiento total. ....	52
<b>Figura 19-3:</b>	Tensión de Von Mises durante la flexión. ....	53
<b>Figura 20-3:</b>	Coefficiente de seguridad durante la flexión.....	54
<b>Figura 21-3:</b>	Desplazamiento total durante la flexión. ....	54
<b>Figura 22-3:</b>	Programa para impresión 3D PrusaSlicer. ....	55
<b>Figura 23-3:</b>	Resultados del Laminado 3D.....	56
<b>Figura 24-3:</b>	Impresión y pieza terminada ....	56
<b>Figura 25-3:</b>	Elementos del molde para ladrillo plástico.....	57
<b>Figura 25-3:</b>	Diagrama para determinar la presión de la cavidad. ....	61
<b>Figura 25-3:</b>	Especificaciones de la inyectora MA II. ....	62
<b>Figura 26-3:</b>	Momento de Inercia XX en un rectángulo.....	64
<b>Figura 27-3:</b>	Distribución de los pernos en la placa de respaldo móvil. ....	67
<b>Figura 28-3:</b>	Momento flector aplicado en la parte móvil del molde. ....	68
<b>Figura 29-3:</b>	Compresión de elementos cuando sus propiedades elásticas son equivalentes ....	71
<b>Figura 30-3:</b>	Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo fija. ....	74
<b>Figura 30-3:</b>	Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo fija. ....	75
<b>Figura 31-3:</b>	Paso a paso en el modelado de la placa de cavidad fija. ....	76
<b>Figura 32-3:</b>	Paso a paso en el modelado de las guías. ....	76
<b>Figura 33-3:</b>	Paso a paso en el modelado de las guías. ....	76

<b>Figura 34-3:</b> Paso a paso en el modelado de la placa de cavidad móvil. ....	77
<b>Figura 35-3:</b> Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo. ....	77
<b>Figura 36-3:</b> Paso a paso en el modelado de las paralelas. ....	78
<b>Figura 37-3:</b> Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 1. ....	78
<b>Figura 38-3:</b> Paso a paso en el modelado de los expulsores. ....	78
<b>Figura 39-3:</b> Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 2. ....	79
<b>Figura 40-3:</b> Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 2. ....	79
<b>Figura 41-3:</b> Modelado 3D del molde de inyección .....	80
<b>Figura 42-3:</b> Importación del Modelo. ....	80
<b>Figura 43-3:</b> Creación de los sistemas de corrido.....	81
<b>Figura 44-3:</b> Descripción del Sistema de enfriamiento. ....	81
<b>Figura 45-3:</b> Generación de la Malla.....	82
<b>Figura 46-3:</b> Simulación de tiempo de llenado durante la inyección.....	83
<b>Figura 47-3:</b> Ubicación de las trampas de aire. ....	83
<b>Figura 48-3:</b> Resultados de tensión en la cavidad fija. ....	86
<b>Figura 49-3:</b> Resultados de deformación en la cavidad fija.....	86
<b>Figura 50-3:</b> Resultados de tensión en la cavidad móvil. ....	87
<b>Figura 51-3:</b> Resultados de deformación en la cavidad móvil.....	88
<b>Figura 52-3:</b> Resultados de tensión en la placa de expulsión. ....	89
<b>Figura 53-3:</b> Resultados de deformación en la cavidad móvil.....	89
<b>Figura 54-3:</b> Ensamble del molde de fabricación. ....	93
<b>Figura 55-3:</b> Pieza importada y selección de la máquina. ....	97
<b>Figura 55-3:</b> Parámetros de la simulación del mecanizado. ....	97
<b>Figura 55-3:</b> Simulación del desbaste de la placa de respaldo.....	98
<b>Figura 55-3:</b> Procesamiento correcto post simulación.....	98
<b>Figura 55-3:</b> Selección de los parámetros de la broca. ....	99
<b>Figura 55-3:</b> Simulación del procedimiento con broca de centros.....	99
<b>Figura 55-3:</b> Simulación del mecanizado de los agujeros. ....	100
<b>Figura 55-3:</b> Configuración de parámetros para el desbaste del agujero central. ....	100

<b>Figura 55-3:</b> Simulación del desbaste del agujero central. ....	101
<b>Figura 55-3:</b> Mecanizado de la geometría cónica. ....	101
<b>Figura 55-3:</b> Esquema de operaciones requeridas en el mecanizado de esta pieza. ....	102
<b>Figura 55-3:</b> Fabricación de las piezas en la fresadora CNC. ....	102
<b>Figura 56-3:</b> Placa de cavidad móvil. ....	103
<b>Figura 57-3:</b> Placa de respaldo cavidad mecanizada. ....	103
<b>Figura 58-3:</b> Placa de expulsión 1 y 2 con expulsores. ....	104
<b>Figura 59-3:</b> Placa cavidad móvil mecanizada. ....	104
<b>Figura 60-3:</b> Placa de respaldo móvil. ....	105
<b>Figura 61-3:</b> Prueba de ensamble. ....	105
<b>Figura 62-3:</b> Recolección de material reciclado. ....	106
<b>Figura 63-3:</b> Selección de PP adecuado. ....	107
<b>Figura 64-3:</b> Prueba de ensamble. ....	107
<b>Figura 65-3:</b> Hojuelas de PP. ....	108
<b>Figura 66-3:</b> Ubicación y aseguramiento del molde. ....	109
<b>Figura 67-3:</b> Precalentamiento del molde. ....	110
<b>Figura 68-3:</b> Indicaciones del tablero de control. ....	110
<b>Figura 69-3:</b> Piezas obtenidas y prueba de ensamble de los ladrillos. ....	111
<b>Figura 70-3:</b> Diagrama Alargamiento vs. Carga del ensayo de compresión. ....	114
<b>Figura 71-3:</b> Diagrama Desplazamiento vs. Fuerza del ensayo de flexión. ....	116

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1-2:</b> Procesamiento del polipropileno por molienda e inyección. ....	8
<b>Gráfico 2-2:</b> Circuito hidráulico básico y sus partes. ....	16
<b>Gráfico 3-2:</b> Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos .....	31
<b>Gráfico 4-2:</b> Factores que influyen en la estabilidad de una pared. ....	34
<b>Gráfico 1-3:</b> Proceso a seguir en la simulación de esfuerzos. ....	49
<b>Gráfico 2-3:</b> Proceso para la simulación de elementos del molde en Ansys. ....	85
<b>Gráfico 2-3:</b> Deformación en el ensayo en superficie en 30s. ....	118

## ÍNDICE DE ABREVIACIONES

$\delta_{\max}$	Máxima deflexión.
$w$	Fuerza aplicada por unidad de área.
$L$	Largo de la pieza.
$t$	Espesor de la placa.
$K$	Factor de condición de soporte.
$W$	Carga total.
$E$	Módulo de elasticidad.
$I$	Momento de Inercia que resiste la deformación.
$P_{maq}$	Presión crítica.
$A_{molde}$	Área del molde.
$D$ :	Diámetro.
$Le$	Longitud efectiva.
$R_e$	Razón de esbeltez
$S_y$	Límite de fluencia
$F_{ext}$	Fuerza de extracción
$W_f$	Peso de la parte fija.
$W_m$	Peso de la parte móvil.
$W_t$	Peso total.
$F'$	Carga primaria sobre cada perno.
$V$	Peso total a corte.
$n$	Número de pernos en la junta.
$F''$	Carga crítica debida a tracción
$M_f$	Momento flector.
$r_k$	Distancia del origen al perno crítico.
$r_n$	Distancia desde el centroide de la junta hasta el centro.
$Sp$	Resistencia de prueba.
$Sy$	Resistencia a la fluencia.
$Sut$	Resistencia última a la tracción.
$An$	Área Normal.
$At$	Área a tracción.
$S_p$	Resistencia de prueba.
$F_i$	Pretensión requerida.
$F_R$	Fuerza de Rozamiento.
$\mu$	Coefficiente de fricción.

$N$	Normal que actúa en el par.
$A_t$	Área de esfuerzo a tensión.
$A_d$	Área del diámetro mayor.
$l_t$	Longitud de la parte roscada de agarre.
$l_d$	Longitud de la parte sin rosca de agarre.
$E_b$	Módulo de elasticidad del perno.
$t_k$	Tiempo de enfriamiento.
$k$	Conductividad térmica del material.
$\rho$	Densidad.
$c_e$	Calor específico.
$s$	Espesor de la pieza a fabricar.
$\sigma_M$	Temperatura de elaboración.
$\sigma_W$	Temperatura en la pared del molde.
$\sigma_E$	Temperatura media de desmoldeo.
$Q$	Calor.
$h_s$	Entalpía específica.
$t_k$	Tiempo de enfriamiento.
$m_{H_2O}$	Masa de agua.
$C_{H_2O}$	Calor específico del agua.
$zefp$	Profundidad de corte máxima.
$n$	Velocidad del husillo.
$fz$	Avance por diente.
$Vc$	Velocidad de corte.
$Dc$	Diámetro de corte.
$Kr$	Ángulo de corte.
$Apnx$	Profundidad de corte axial.

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Planos de ladrillo plástico y moldes de inyección.
- ANEXO B:** Especificaciones de la máquina de inyección.
- ANEXO C:** Hojas de proceso para la manufactura de piezas.
- ANEXO D:** Extracto del código G para la fabricación del molde de inyección.
- ANEXO E:** Informes de los ensayos de Compresión, Flexión, Dureza e Inflamabilidad.
- ANEXO F:** Informes de simulación del ladrillo.

## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue la obtención de ladrillos plásticos según la norma NTE INEN 317 en polipropileno reciclado de fácil acoplamiento mediante el método de inyección de polímeros, esto buscó reducir los costos de construcción y facilitar el acceso a la vivienda de interés social e involucrar la economía circular a través del reciclaje. La identificación del diseño fue muy importante para el ladrillo y el molde de inyección mismo que se fundamentó en el estudio de tecnología de paredes, las propiedades del material y las opciones similares disponibles en el mercado, con herramientas CAD/CAM/CAE analizando las cargas que actúan para cada sistema. Para el protocolo de pruebas se inyectó polipropileno reciclado y se obtuvo varias piezas con el acabado y dimensiones deseadas. Se analizó el producto y se determinaron las propiedades mecánicas y así comprobar su resistencia, para esto se empleó maquinas calibradas del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, obteniendo una fuerza de compresión máxima de 2.60 kN correspondiente a un esfuerzo máximo de 14.38 MPa, en cuanto a la flexión el ladrillo soportó una fuerza máxima de 4.5 kN correspondiente a un esfuerzo máximo de 444.58 MPa, además una dureza 68.5 Shore D en base a la Norma ASTM D2240-15 y una resistencia a la inflamabilidad de grado medio usando la Norma ISO 11925-2. Se concluye que el producto obtenido es capaz de soportar las cargas esperadas en la estructura de una pared al comparar los resultados experimentales y simulados; siendo ladrillos plásticos funcionales, ecológicos, de fácil acoplamiento y que pueden implementarse en la construcción de viviendas económicas. Se recomienda en el diseño referir para el dimensionamiento de producto la Norma INEN 638; a su vez para el molde de inyección implementar un sistema de expulsión corredera patín y como propuesta emplear material a inyectar HDPE.

**Palabras clave:** <LADRILLOS PLÁSTICOS> <INYECCIÓN DE POLÍMEROS> <POLIPROPILENO> <MOLDE DE INYECCIÓN> <PROPIEDADES MECÁNICAS>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

0716-DBRA-UPT-2022

2022-04-19

## RESUME

The objective of this project was to obtain plastic bricks according to the NTE INEN 317 standard in recycled polypropylene of easy coupling through the polymer injection method, this sought to reduce construction costs and facilitate access to social housing and involve the circular economy through recycling. The identification of the design was very important for the brick and the injection mold itself, which was based on the study of wall technology, the properties of the material and the similar options available on the market, with CAD/CAM/CAE tools analyzing the loads that act for each system. For the test protocol, recycled polypropylene was injected, and several pieces were obtained with the desired finish and dimensions. The product was analyzed, and its mechanical properties were determined to check its resistance. For this, calibrated machines from the Carrocero Metalworking Productive Development Center were used, obtaining a maximum compression force of 2.60 kN corresponding to a maximum force of 14.38 MPa, in terms of bending, the brick withstood a maximum force of 4.5 kN corresponding to a maximum force of 444.58 MPa, in addition to a hardness of 68.5 Shore D based on the ASTM D2240-15 Standard and medium grade flammability resistance using ISO 11925-2. It is concluded that the product obtained can support the loads expected in the structure of a wall when comparing the experimental and simulated results; being functional, ecological plastic bricks, easy to assemble and that can be implemented in the construction of affordable housing. It is recommended in the design to refer to the INEN 638 Standard for product sizing; In turn, for the injection mold, implement a sliding skid ejection system and as a proposal use HDPE material to be injected.

**Keywords:** <PLASTIC BRICKS> <POLYMER INJECTION> <POLYPROPYLENE>  
<INJECTION MOLD> <MECHANICAL PROPERTIES>.

LUIS  
FRANCISCO  
MANTILLA  
CABRERA

Firmado  
digitalmente por  
LUIS FRANCISCO  
MANTILLA  
CABRERA  
Fecha: 2022.04.28  
01:31:10 -05'00'

## **INTRODUCCION**

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a través del informe titulado ‘Un espacio para el desarrollo de los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe’, estableció que el déficit habitacional en Ecuador llega al 31% de los hogares; es decir, a 5,2 millones de personas. A esta cifra se debe sumar el llamado déficit cuantitativo, que determina la ausencia de vivienda a partir de dos condiciones: la primera es que el número de familias que comparten el mismo techo y comparten las facilidades de preparación de las comidas, sea superior a una; y la segunda que haya familias que habitan en viviendas que no pueden ser mejoradas dada la baja calidad de los materiales constructivos. (La Hora, 2019)

El proceso de inyección ha dado pasos agigantados en la industria obteniendo muchos beneficios para el área tecnológica y reduciendo costos en relación con otros procesos de manufactura. Hoy en día las piezas cuentan con exigencias especiales y han encontrado en este proceso una solución reemplazando materiales metálicos, empujados en la industria. El costo importante para considerar en este proceso es el molde, su complejidad, calidad de materiales y cantidad de cavidades. Y a la hora de establecer el adecuado costo de producción hay que tener claro la pieza a inyectar, cantidad de piezas y costo del molde siendo este último el más relevante para este proceso. (Prada, 2017)

Los residuos plásticos han tenido un increíble crecimiento en el consumo en la población actual, definiendo un alto índice de crecimiento de consumo de productos plásticos a una tasa del 4% anual. Su uso se ha focalizado en envases, industria automotriz, vivienda, vestimenta entre otros. Estimando un consumo global en 60M de Tm de los cuales el 50% corresponde a Estados Unidos, el resto a Europa y Asia. Donde hay que tomar en cuenta que el desarrollo de nuevas tecnologías no ha podido equiparar el consumo al reciclaje, siendo este último solo el 15% del consumo global. (Arandes, 2004)

## CAPITULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

En nuestros días la Ingeniería Mecánica ha buscado direccionarse en una nueva área, con un enfoque nuevo en el cambio de piezas de metal por piezas plásticas lo cual ha llevado a desarrollarse conocimiento profundo tanto de las propiedades de los plásticos como de los metales, de esta manera esto aparece de la mano el desarrollo de nuevas tecnologías en el mundo y que facilitan la creación de formas más complejas, elementos más elaborados y sobre todo mayor precisión en las nuevas piezas a construir (Marín Hernandez, 2014)

El moldeo lleva un conjunto de procedimientos que inician del material en su forma natural y se van convirtiendo hasta crear una pieza elaborada que tiene su interés en la industria. La forma final de la pieza tiene que estar cumpliendo los requerimientos necesarios para ser considerado realmente un elemento funcional, que cumpla en el montaje, fiel al diseño establecido, que mantenga un costo razonable, que mantenga un control de calidad igual o superior al requerido (Intelángelo, y otros, 2018 pág. 30)

El decreto Ejecutivo sobre las viviendas de interés social manifiesta en su primer segmento un subsidio total del estado creando viviendas sin costo para los beneficiario por primera y única vez, la vivienda puede construirse en el terreno del beneficiario con un valor entre \$13.500 con la convicción de construir viviendas unifamiliares que obtengan un valor hasta 177.66 salarios básicos unificados es decir \$70.116 y que conste de con un área mínima 50m<sup>2</sup> y disponga dos dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño, área de lavado y secado de ropa con tendedero cada dormitorio contara con un lado mínimo de 2.20m y uno al menos un dormitorio con un lado mínimo de 2.7m, estas soluciones habitacionales serán diseñadas en cumplimiento con los parámetros de accesibilidad universal (Gobierno del Ecuador, 2019)

“Entregar viviendas es dignificar a las familias” en Gobierno entrego en 6 años 255000 viviendas siendo un reto para el estado mejorar la calidad de vida para las familias es escasos recursos económicos de la Patria. (Gobierno del Ecuador, 2019)

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Aunque en la sociedad actual el uso de productos con material reciclado es bastante común, en el Ecuador no es fácil encontrar un proyecto de igual magnitud; y aún más tratándose del ámbito de la construcción. Este trabajo busca plantear al consumidor una alternativa de construcción haciendo uso de bloques plásticos, duraderos, resistentes y sostenibles con el medio ambiente.

La creación de ladrillos plásticos no se debe manejar como una idea al azar puesto que, hay que analizar con cuidado criterios como el costo de producción que influye no solo en el beneficio del productor, sino que también en la accesibilidad al público. Así también deben manejarse aspectos mucho más técnicos, como la resistencia y estabilidad, que requieren obligatoriamente un proceso de revisión bibliográfica, desarrollo de ingeniería, y el proceso experimental.

En resumen, con este proyecto se busca responder a la falta de conocimiento actual en el desarrollo de este tema; y a la apertura de este ya que, aunque existen empresas extranjeras enfocadas en el desarrollo de bloques y ladrillos plásticos su ingeniería no está disponible para el consumidor.

## **1.3. Justificación del proyecto**

Este trabajo es relevante ya que brinda una opción para la creación de ladrillos plásticos que puedan incorporarse en la normativa nacional de construcción; cuyo diseño responda a las necesidades actuales de resistencia, impermeabilidad, aislamiento térmico, acústico, rigidez y otros. En el aspecto práctico, se proporcionarán las especificaciones del material, tamaño y propiedades mecánicas indispensables para su utilización en la construcción. En cuanto al aporte teórico, este proyecto sirve como un resumen documental de las experiencias en el trabajo de reciclaje de plásticos, su procesamiento y producto final que actualmente son bastante escasos si se limita su búsqueda a nuestro país.

Este proyecto es factible ya que actualmente el plástico es uno de los materiales más populares para fabricar productos de uso cotidiano, por lo tanto, el volumen que se puede recuperar es también muy extenso y estará disponible a bajo costo para su reutilización.

Además de los criterios anteriores, se puede clasificar como viable ya que proporcionar un material de construcción barato permitirá la creación de viviendas de bajo costo y accesibles para el sector más vulnerable del país, siguiendo los lineamientos e intereses del Gobierno Ecuatoriano, representado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Obtener ladrillos plásticos según la norma NTE INEN 317 en polipropileno reciclado con fácil acoplamiento mediante el método de inyección de polímeros.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Realizar el estudio del arte del Polipropileno en el proceso de Inyección de polímeros, Moldes de Inyección para polímeros y la Tecnología de construcción de paredes
- Diseñar el ladrillo plástico mediante software CAD y materialización con ingeniería aditiva
- Diseñar y Construir la matriz de inyección para polímeros median software CAD y CAM para la producción en serie por el método de inyección
- Realizar el protocolo de pruebas.
- Determinar las propiedades mecánicas del ladrillo plástico (compresión, flexión) y propiedades físicas (dureza e inflamabilidad)

## **1.5. Alcance**

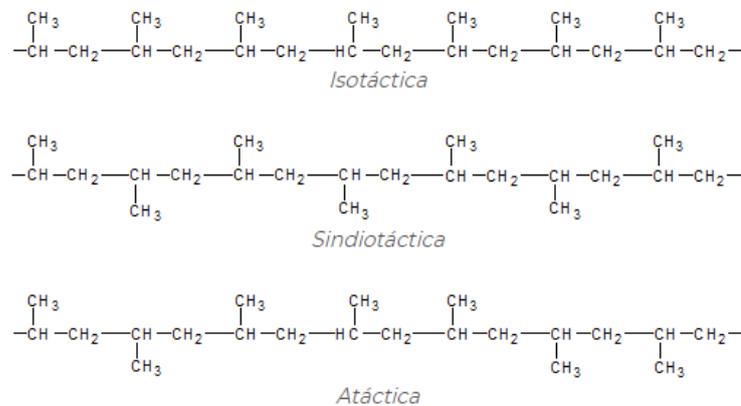
El proyecto tiene como finalidad la obtención de ladrillos plásticos mediante la utilización de polipropileno reciclado que permitan un fácil acoplamiento mediante del proceso de inyección de polímeros para posteriormente caracterizarlo por medio de sus propiedades mecánicas plástico (compresión, flexión, dureza) y térmicas (inflamabilidad).

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Polipropileno

El Polipropileno conocido también como PP, es un polímero semicristalino que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estéreo específico. Similar al polietileno, pero uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene un grupo metilo. La cadena principal del PP se conforma por hidrocarburos saturados, cada dos átomos de carbono se encuentra un grupo metilo, de acuerdo con su disposición se distinguen tres formas de polipropileno: Isotácticos, Sindiotácticos y Atácticos.



**Figura 1-2:** Cadena de monómeros en los distintos tipos de Polipropileno.

**Fuente:** (Textos Científicos, 2015)

El polipropileno es uno de los polímeros más usados en la industria por sus múltiples aplicaciones. El polipropileno o PP es un polímero termoplástico, es decir que en altas temperaturas se vuelve moldeable, aunque similar al polietileno lo diferencia su punto de fusión más alto. Su representación como elemento reciclable es un triángulo, el número 5 y las letras PP. Entre las principales características generales de este material están:

- Costo reducido.
- Fácil de moldear y colorear.
- Inodoro y no tóxico.
- Alta resistencia química a los disolventes.
- Buenas propiedades mecánicas.

- Buena estabilidad térmica
- Reciclable (Reutilizable).
- Excelente Aislante Eléctrico.



**Figura 2-2:** Símbolo de reciclaje empleado para el Polipropileno.

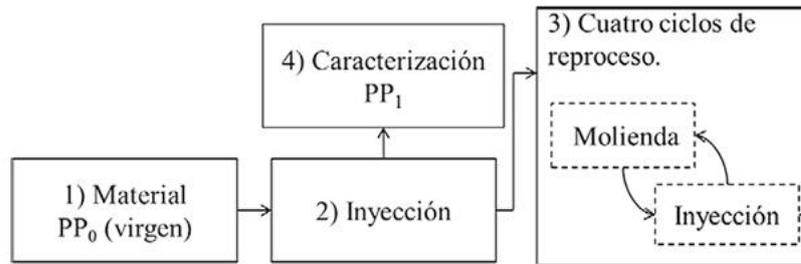
**Fuente:** (Fuentes, 2019)

Aunque este material presenta un sin número de ventajas, uno de los grandes problemas que presenta es su proceso de fabricación que implica fuertes impactos ambientales debido al consumo de petróleo y las emisiones de gases contaminantes que en algunos casos dificultan el reciclaje de forma rentable. (Canal Construcción, 2019)

Una gran variedad de termoplástico se puede reciclar, ya sea porque su poder calorífico es importante o debido a que su proceso de fabricación sea costoso; aunque últimamente la mayor preocupación respecto al reciclaje de plástico proviene de la consciencia ambiental que se incrementa gradualmente.

El polipropileno es uno de los principales polímeros termoplásticos usados para la fabricación de embalajes y envases que al ser reciclado se puede transformar en sillas y otros tipos de muebles, cajas para batería, accesorios de automóvil, tuberías, conexiones, cuerdas, hilo, cinta, y otros artículos para la industria textil. (Careaga, 1993 págs. 84-85)

Este polímero puede ser transformado por un sin número de procesos, entre los que destacan: moldeo por inyección, moldeo por soplado, termoformado, producción de fibras, extrusión y producción de película, siendo el primero el más común. El método de procesamiento por molienda e inyección se muestra a continuación.



**Gráfico 1-2:** Procesamiento del polipropileno por molienda e inyección.

**Fuente:** (Textos Científicos, 2015)

### 2.1.1. Comportamiento mecánico

Por lo general, se dice que el comportamiento mecánico del polipropileno es bueno, a continuación, se presentan tablas con las propiedades físicas, mecánicas y eléctricas junto a sus valores esperados.

**Tabla 1-2:** Propiedades físicas del Polipropileno.

Propiedad	Valor
Densidad	0.9 - 0.91 g / cm <sup>3</sup>
Temperatura de transición vítrea	-10 ° C

**Fuente:** (Omnexus, 2018)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

**Tabla 2-2:** Propiedades mecánicas del Polipropileno.

Propiedad	Valor
Alargamiento a la rotura	150 - 600%
Flexibilidad (Módulo de flexión)	1.2 - 1.6 GPa
Dureza Rockwell M	1-30
Rigidez (Módulo de flexión)	1.2 - 1.6 GPa
Resistencia a la rotura (tracción)	20 - 40 MPa
Resistencia al rendimiento (tracción)	35 - 40 MPa
Resistencia (Impacto con muesca a temperatura ambiente)	20-60 J / m
Dureza a baja temperatura (Impacto con muesca a baja temperatura)	27-107 J / m
Módulo de Young	1.1 - 1.6 GPa

**Fuente:** (Omnexus, 2018)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

**Tabla 3-2:** Propiedades eléctricas del Polipropileno.

Propiedad	Valor
Resistencia al arco	135 - 180 segundos
Constante dieléctrica	2.3
Resistencia dieléctrica	20 - 28 kV / mm
Factor de disipación	3 - 5 x 10 <sup>-4</sup>
Resistividad de volumen	16-18 x 10 <sup>15</sup> Ohm.cm

Fuente: (Omnexus, 2018)

Realizado por: Palacios David, 2021

### 2.1.2. *Inflamabilidad*

El criterio de inflamabilidad muestra un conjunto de características de un material:

- Facilidad de ignición: qué tan rápido se inflama un material
- Propagación de llamas: la rapidez con que el fuego se propaga a través de una superficie de polímero
- Resistencia al fuego: la rapidez con que el fuego penetra una pared o barrera
- Velocidad de liberación de calor: cuánto calor se libera y con qué rapidez
- Facilidad de extinción.
- Generación de gases tóxicos.

La prueba del estándar NTE INEN ISO 11925- 2 indica el procedimiento a seguir en los ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción al ser sometidos a la acción directa de la llama. Específicamente la sección 2 establece una prueba con llama única. (INEN, 2014)

**Tabla 4-2:** Normas de referencia para el ensayo de inflamabilidad.

Norma	Descripción
EN 13238	Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Procedimiento de acondicionamiento y reglas generales para la selección de sustratos.
ISO 13943	Seguridad contra incendios. Vocabulario
ISO 14697	Ensayos de fuego. Guía sobre la elección de sustratos para productos de construcción.

Fuente: (INEN, 2014)

Realizado por: Palacios David, 2021

También existen otros ensayos de inflamabilidad como el estándar UL94HB, en este se indica que la muestra se probó en orientación horizontal por medio de una combustión lenta, en este caso la velocidad de combustión fue de menos de 76 mm/min para una muestra de menos de 3mm de

espesor y la llama se detuvo antes de los 100 mm, con ellos se pueden evaluar la calidad del material frente al fuego. (OMNEXUS, 2018)

### **2.1.3. *Protección UV***

Debido a que la exposición a la luz ultravioleta (UV) constituye uno de los ambientes más dañinos para los polímeros, todos los plásticos que se deseen emplear en exteriores se encuentran en riesgo, por ejemplo: techos, ventanas, etc. La luz UV es parte del espectro que no puede verse con el ojo humano, sobre la luz visible y seguido por los rayos X y gamma.

Cuando un polímero se expone a la luz UV se produce degradación debido a la presencia de residuos o catalizadores en el material que actúan como receptores; el efecto se nota como una decoloración, el plástico toma un color blanco-amarillento, siendo la señal de una pérdida de propiedades como: resistencia al impacto, resistencia a la tracción y el porcentaje de alargamiento. Este proceso se conoce como foto degradación.

La resistencia a la protección UV puede catalogarse entre: excelente, buena, normal y pobre; siendo el caso del polipropileno una resistencia normal. Aunque cada polímero tiene su propia resistencia UV, esta puede mejorarse por medio de varios procesos y aditivos como lo son los absorbentes de UV, los estabilizadores ultravioletas, quenchers, scavengers entre los más conocidos. (OMNEXUS, 2018)

### **2.1.4. *Coloración de Plásticos***

El polipropileno es un material capaz de transformarse por medio de diferentes procesos como: inyección, extrusión, soplado, termoformado y rotomoldeo para la fabricación de diferentes piezas; en muchos de los casos es necesario agregar pigmentos a la mezcla para conseguir que el producto final tenga el color requerido desde transparente hasta los colores ya conocidos.

La obtención de un color para una pieza depende de varios elementos como: uso de la pieza, niveles de tolerancia, resina usada, temperatura del procesamiento, atoxicidad y otros. Para encontrar el color que se requiere pueden usarse varias técnicas, entre ellas el uso de concentrados o masterbatches, su composición es compleja y deben considerarse al menos estos criterios: materias colorantes (colorantes y pigmentos), aditivos y concentrados.

Los aditivos son sustancias químicas que aportan propiedades requeridas en los plásticos como: retardantes de llama, anti-UV, foto biodegradables, entre otros. Su selección depende de varias consideraciones del proceso y del producto final.

En cuanto a los concentrados, estos constituyen la mezcla de aditivos y materias colorantes en el proceso de conseguir una sola sustancia que se agrega durante el proceso de fabricación, estos tienen una elaboración compleja y dependiendo de varios factores estos pueden ser: universales, en polvo y granulados. (Ojeda, 2011)

### 2.1.4.1. Pigmentos

Los pigmentos plásticos son compuestos químicos que se descomponen en partículas microscópicas de su propio tamaño y color, que pueden dar color a un objeto determinado. Aunque su principal objetivo es el de dar color a los objetos, al ser aditivos en la mezcla estos pueden tener efectos en la resistencia térmica, el poder colorante y la migración. (Polyexcel, 2020)



**Figura 3-2:** Plásticos coloreados.  
Fuente: (Wolfgang Winter, 2016)

Generalmente los pigmentos se dividen en dos tipos: Orgánicos e Inorgánicos. Para seleccionar el tipo de colorante hay que considerar las propiedades que se mencionan en la siguiente tabla, con ellos se podrán obtener combinaciones específicas para las aplicaciones que se deseen, por ejemplo, en un caso específico puede desarrollarse un color con hasta una combinación de 5 colorantes diferentes, siempre que se haya considerado la compatibilidad con el material, siga las restricciones en el proceso y la utilización final del producto.

**Tabla 5-2:** Tipos de Pigmentos para el trabajo con plásticos.

Pigmentos Orgánicos	Pigmentos Inorgánicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tienen buena capacidad tintórea.</li> <li>- Acabado con alto brillo</li> <li>- Buena transparencia</li> <li>- Variable solidez a la luz y al calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena opacidad</li> <li>- Buen cubrimiento</li> <li>- Poco brillo final</li> <li>- Buena solidez a la luz</li> <li>- Variable solidez al calor</li> </ul>

Fuente: (Ojeda, 2011)

Realizado por: Palacios David, 2021

### **2.1.5. Retardante de llamas**

La ignición de los plásticos no sucede en su estado sólido, se da más bien cuando este sufre un cambio de fase y llega al estado gaseoso. Una llama es capaz de alimentarse de estos gases provenientes de los plásticos y estos al mismo tiempo continúan su degradación usando el calor del propio fuego. Una sustancia retardante de llama se agrega al material para inhibir el flujo de calor desde la llama hasta el plástico o viceversa.

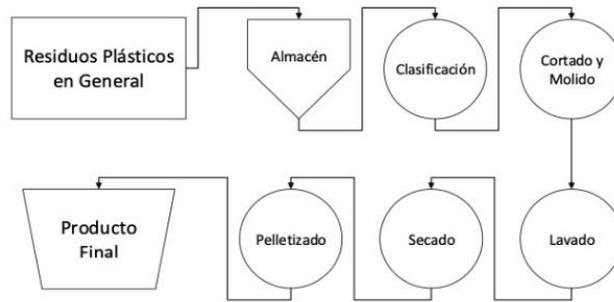
Son sustancias que se añaden a los polímeros para evitar incendios o al menos limitar la propagación del fuego. Esta es más bien una característica que pueden tener varios compuestos y se añade en materiales que serán usados en construcción, edificaciones, transporte y otras ramas. (Chemical Safety Facts, 2019)

Estos compuestos cumplen con su función por medio de un efecto físico o químico. Para el primer caso, estos aditivos generan una capa protectora sobre el polímero antes de que empiece la ignición y por tanto la degradación por calor ya que trabaja como un aislante térmico que evita la conductividad de este; ejemplos de este tipo son los aditivos fosforados, los de ácido bórico, borato de cinc y otros. El efecto químico ocurre el calor de la llama hace que se produzca una reacción química que permita extinguir las llamas (reacciones endotérmicas que absorban el calor); haciendo que la temperatura disminuya y por tanto la degradación también lo haga. Algunos retardantes químicos son los hidróxidos metálicos y retardantes intumescentes entre los más relevantes.

Los plásticos en los que se hayan agregado retardantes deben cumplir con las exigencias legales internacionales, pues los esfuerzos se dirigen siempre a proteger la vida humana y los bienes que puedan verse afectados; los estándares pueden solicitar: reducir la rapidez de combustión, disminuir la emisión de humo, eliminar el goteo de plástico fundido de acuerdo a la industria en la que se ha de aplicar el material. (Serrano, 2005)

### **2.1.6. Proceso de reciclaje**

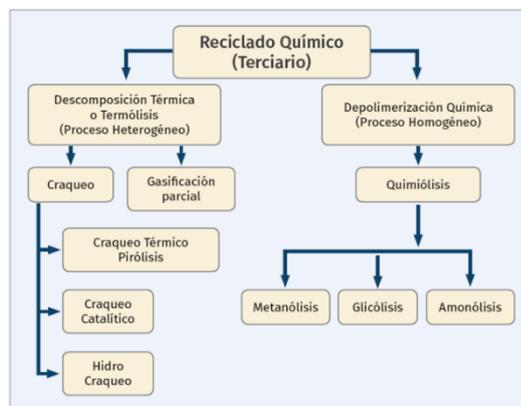
Por su naturaleza, el polipropileno es un excelente material para ser reciclado y debido a su amplia utilidad es fácil encontrarlo en objetos de uso cotidiano e industrial. El sector automotor es uno con las mayores oportunidades de reciclaje del polipropileno, gran parte de los autos usa este material y al recuperar estos elementos para reciclarlos se podrían obtener nuevas partes inclusive para el mismo sector. La parte más difícil del reciclaje del polipropileno es la separación del PP de otros materiales.



**Figura 4-2:** Proceso de reciclaje mecánico.

Fuente: (Roymaplast, 2020)

Los procesos de reciclaje siempre empiezan con la recogida selectiva del material, clasificándolo por color y de acuerdo con el tipo en caso de encontrar varios plásticos mezclados. El siguiente paso en el reciclaje será el lavado del material recolectado para su posterior compactado y almacenado. En la planta de reciclaje un polímero se clasifica por medio de sus características físicas, se utilizan dos formas para poder reusarlos: por medio de procesos químicos y por medio de procesos físicos.



**Figura 5-2:** Tipos de reciclaje químico.

Fuente: (Méndez, 2020)

De los procesos de reciclado se pueden obtener maderas plásticas, fibras textiles, botellas recicladas, e inclusive artículos para la construcción como ladrillos, tuberías, vallas y otros.

El Reciclaje Mecánico es uno de los procesos más populares en el reciclaje de los polímeros, requiere que el material sea cortado o triturado en partes más pequeñas para tratarlo luego. Las etapas del proceso de reciclaje mecánico se reducen a: trituración, lavado y pelletizado; este último procedimiento consiste en homogeneizar el material cortándolo en partes aún más pequeñas pero uniformes. Con estos pellets, se realizan diferentes procedimientos de reutilización para formar nuevas piezas; se pueden utilizar procesos de: soplado, extrusión, inyectado y otros.



**Figura 6-2:** Pellet obtenido del reciclaje.

**Fuente:** (Rialplastics, 2020)

En muchas ocasiones, se requiere un proceso de separación de los plásticos considerando sus diferentes propiedades: color, características físicas, disolventes, entre otros. Entre las técnicas de separación están: fluorescencia con rayos x, espectroscopia infrarroja, cámaras detectoras de color, todas las anteriores requieren de un equipo especializado que en la mayoría es costoso. También se pueden usar métodos físicos como lo es el hidrociclón, la separación triboeléctrica y diferencia de densidades. Esta última, conocida también como hundimiento/flotación es una de las más sencillas de realizar, consiste en introducir una mezcla de plásticos troceados en agua con cierta cantidad de surfactante, con ellos los plásticos más livianos quedan flotando mientras los demás se hunden. En un siguiente paso, se repite el procedimiento, pero en esta ocasión se usa una mezcla de menor densidad que el agua, comúnmente agua-alcohol. (Romayplast, 2015)

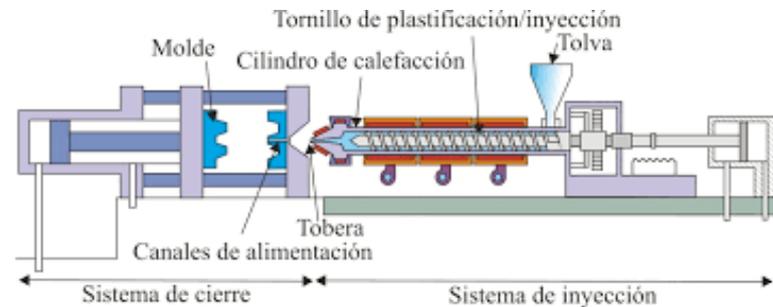
El proceso químico conlleva a la degradación del plástico, utilizando como medio el calor o añadiendo sustancias que harán la vez de catalizadores. Con la degradación las moléculas del polímero se romperán dejando únicamente las más simples posibles (monómeros en el caso de los polímeros) para construir nuevos tipos de polímeros o inclusive combustibles. (Twenergy, 2019)

Por sus requerimientos, es un proceso menos popular que el anterior, aunque con un mayor alcance final puesto que a partir de este se pueden reconstruir plásticos que pueden ser inclusive de la misma calidad que una materia original.

## **2.2. Inyección de polímeros termoplásticos**

Uno de los procesos por los cuales se puede modificar la forma de estos es mediante el proceso de inyección, constituido como una de las tecnologías fundamentales en la producción actual industrial por su gran calidad e inclusive, valor agregado.

El proceso de moldeo de polímeros por inyección es una alternativa viable cuando se habla de la fabricación de objetos geoméricamente complicados. El trabajo que se lleva a cabo empieza por calentar el material, normalmente en forma de pellets, hasta su fusión para luego forzarlo a fluir en un molde cerrado. La maquinaria que se emplea en el proceso se conoce como inyectora. (Señorans Gorga, 2018 págs. 13-14).

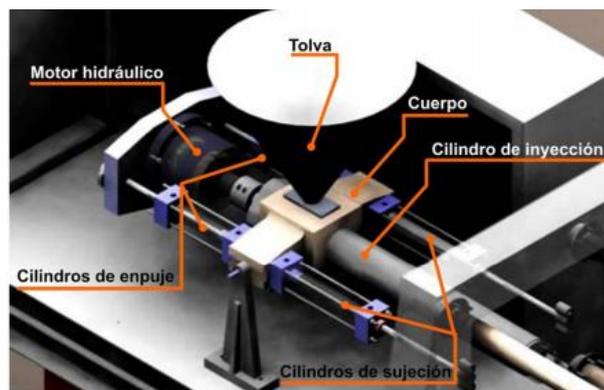


**Figura 7-2:** Esquema genérico de una inyectora de polímeros

**Fuente:** (Departamento de Ingeniería Química UA, 2019)

En resumen, una máquina de inyección de polímeros se reduce a cuatro sistemas:

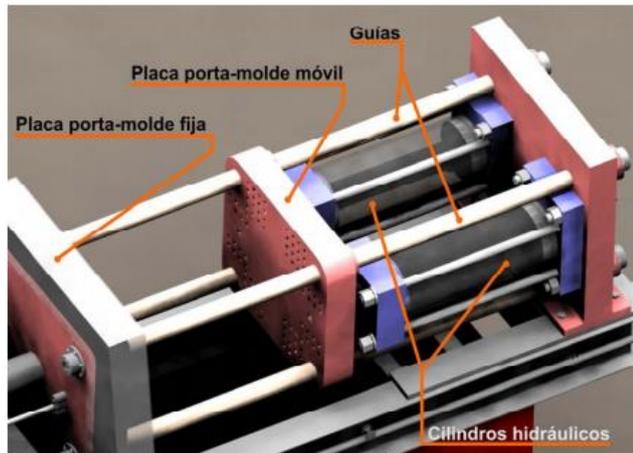
- a. Unidad de Inyección: Se refiere al conjunto de elementos encargados de recibir la materia a transformar, generalmente en forma de pellets. Se vierte el polímero a temperatura ambiente y se funde por medio de calor para llevarlo a la boquilla de inyección.



**Figura 8-2:** Unidad de Inyección.

**Fuente:** (Cadena Rueda, y otros, 2006)

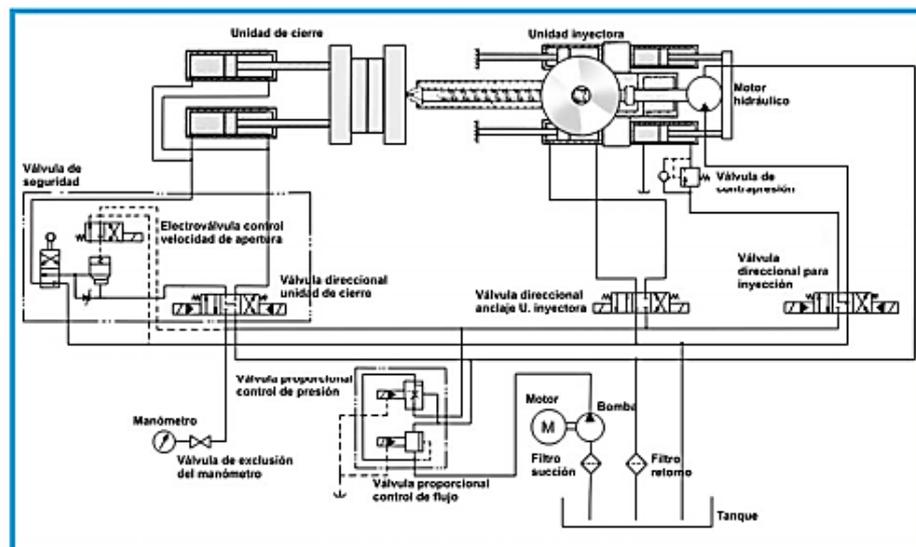
- b. Unidad de cierre: Son los moldes que permitirán al plástico tomar su forma final. Este se sujeta por un lado a la placa portamolde fijada por medio de la estructura de la máquina y por el otro, a la porta molde móvil que permite que este se cierre para introducir el plástico fundido proveniente de la boquilla. Este aseguramiento se da normalmente por medio de sistemas hidráulicos. (Cadena Rueda, y otros, 2006 págs. 31-32)



**Figura 9-2:** Unidad de cierre

Fuente: (Cadena Rueda, y otros, 2006)

- c. Unidad de soporte: Es el conjunto de elementos estáticos (estructura) que brindan rigidez, estabilidad, resistencia y forma al conjunto en sí.
- d. Unidad de trabajo: Se identifica como tal al circuito hidráulico encargado de proveer al sistema la potencia mecánica necesaria para realizar el trabajo, tanto para la boquilla de inyección (motor rotatorio) como para el cierre de la placa portamolde.



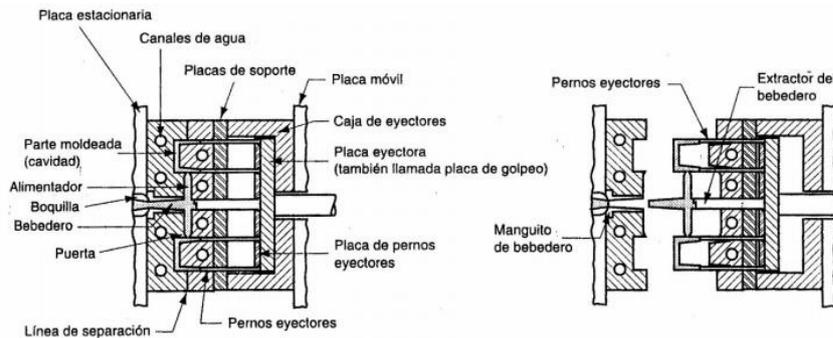
**Gráfico 2-2:** Circuito hidráulico básico y sus partes.

Fuente: (Cadena Rueda, y otros, 2006 pág. 34)

### 2.2.1. Tecnología de moldeo

El diseño por sí solo del molde de inyección conlleva un extenso estudio, puesto que hay que tomar en cuenta la transferencia de calor adecuada para el enfriamiento del material, los sellos necesarios para el cierre hermético, el tipo de acabado final del producto entre otros. Un molde de inyección está constituido fundamentalmente de dos caras que poseen la forma deseada del

producto final en negativo, estas se sujetan por medio de placas de cierre. Las partes a detalle de un molde de inyección cualquiera se muestra en la figura a continuación.



**Figura 10-2:** Partes del molde de inyección

Fuente: (Martinez, 2017 pág. 31)

- Placas de Apoyo: Son la base fundamental del molde, puesto que permiten integrarse posteriormente en uno solo por medio de tornillos de sujeción.
- Canales de Enfriamiento: Parte esencial de los moldes puesto que a través de estos se deja transportar agua para enfriar el plástico dentro del molde. Dependiendo del tipo de material que se trabaje el agua se ingresa a diferentes temperaturas. La siguiente tabla muestra un ejemplo de aquello.

**Tabla 6-2:** Propiedades físicas de los Polímeros

Polímero	T. agua (°C)	T. polímero (°C)	T. molde (°C)
<b>Polímeros Amorfos</b>			
PC	150	280-320	85-120
SAN	120	200-260	30-85
ABS	100	200-280	40-80
PS	100	170-280	7-70
PMMA	105	150-200	50-90
Upvc	82	180-210	20-60
<b>Polímeros Semi cristalinos</b>			
PET	70	270-280	120-140
PTFE	40	220-280	80-130
PA 6	50	230-290	40-60
POM	-82	180-230	60-120
PP	-15	200-300	20-60
HDPE	-80	240-300	20-60
LDPE	-80	180-260	20-60

Fuente: (Martinez, 2017 pág. 31)

Realizado por: Palacios David, 2021

- Pernos de Expulsión: Dejan que la pieza formada pueda ser liberada, separando la placa fija de la móvil. Se accionan por medio de un tornillo de resalto y deben permitir que el aire salga una vez se ha llenado el molde.

- d. Guía: Alinean las placas permitiendo que las cavidades en el molde coincidan exactamente.
- e. Anillo de localización: Mientras los pernos guía alinean las placas del molde, el anillo de localización hace que la boquilla de inyección se coloque con el molde.
- f. Bebedero: Une los agujeros en el molde y en la boquilla de inyección para que el material pueda entrar, se ubica en la placa fija y durante el secado del objeto estará lleno de material que debe evacuarse al liberar el producto. Para ello, incorpora una clavija de sujeción que corta el plástico para permitir su salida fácilmente. Es una pieza de fácil reemplazo debido a su desgaste continuo.
- g. Orificio para la inyección del material: Es un orificio pequeño por el cual pasa el polímero fundido para entrar a la parte que debe llenarse en el molde. Por su geometría, facilita la separación entre los canales de líquido y la zona de impresión. Al ser la primera parte del material en solidificar, hace las veces de tapón para evitar que el polímero retorne junto al tornillo debido a la succión.

Este orificio puede ser de distintas formas, pero fundamentalmente debe brindar:

- Rápida solidificación.
- Contiene una sección sólida, estrecha y delgada para poder retirar la pieza una vez moldeada.
- Incrementa la velocidad de corte y disminuye la viscosidad del polímero para alcanzar lugares complejos dentro del molde.

### **2.2.2. Factores que influyen en el proceso de moldeo**

Entre todas las posibles opciones que pueden alterar el resultado de un proceso de inyección, existen cinco variables básicas que determinan la calidad artículo y la eficiencia en la producción:

- Temperatura
- Presiones
- Tiempos
- Recorridos
- Velocidades
- Control de alabeo y rechupe
- Sistema de refrigeración
- Sistema de Alimentación

Un proceso de inyección puede llamarse eficiente cuando el producto se obtuvo en el menor tiempo posible, desgastando al mínimo el equipo y utilizando la menor cantidad de energía. (González, 2011)

### 2.2.2.1. Temperaturas

Cuando se habla del efecto de las temperaturas en el proceso, esta variable puede afectar a varios elementos del sistema así:

- Temperatura del cilindro o de inyección: Se refiere a la temperatura del conjunto: alimentación-dosificación-boquilla, para cada caso la temperatura debe controlarse y asignarse de manera independiente. Mientras el material fluye hacia la boquilla pierde calor debido a la conducción con el material de esta y a la vez genera calor por la fricción existente al moverse; dependiendo de las condiciones de moldeo esta energía puede ser mayor o menor a la perdida por transferencia de calor. Es de conocimiento general que la temperatura del material fundido tiene relación directa con la viscosidad de este, por tanto, mientras más calor pierda el material aumentará su viscosidad y dificultará la inyección. Esto hace que la presión requerida en el proceso aumente al igual que la energía consumida. En cuanto al material se debe cuidar que debido a la temperatura no alcance el estado de degradación térmica o descomposición. (Innove Group, 2017) La tabla siguiente muestra los rangos de temperatura aceptables para el proceso de inyección de polímeros.

**Tabla 7-2:** Rangos típicos de temperaturas de procesamiento para polímeros.

Material	Temperatura (°C)
ABS	180-245
SAN	180-280
POM (acetal)	185-225
PMMA	185-250
PA 6	230-280
PA 66	270-285
PC	280-310
PP	200-300
PS	180-260
PVC rígido	160-180

Fuente: (González, 2011 pág. 5)

Realizado por: Palacios David, 2021

- Temperatura del molde: Esta depende directamente del tipo de material empleado y de la geometría de la pieza, siendo fundamental su selección debido a que establece la velocidad de producción. Lo más común es que el molde cuente con un sistema de refrigeración con agua a 15°C y un flujo volumétrico entre 0.5 y 3 LPM; sabiendo que mientras más turbulento sea el flujo mayor será la transferencia de calor y por tanto la eficiencia de este.

**Tabla 8-2:** Rangos típicos de temperaturas óptimas de moldes.

Material	Temperatura (°C)
ABS	40-90
SAN	40-90
POM (acetal)	65-125
PMMA	80-105
PA 6	20-100
PA 66	20-100
PC	80-110
PP	15-65
PS	10-40
PVC rígido	10-65

**Fuente:** (González, 2011 pág. 7)

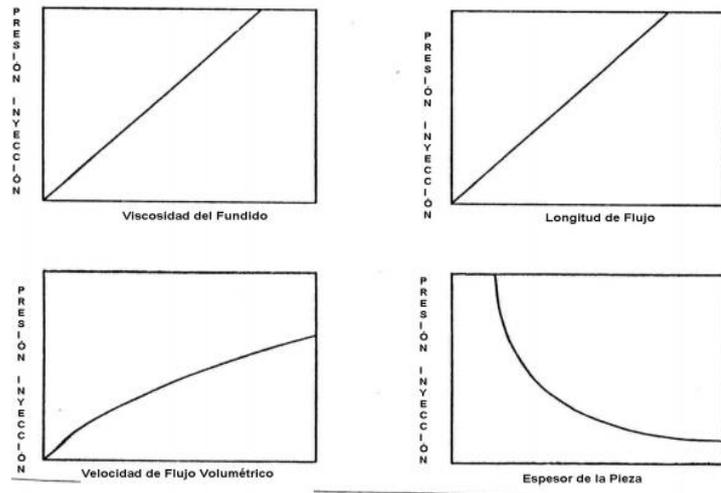
**Realizado por:** Palacios David, 2021

- Otras temperaturas: Aunque menos significativa, la temperatura del aceite en el sistema hidráulico influye en el proceso de inyección puesto que debe ser controlada para brindar un rango de viscosidad dinámica apropiada al material fundido, esto permite que la presión y caudal de inyección se garanticen. Normalmente una temperatura entre los 30°C y 40°C se considera aceptable, aunque debe consultarse también los valores recomendados por el fabricante.

#### 2.2.2.2. Presiones

En el proceso de inyección de polímeros deben controlarse varias presiones, entre ellas:

- Presión Hidráulica de Inyección: Aquella ejercida por el cilindro hidráulico, la que se indica en el manómetro en el momento de la inyección.
- Presión de Inyección: Esta es la presión con la que el tornillo empuja el material fundido hacia la cavidad del molde. Normalmente su valor resulta afectado por la fricción ejercida en el cilindro hidráulico, por lo que es levemente inferior a esta última. Depende varios factores, por ejemplo: espesor de pared, sección transversal de la pieza, tamaño de la entrada de material, longitud de flujo, tiempo de llenado, temperatura de fundido, temperatura del molde, velocidad de inyección e índice de fluidez. A continuación, se presentan curvas representativas, del efecto de algunas de los factores ya mencionados en la presión de inyección.

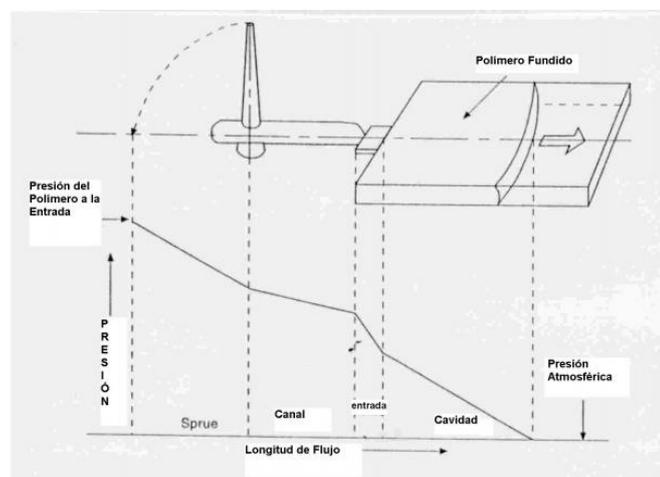


**Figura 11-2:** Variables que influyen en la presión de inyección.

Fuente: (González, 2011 pág. 38)

- Presión de la cavidad: Se refiere a la fuerza que el material ejerce sobre la superficie de la cavidad del molde desde que ingresa hasta que se solidifica.
- Presión Posterior, de compactación, remanente o sostenida: Es una presión resultante de la compactación del plástico fundido en el agujero del molde. También es generada por el mismo sistema hidráulico.
- Contrapresión: Evita que el tornillo retorne durante la plastificación.
- Presión Residual: Es la presión remanente en el producto terminado al momento de extraerlo del molde.

En cualquier instante de la inyección se debe recordar que el polímero fluye siempre desde las áreas de alta presión a las de baja presión hasta alcanzar la presión atmosférica.



**Figura 12-2:** Distribución de presión en el polímero fundido.

Fuente: (González, 2011 pág. 13)

Además de las ya mencionadas, existen otras presiones que deben ser controladas en el proceso como la presión de apoyo en la boquilla, de cierre y apertura del molde, de expulsión y presión de ajuste.

#### 2.2.2.3. *Tiempos*

Los tiempos que se manipulan en este proceso se clasifican como indica:

- Tiempo de inyección inicial: Indica el tiempo que tarda el llenado de la cavidad en el molde. Este dependerá de factores como: tamaño del molde, viscosidad del material fundido, configuración del molde, capacidad de inyección usado. Normalmente el tiempo que requiere el tornillo para introducir el molde es de 2 a 3 segundos.
- Tiempo de mantenimiento o compactación: Se refiere al tiempo que se necesita mantener el tornillo en su posición luego de realizar la inyección inicial para que la presión en el molde no se afecte. Este tiempo transcurre desde que el molde se ha llenado por completo hasta que se solidifique el material en la cavidad de entrada al molde, luego de lo cual se desconecta el pistón hidráulico para dejar que el material se solidifique por completo dentro del molde. En una pieza de 1.5 mm de espesor este tiempo es no mayor a 6 segundos.
- Tiempo de enfriamiento: Se trata del tiempo que tarda la pieza en solidificar por completo, adquiriendo la rigidez necesaria para ser desmoldada sin que sufra facturas o deformaciones. Las partes externas se enfrían rápidamente, debido a la transferencia de calor con el molde, mientras que el centro tarda más. Se considera un tiempo de enfriamiento eficaz a aquel que permite la solidificación correcta de al menos el 95% de la pieza. En promedio, una pieza de 1.5 mm de espesor requiere entre 9 y 12 segundos para solidificar correctamente. (Universidad de Alicante, 2012 pág. 20)

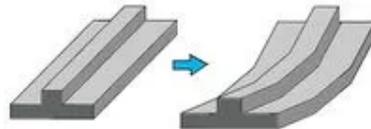
#### 2.2.2.4. *Velocidad*

Es más bien caudal de material que ingresa en el molde, puesto que se expresa en unidades de volumen por cada unidad de tiempo ( $\text{cm}^3/\text{s}$ ), con ello se puede asegurar si un molde se rellena o no con rapidez. Su valor se determina por medio de la velocidad de rotación del tornillo, por lo que puede expresarse también en revoluciones por minuto que el tornillo va y viene en vacío. Como la velocidad depende directamente del tornillo, y a su vez este depende del sistema hidráulico del equipo; este parámetro viene especificado por el fabricante.

Durante el trabajo de la máquina, la velocidad real se verá afectada por la presión de inyección, temperatura del material e inclusive la configuración de la figura a fundir.

#### 2.2.2.5. Alabeo

Cuando una pieza se trabaja por inyección existen esfuerzos residuales internos que se presentan como distorsiones en las piezas terminadas. Durante la solidificación existe una diferencia de temperaturas en las regiones de la pieza, lo que provoca estos esfuerzos térmicos en el interior. De igual manera, cuando la pieza se contrae sobre el macho del molde también se producen esfuerzos internos, que pueden o no perderse, dependiendo del componente viscoso en el comportamiento viscoelástico y de las condiciones de moldeo.



**Figura 13-2:** Defecto alabeo.

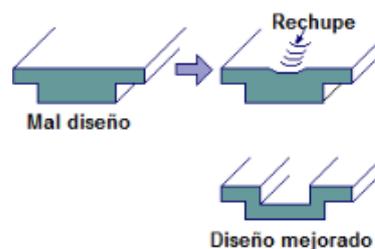
Fuente: (Gobierno Vasco, 2020)

Una de las principales consideraciones para reducir el alabeo es el diseño de la pieza, buscando que los cambios bruscos en la sección transversal sean los mínimos posibles ya que, si existe gran diferencia, la parte más ancha demora más en enfriarse generando una mayor contracción, haciendo que el material jale en este punto y produzca el alabeo.

Otro aspecto que interviene en la reducción del alabeo es el atemperamiento del molde, especialmente en piezas largas y planas, donde se debe garantizar una remoción eficaz de la energía. La configuración del molde también puede reducir este efecto en las piezas inyectadas, se deben evitar grandes recorridos de agua en el sistema de enfriamiento ya que esto puede hacer que el agua en los canales se caliente y reduzca la eficiencia del enfriamiento, lo que genera gradientes térmicos y nuevamente, el alabeo. (Flores, 2021)

#### 2.2.2.6. Rechupe

Los rechupes son defectos comunes que se presentan en piezas de plástico inyectadas y se observan como marcas superficiales en forma de huecos o hundimientos normalmente en las áreas con mayor espesor en la pieza.



**Figura 14-2:** Rechupe por efecto de un mal diseño.

Fuente: (Flores, 2021)

Las contracciones térmicas también constituyen un factor importante en el desarrollo de rechupes, especialmente debido al enfriamiento del producto. Esto debido a que hay zonas internas que se recogen o contraen cuando baja la temperatura, ya que cuando la temperatura es mayor la pieza tiende a dilatarse y cuando esta baja la pieza se contrae debido al fenómeno de dilatación térmica. Cuando estas deformaciones son grandes, se da el rechupe o hundimiento en la superficie de la pieza.

Un diseño optimizado del elemento a inyectar garantiza que la probabilidad de rechupes sea muy baja, esto significa que se debe mantener un grosor uniforme, utilizar cambios de espesores graduales entre partes gruesas y delgadas para evitar el efecto del enfriamiento, y también reducir las partes más gruesas.

Entre otras razones está el uso de parámetros de inyección no adecuados, por ejemplo: temperatura del molde, tiempo de enfriamiento, tiempo de retención y presión de sostenimiento entre los factores más importantes. El diseño del molde y la tasa de transferencia de calor durante el enfriamiento también ayudarán al momento de evitar estas contracciones. (Prodavant, 2018)

Además de estas consideraciones, entre las sugerencias para reducir estos rechupes en la pieza están:

- Reducir el gradiente de temperatura con el molde.
- Aumentar el tiempo de enfriamiento y usar un sistema de convección forzada con agua.
- Utilizar materiales con buena conductividad térmica.
- Disminuir la temperatura del aire en el ambiente.
- Mantener un diseño de la pieza con un grosor uniforme (en lo posible).

#### 2.2.2.7. *Sistema de refrigeración*

Los sistemas de refrigeración buscan eliminar la energía térmica en forma de calor en los moldes debido al plástico fundido, durante la inyección y también para que el enfriamiento de la pieza sea más rápido, con ello disminuir los tiempos de producción.

Normalmente la masa de plástico se inyecta en el molde a una temperatura entre los 180 y 250°C dependiendo del material, el tiempo que debe dejarse este material dentro del molde debe ser el mínimo, por ello el molde requiere de un sistema de refrigeración para agilizar este procedimiento. Así pues, el material cambia de estado, haciendo que la velocidad con la que se produce este cambio determine la velocidad de expulsión de la pieza.

Dentro del molde se encuentran los canales de refrigeración atravesando todas las partes del molde, placas, corazón y las distintas cavidades para que la temperatura baje lo más rápido posible. Normalmente estos canales son tuberías de diámetro variable que contienen una sustancia refrigerante, que en la mayoría de los casos es agua. Entre las consideraciones que deben tomarse en el diseño de este sistema de refrigeración están:

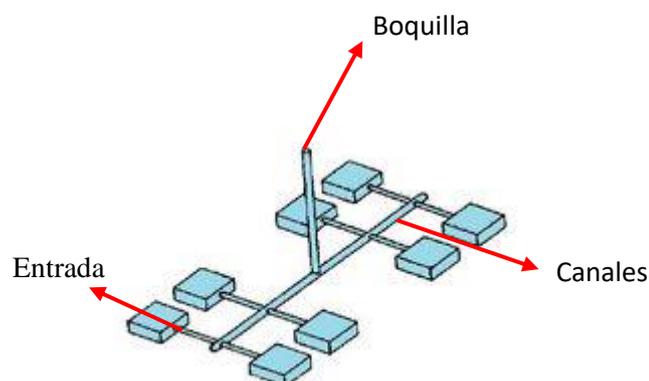
- Dimensión de los canales de refrigeración.
- Velocidad y densidad del plástico caliente.
- Condiciones de presión y temperatura de trabajo del molde.
- Material del molde.
- Caracterización del flujo del plástico caliente.
- Distancia recorrida por el fluido refrigerante en el proceso.
- Configuración de los canales.

Entre los parámetros principales del diseño está la configuración de los canales y su distribución en el molde (configuración de los canales), esta puede ser en serie, paralelo o incluso una mezcla de ambas. (Machuca, y otros, 2014)

#### 2.2.2.8. Sistema de alimentación

El sistema de alimentación está constituido por un sistema de canales y partes que permiten la entrada y distribución del material caliente a la cavidad. Principalmente se compone de:

- Boquilla: Se denomina al componente mediante el cual ingresa el material fundido proveniente de la máquina de inyección, hasta el canal de alimentación como tal.
- Canal de alimentación: Es la cavidad creada en el molde por donde se distribuye el material a la pieza desde la boquilla.
- Entrada: Son las configuraciones como tal por donde el material va llenando cada una de las partes de la pieza.

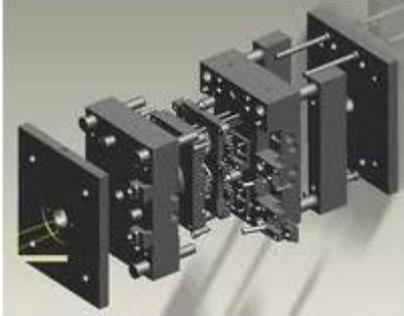
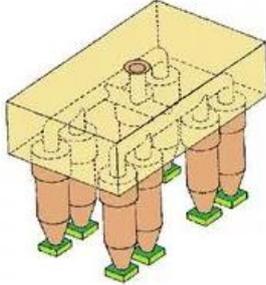


**Figura 15-2:** Componentes del sistema de alimentación.

**Fuente:** (Gobierno Vasco, 2020)

Además de los componentes básicos que se encuentran en cualquier sistema de alimentación, es necesario definir si el molde será de canal frío (molde estándar o de dos placas y de tres placas) o molde de canal caliente.

**Tabla 9-2:** Principales diferencias entre moldes de canal frío y caliente.

Molde de canal frío	Molde de Canal Caliente
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se construyen con boquillas metálicas frías con un mecanizado interior cónico para que el sistema de alimentación se quede en la cavidad móvil del molde cuando sea abierto.</li> <li>- El molde de 2 placas es el más usado, separa la pieza en dos piezas del molde: una móvil y una fija.</li> <li>- El molde de 3 placas posee dos líneas de separación: para la expulsión de la alimentación, para la expulsión de las piezas. Requiere de elementos extra para dirigir a la placa intermedia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto del avance tecnológico, el canal permanece caliente dentro de la boquilla, como si se tratara de una extensión de la unidad de inyección dentro del molde.</li> <li>- Distribuye el material caliente casi a temperatura constante, cuando se inyecta el material directamente en la pieza para no desperdiciar material en los canales de distribución.</li> <li>- Dependiendo de la cantidad de piezas a inyectar, este puede ser de pieza unitaria o multicavidad.</li> </ul>

**Fuente:** (Gobierno Vasco, 2020)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 2.2.3. *Contracción de piezas moldeadas*

Uno de los grandes problemas del proceso de inyección que debe solucionarse durante el diseño del molde es la contracción, definida como la diferencia que existe entre el tamaño real del molde y el producto terminado completamente frío. La razón de que se produzca la contracción es el cambio de densidad provocado por la solidificación del polímero conocido como contracción térmica. Los materiales en los que se produce una afectación grave de contracción son los polímeros cristalinos como el nylon, polietileno de alta densidad, polietilentereftalato y el polipropileno con valores entre el 1 y 4% del volumen inicial. Otros tipos de polímeros como el poliestireno, acrílico o policarbonato presentan contracciones entre el 0.3 y 0.7%. La tabla a continuación detalla los porcentajes de contracción para algunos polímeros.

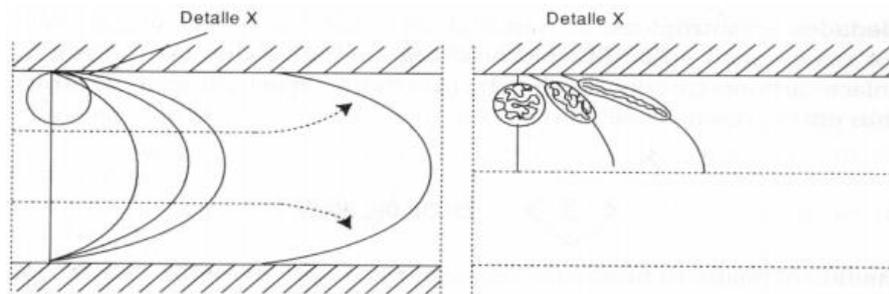
**Tabla 10-2:** Algunos valores aproximados de contracción.

Polímero	Porcentaje de contracción
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,3-0,8
Acetal	0,0-2,2
Acrílico	0,2-0,8
Nylon 6,6	1,5
Policarbonato	0,6
Polietileno de baja densidad	2
Polietileno de alta densidad	4
Polipropileno	1,5
Cloruro de polivinilo no plastificado	0,3
Cloruro de polivinilo	1,0-5,0

**Fuente:** (Universidad de Alicante, 2012 pág. 54)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

La orientación del polímero al ingresar al molde es fundamental en cuanto a la contracción. Las moléculas de polímeros normalmente se presentan como cadenas enredadas, pero cuando sobre este material fundido se aplica presión estas tienden a desenredarse y orientarse en la dirección del flujo para que así las partículas puedan deslizarse más fácilmente, esta relación es la que causa la orientación.

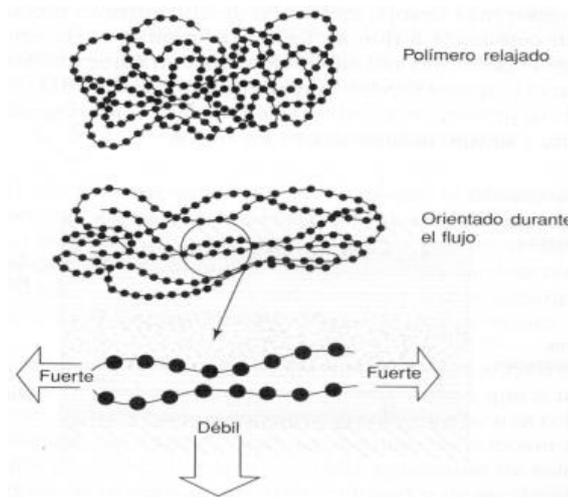


**Figura 16-2:** Orientación de cadenas durante el flujo de polímeros.

**Fuente:** (Universidad de Alicante, 2012 pág. 48)

Luego de que el esfuerzo se retira y el material permanece fundido por un tiempo, se da la “Relajación”, proceso en el que las moléculas regresan a su forma original “enredada”. En el caso específico del moldeo por inyección, este tiempo no es el suficiente produciendo una orientación residual, que se denota como tensiones o deformaciones congeladas. En polímeros cristalinos, las tensiones provocan la distorsión de las piezas, mejor conocido como contracción.

Las moléculas de los polímeros terminan por relajarse, el problema radica en que estas se alinean más en una dirección que en otra por tanto las propiedades serán diferentes en esas direcciones (propiedades anisotrópicas).



**Figura 17-2:** Anisotropía provocada por la orientación de las cadenas.

**Fuente:** (Universidad de Alicante, 2012 pág. 49)

La pieza reduce su longitud en la dirección del flujo mientras que la producida en la dirección perpendicular es menor, por tanto, su contracción también es menor. El fabricante del molde debe considerar que este fenómeno es inevitable, aunque se puede prevenir controlando las condiciones del proceso como, por ejemplo, el tiempo de relajación.

#### **2.2.4. Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas**

Uno de los efectos de la contracción se da en las piezas que se desean crear, puesto que en cada una se debe compensar esta reducción del tamaño para llegar a una tolerancia aceptable. Existen dos tipos de contracciones importantes: la de moldeo que ocurre en el enfriamiento de la pieza y la de post moldeo que se da durante las primeras 24 horas de la pieza. Aunque en gran parte este porcentaje de reducción depende del material existen otros factores que aportan a una mayor contracción en la pieza:

- Forma y espesor del producto
- Diseño del molde
- Ubicación del punto de inyección, canales de alimentación, refrigeración.
- Proceso de moldeo
- Variaciones en el proceso: temperaturas, presiones, velocidades y tiempo.

Es obvio que el producto final resultante de la inyección siempre será menor al esperado, por lo cual la diferencia porcentual entre el tamaño del molde y la pieza final debe ser compensado en la etapa de diseño de la cavidad en el molde.

Por ello, el diseño del molde debe considerar obligatoriamente las dimensiones reales requeridas en la pieza final para que por medio de un porcentaje de contracción esperado se pueda compensar la pérdida con anticipación. Este porcentaje es un valor complicado de calcular, ya que como se

dijo anteriormente no solo depende del tipo de material sino de varios parámetros que se controlan durante el proceso de inyección. La forma en como se ha afrontado el problema de la contracción en el diseño de moldes ha sido mediante la experimentación, la experiencia, y los errores en piezas perdidas. (Sánchez, 2001 págs. 137-140)

El proceso que puede ayudar en algo en la aproximación del porcentaje de contracción puede ser:

- Medida de la contracción en piezas moldeadas ya producidas y comparación con el valor real esperado.
- Análisis de la diferencia dimensional longitudinal y transversal.
- Prueba de moldeo con molde experimental para probar la cavidad.
- Uso de software de simulación para revisar la contracción esperada antes de construir el molde.

Aproximar el porcentaje de reducción real de la pieza es necesario para que la cavidad en el molde sea ligeramente mayor al real y así pueda compensar el fenómeno de la contracción. Por ejemplo, en una pieza de Lexan SLX 1432 con una contracción del 0.5% debe tener un molde en el que cada valor de la pieza se vea afectado al multiplicarse por 1.005. (Fernandez, 2014 pág. 51)

#### **2.2.5. *Espesor de Pared***

El espesor de pared de la pieza influye en el diseño del espesor de pared del molde. Por tanto, este último depende directamente del tamaño de la pieza, la longitud del recorrido de flujo, la distancia entre la entrada y el punto más alejado de la cavidad. Para la gran mayoría de productos fabricados por inyección la sección va de 0.5 a 1 mm por cada 100 mm de longitud de flujo. Si el producto tuviera una sección complicada, debe aumentarse el espesor mínimo.

Por ello, en caso de que en la pieza deben evitarse demasiados cambios de espesor o cambios bruscos de dirección según sea el diseño de la pieza. Si no se consideran estos parámetros, la pieza final puede sufrir de rechupes, acumulación de tensiones, deformidades, alabeo, distorsiones y en el peor de los casos ruptura. (Sánchez, 2001 pág. 41)

La baja conductividad térmica afecta considerablemente el espesor de la pieza, en materiales como el PP, PE y otros es necesario diseñar piezas con espesores lo más uniformes posibles, evitando secciones gruesas para evitar enfriamientos lentos para así reducir la contracción. (Santis, y otros, 2017 pág. 15) La siguiente tabla muestra los valores recomendados de espesores para trabajar con materiales termoplásticos.

**Tabla 11-2:** Espesores de pared sugeridos.

Polímero	Espesor mínimo (mm)	Espesor máximo (mm)
ABS	0.762	3.175
Celulosa	6.35	47.49
Nylon	0.381	3.17
Policarbonato	1.016	9.525
Polietileno de baja densidad	0.508	6.35
Polietileno de alta densidad	0.889	6.35
Polipropileno	0.635	7.62
Polipropileno Modificado	0.762	9.525
Poliestireno	0.762	6.35
PVC Rígido	1.016	9.525

Fuente: (Maya, 2007 pág. 34)

Realizado por: Palacios David, 2021

Se sugiere seguir los siguientes puntos para no empeorar la contracción:

- Espesores de pared siempre uniformes para evitar concentración de esfuerzos
- Uso de radios y redondeos en esquinas y cavidades de las piezas.
- Evitar diferencias térmicas entre la cavidad y el centro de molde (El enfriamiento debe ser uniforme)
- Usar tiempos y métodos de extracción de la pieza adecuados. (Maya, 2007 págs. 57-58)

En, lo que respecta a las normas aplicables en el aspecto de tolerancias dimensionales es necesario recurrir a la norma DIN 16901, los diversos materiales plásticos se dividen en distintos tipos dentro de los cuales poseen diferentes porcentajes de contracción de los que se derivan sus tolerancias aceptables.

**Tabla 12-2:** Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos.

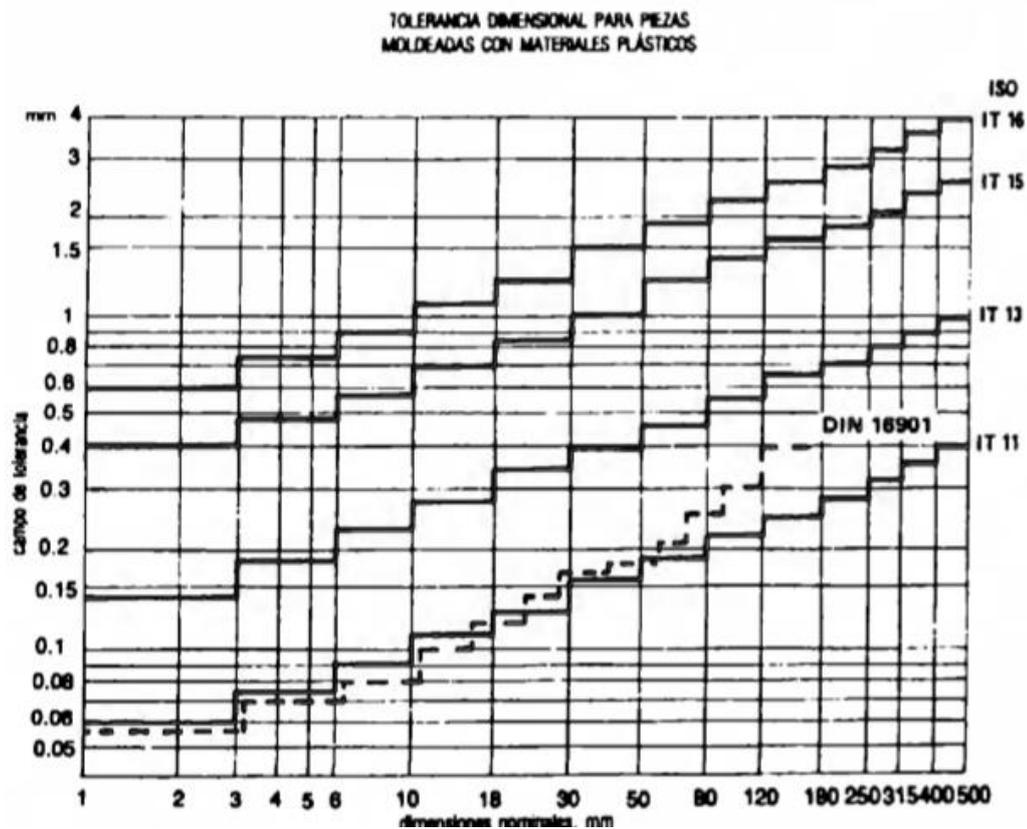
Primer grupo		
Materiales con contracción menor a 1%	Límites de tolerancia	
Todos los termoplásticos con estructura amorfa (tabla de contracciones)	Normales	Especiales
ABS, PS, CA, PC, PPO, PVC rígido	ISO IT 12	ISO IT 11
PA poliamida, POM polimetalea reforzados con fibra de vidrio		
Segundo Grupo		
Materiales con contracción entre 1 y 2%	Límites de tolerancia	
PA poliamida, POM polimetalea no reforzados con espesores hasta 5mm	Normales	Especiales
Poliésteres termoplásticos, PBT, PETB	ISO IT 14	ISO IT 13
Poliiolefinas PE, PP. Con carga de asbesto, mica, etc.		

Tercer grupo		
Materiales con contracción entre 2y 3%	Límites de tolerancia	
PA poliamida, POM polimetales no reforzados con espesores mayores a 5mm	Normales	Especiales
Poliésteres termoplásticos, PBT, PETB	ISO IT 16	ISO IT 15
Poliolefinas PE, PP sin cargas		

Fuente: (Sánchez, 2001 pág. 148)

Realizado por: Palacios David, 2021

Los grados de calidad normal y especial establecen para cada grupo (de 1 a 500mm) la amplitud del campo de tolerancia fundamental que debe tomar en cuenta el diseñador de acuerdo con la exigencia del diseño. Este diagrama representa de forma gráfica el incremento de la tolerancia al aumentar el tamaño nominal de la pieza para las normas ISO IT 11, 12, 13, 14, 15 y 16.



**Gráfico 3-2:** Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos

Fuente: (Sánchez, 2001 pág. 149)

### 2.2.6. Características y normas de moldeo para materiales termoplásticos

Los estándares internacionales intervienen en la fabricación de piezas por inyección; una parte en el proceso de construcción y diseño del molde y por otro lado en el producto terminado para verificar su calidad y funcionamiento. Para asegurar el buen funcionamiento del molde y porta

molde es importante que estos se construyan en usando una serie de elementos normalizados como la placa del molde, placas de fijación, insertos, elementos de guía y de centrado, entre otros.

### 2.2.7. Normalizado en el molde

El desarrollo de moldes para la fabricación de piezas por inyección de plástico usa comúnmente la norma DIN E16 750, creada en el julio 1968, esta norma emite una directriz para la fabricación de algunas partes como lo indica la tabla siguiente.

**Tabla 13-2:** Elementos normalizados según norma DIN E16 750

Denominación	Norma DIN
Columna guía	9825, parte 1
Bebederos	16 752, parte 1
Casquillo de sujeción colada	16 757
Casquillo de extracción con cabeza cilíndrica	16 756
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica	1530, parte 1
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica y vástago reducido	1530, parte 2
Pasadores de extracción con cabeza cónica	1530, parte 3
Cuadrado o (extractores planos) laminares	1530, parte 4

**Fuente:** (Alfaro, y otros, 2010 pág. 25)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 2.2.8. Normalizado en la pieza

Aunque la normalización de piezas inyectadas depende en gran medida de la función y tipo de industria a la que se dirige el producto, la tabla siguiente es una muestra de las normas internacionales existentes para la verificación de piezas inyectadas.

**Tabla 14-2:** Ensayos normalizados para piezas inyectadas.

Ensayo	DIN	ASTM	OTRA
Ensayos no destructivos			
Apariencia	50903 53209		
Medición óptica de tensiones	53449		
Color transparencia	6164		
Aspecto superficial	4761		
Comparación con patrones de color	6173		
Variación de medidas	53454		
Colorimetría	5033		
Contracción del molde	D955	NTC 1773	
Ensayos destructivos			
Tracción	53455		
Tracción - impacto	53448		
Flexión	53452		ISO 178

**Fuente:** (Fernández, 1997 pág. 45)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

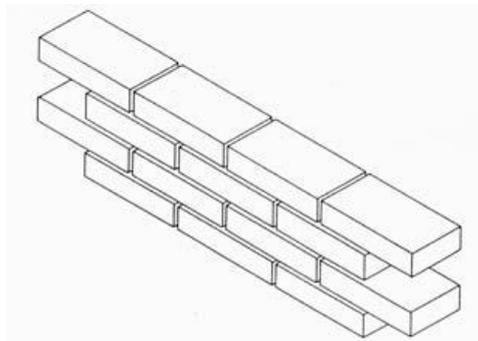
## 2.3. Tecnología de la construcción de paredes

En la construcción de paredes se requiere considerar varios factores importantes que pueden afectar su funcionalidad:

### 2.3.1. *Monolitismo*

Para que la estructura de una pared pueda considerarse buena, el conjunto debe ser monolítica; dicho de otra manera, se debe conseguir que cada una de las piezas que forman la pared sean capaces de trabajar como una sola pieza. Esta característica depende principalmente de dos parámetros:

- Ladrillos aparejados: Significa que los ladrillos deben quedar bien trabados entre ellos y también con las hileras anterior y siguiente de la pared. La siguiente figura muestra la manera más clásica en la que se consigue un buen aparejado de los ladrillos.



**Figura 18-2:** Colocación de ladrillos a soga.

Fuente: (Fundación laboral de la construcción, 2016)

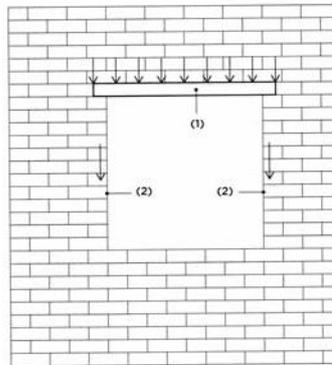
- Agarre eficaz: Esta función recae principalmente en el mortero (material de unión entre ladrillos, normalmente una mezcla de varias sustancias) que además de permitir que los ladrillos se coloquen bien, también debe brindar resistencia en las uniones, evitando que se abran y aportando gran porcentaje en la resistencia final de la pared. Las cargas se transmiten de arriba hacia abajo, es decir que la carga soportada por los ladrillos de las filas superiores será menor a aquellas en las últimas hileras; cuando la pared ha sido construida adecuadamente el peso se distribuye entre hileras y luego entre ladrillos en lugar de solo recargarse en unos cuantos.



**Figura 19-2:** Colocación de ladrillos a soga.

**Fuente:** (Fundación laboral de la construcción, 2016)

El monolitismo también afecta la resistencia en una abertura de la pared, como por ejemplo ventanas, haciendo que el peso de la parte superior de la pared se distribuya por cada lado del agujero. La carga exactamente sobre el agujero debe ser soportada por una viga colocada justo sobre la abertura como muestra la figura.

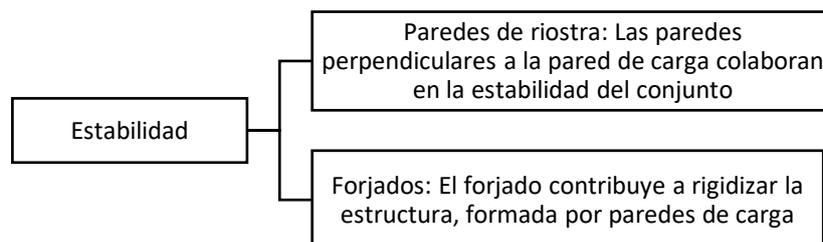


**Figura 20-2:** (1) Dintel (2) Jamba

**Fuente:** (Fundación laboral de la construcción, 2016)

### 2.3.2. Estabilidad

Una pared es una estructura con espesor pequeño, pero con mucho mayor longitud y altura, debido a esta especificación las paredes son propensas a “doblarse” por falta de estabilidad. Existen paredes de carga y paredes decorativas o de riostra; las primeras serán las que brinden mayor soporte a la estructura y por tanto son de mayor sensibilidad en su construcción y modificación.



**Gráfico 4-2:** Factores que influyen en la estabilidad de una pared.

**Fuente:** (Fundación laboral de la construcción, 2016)

### 2.3.3. Dimensionamiento

Para la construcción de paredes se debe tomar en cuenta la normalización ecuatoriana respecto a bloques o ladrillos usados comúnmente en la construcción. Por ejemplo, la norma INEN 317 brinda definiciones específicas ladrillos cerámicos huecos.

Esta norma INEN nos da las directrices de tamaño que deben seguir los ladrillos cerámicos que se usan en obras de albañilería, los cuales se usan en sistemas de coordinación modular en la construcción.

**Tabla 15-2:** Dimensiones modulares normales de los ladrillos cerámicos.

Largo	Ancho	Profundidad
2M	1M	1M
3M	1.5M	1M
4M	2M	1M
5M	2.5M	2M

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

De manera general se pueden tomar diferentes valores de M que nos permitan definir el largo, ancho y profundidad de la pieza deseada, por ejemplo, en ladrillos cerámicos comunes de 28x14x7 cm se ha utilizado un módulo de fabricante  $M=7$ , equivalente a las dimensiones de la cuarta fila en la tabla anterior.

### 2.4. Viviendas de interés social

Hace 40 años el Ecuador se convirtió en el primer país en emitir un Bono Social soberano para la Vivienda por medio del Bando Interamericano de Desarrollo y otros organismos de la comunidad financiera.

Actualmente el proyecto habitacional emblemático del gobierno de turno se conoce como “Casa para todos” con tasas preferenciales del 4.99% y 20 a 25 años plazo con apenas una entrada del 5%. Varios de los proyectos que actualmente se ejecutan en el territorio ecuatoriano se oferta en la página del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, la siguiente tabla es un resumen de estos datos.

**Tabla 16-2:** Proyectos de vivienda del Gobierno Nacional

Tipo	Costo / Tipo de pago	Especificaciones
Viviendas de interés social	Desde USD 23 024 hasta USD 40 608 (Cuotas de USD 150)	Desde 50 m <sup>2</sup> (2 dormitorios) hasta 57 m <sup>2</sup> (3 dormitorios)
Viviendas de interés social	Desde USD 40 609 hasta USD 71 064 (Cuotas de USD 230)	Desde 57 m <sup>2</sup> (3 dormitorios)
Viviendas de interés público	Desde USD 71 065 hasta USD 91 368 (Cuotas de USD 390)	

**Fuente:** (Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

La página del MIDUVI permite no solo aplicar a los proyectos de viviendas de interés social, también contiene un apartado para que las empresas y constructoras del país presenten proyectos de interés que pueden a futuro ser aprobados. Para que un proyecto sea aceptado debe cumplir con las especificaciones en los acuerdos ministeriales vigentes.

Los lineamientos arquitectónicos para viviendas de interés social funcionan como un reglamento para la calificación de proyectos. El proyectista debe presentar planos arquitectónicos de áreas y planos arquitectónicos de acabados.

Para ser aceptada como una vivienda de interés social debe cumplir al menos:

- De dos o tres dormitorios, o mínimo uno con accesibilidad universal.
- Las habitaciones deben tener al menos 2.20 m de lado y un dormitorio de lado 2.70 m
- Se debe prever un espacio para refrigeradora, mesón de cocina, espacio para lavaplatos, manejo de alimentos y cocina.
- Deben disponer de lavanderías y tendederos de acuerdo con el MIDUVI. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2019)

En lo que respecta al costo de este tipo de viviendas, el estado comprende varias tipologías de vivienda como se muestra a continuación. En todos los casos se prevé con espacio para sala, comedor, cocina, cuarto de baño, área de lavado y secado con tendedero como especifica el MIDUVI.

**Tabla 17-2:** Tipologías de vivienda de interés social.

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Unifamiliar en terreno propio del beneficiario – dos dormitorios	Dos dormitorios en 50 m <sup>2</sup> , vivienda aislada o adosada.	34.26 SBU
Unifamiliar en terreno propio del beneficiario – tres dormitorios	Tres dormitorios en 57 m <sup>2</sup> vivienda aislada o adosada.	41.12 SBU
Multifamiliar en terreno del estado (o del promotor) – tres dormitorios	Tres dormitorios en 57 m <sup>2</sup> , conjunto de departamentos en una unidad multifamiliar.	57.56 BSU
Vivienda de interés social con tasa de interés preferencial	Conjunto de departamentos o viviendas aisladas con un área de 57 m <sup>2</sup> .	101.53 hasta 177.66 SBU

**Fuente:** (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2019)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

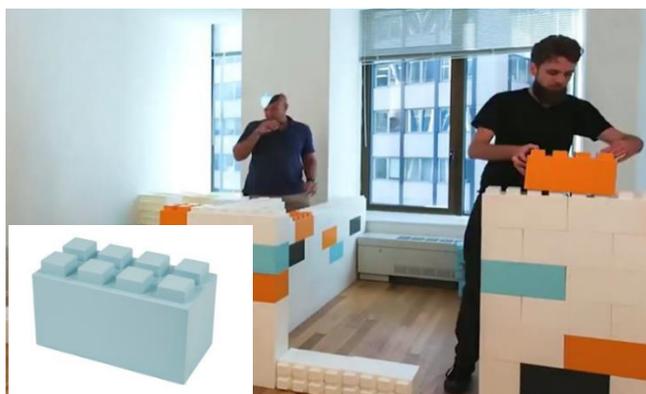
#### 3.1. Diseño del ladrillo plástico

La creación de bloques y ladrillos plásticos no es un tema relativamente nuevo, en el mercado mundial se pueden encontrar unas cuantas empresas que se dedican a la creación de este tipo de elementos para distintos fines. Como parte del diseño del ladrillo plástico, es importante revisar la propuesta existente para determinar cuáles características se pueden adoptar, que mejoren la funcionalidad del producto, así como también aquellas que no aporten en gran manera al diseño. Entre los aspectos que son importantes mencionar para el diseño final del bloque están: facilidad del proceso de fabricación, estabilidad de la estructura, facilidad en la edificación, funcionalidad a la que está dirigido y costos generales, entre los más relevantes. Las empresas líderes en la fabricación de bloques y ladrillos plásticos usados en la fabricación a nivel internacional son: Everblock, EasyBrick y Conceptos Plásticos. Actualmente no existe un referente nacional que pueda ser tomado en cuenta en la comparación por lo que nos referiremos únicamente a los anteriores.

##### 3.1.1. Referentes en la construcción de bloques y ladrillos plásticos

###### 3.1.1.1. Everblock: New York

El Sistema Everblock, como decidió llamarlo la empresa, consiste en un sistema de bloques para la construcción de casi cualquier cosa usando bloques se pueden apilar, y escalonar formando estructuras. Entre los objetos que se pueden construir están: paredes, tabiques, separadores de ambiente, muebles modulares, cubículos de oficina, stands, estructuras iluminadas entre otros.



**Figura 1-3:** Construcción con Everblock

Fuente: (Everblock, 2020)

El concepto de Everblock se basa en la posibilidad de tener un sistema modular flexible, es decir que, sin necesidad de herramientas, ni conocimientos específicos de construcción cualquier persona pueda usarlos una y otra vez. La empresa fabrica diferentes tipos de bloques, la tabla a continuación muestra las especificaciones principales de cada uno.

**Tabla 1-3:** Especificaciones generales de los bloques Everblock

<b>Tipo</b>	<b>Tamaño (Largo x Ancho x Altura)</b>	<b>Peso (lb)</b>	<b>Precio (USD)</b>
Bloque completo	12 "L x 6" W x 6 "H (+1" para orejetas)	1.72	7.30
Bloque de Línea	12 "L x 3" W x 6 "H (+1" para orejetas)	0.87	5.78
Medio Bloque	6 "L x 6" W x 6 "H (+1" para orejetas)	0.91	5.51
Cuarto de Bloque	3 "L x 6" W x 6 "H (+1" para orejetas)	0.53	4.15
Bloque de orejetas	3 "L x 3" W x 6 "H (+1" para orejetas)	0.25	3.26
Tapa de acabado	12 "L x 6" W x 1.1 "H	0.39	4.15
Cuarto de tapa	3 "L x 6" W x 1.25 "H	0.11	3.10

**Fuente:** (Everblock, 2020)

**Realizado por:** Palacios David, 2022

Los bloques están disponibles en varios países, además de Estados Unidos donde está ubicada la planta de producción, incluidos casi todos los países de la Unión Europea y Asia; en América se ofrecen a países como: Brasil y Chile. A continuación, se presenta un cuadro comparativo que muestra las principales ventajas y desventajas de este producto.

**Tabla 2-3:** Ventajas y Desventajas de los bloques Everblock

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se ofrece una gran variedad de colores (16 en total, incluido uno traslúcido) además de producción personalizada.</li> <li>- Son aislantes acústicos</li> <li>-Tienen clasificación de fuego UL 94HB</li> <li>- Además de ofrecer los bloques clásicos, se disponen techos, modulares, e inclusive bloques con acabados elegantes.</li> <li>-Los bloques pueden reutilizarse casi infinitas veces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se desea construir una casa, se deben asumir las limitaciones de tamaño y forma de los bloques.</li> <li>-La empresa no asegura que el material sea calificado para construcción en exteriores.</li> <li>-Se deben emplear estructuras de refuerzo.</li> <li>-Aunque los bloques son impermeables, se sugiere colocar una capa de vinilo a prueba de agua y viento en construcciones exteriores.</li> </ul>

**Fuente:** (Everblock, 2020)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Everblock está hecho de polipropileno que puede reciclarse, aunque la gran cantidad de bloques se realiza con material virgen y su página indica que solamente los bloques de color negro se fabrican con material reciclado.

### 3.1.1.2. *EasyBrick: Argentina*

EasyBrick se define como un ladrillo hecho a base de residuo plástico reciclado. Cada bloque se lo realiza con 330 tapitas de gaseosas que fueron recicladas, puesto que en Argentina aparecen 12 millones de unidades de este desecho.



**Figura 2-3:** Construcción con EasyBrick

Fuente: (EasyBrick, 2020)

**Tabla 3-3:** Especificaciones generales de los bloques Easybrick

Tipo	Tamaño (Largo x Ancho x Altura)	Peso (g)	Ladrillos por m2 de pared
Ladrillo Estándar	30x15x15 mm	1000	22 unidades
Medio Ladrillo	15x15x15 mm	550	44 unidades
Ladrillo Acanalado	30x15x30 mm	1000	22 unidades

Fuente: (EasyBrick, 2020)

Realizado por: Palacios David, 2021

Actualmente la distribución de sus productos se lo hace internamente por medio de representantes comerciales. El fabricante provee una guía detallada del proceso de armado y construcción de una vivienda utilizando su producto; mostrando su facilidad de manejo y funcionalidad al poder adaptarse en la construcción de: paredes con esquinas y/o cruces, dinteles, instalaciones eléctricas, sanitarias y otros sistemas; así como inclusive a un revestimiento exterior e interior. A

continuación, se muestran las principales ventajas y desventajas obtenidas de la revisión bibliográfica de este producto.

**Tabla 4-3:** Ventajas y Desventajas de los bloques EasyBrick

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los bloques tienen bajo peso y alta resistencia estructural.</li> <li>- Es ecológico, puesto que usa únicamente PP reciclado.</li> <li>-Al usar la inyección como método de fabricación, el producto final tiene una buena estabilidad dimensional.</li> <li>-Son muy durables ya que la vida útil promedio del PP son 100 años.</li> <li>-Fácil y simple de gestionar.</li> <li>- Es versátil y permite combinarse con la construcción tradicional.</li> <li>- Es impermeable, aislante térmico y acústico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Son ladrillos normalmente negros.</li> <li>-Su disponibilidad es limitada ya que la venta y distribución es local (Solamente Argentina)</li> <li>-Las dimensiones no cumplen con la normativa ecuatoriana para bloques de construcción.</li> </ul>

**Fuente:** (Conceptos Plásticos, 2020)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 3.1.1.3. *Conceptos Plásticos: Colombia*

Conceptos plásticos es una empresa colombiana con enfoque social especializada en la construcción de productos que posibiliten la adecuada eliminación de plásticos y su transformación para poder solucionar problemas nacionales. De acuerdo con sus propias cifras, anualmente se producen 8 toneladas de plástico y paralelamente 77 millones de familias no tienen un hogar. Su proceso responsable no solo se reduce a la reutilización del plástico sino también a la inclusión de comunidades recicladoras, mejorando su ingreso.



**Figura 3-3:** Construcción con Conceptos Plásticos.

**Fuente:** (Conceptos Plásticos, 2020)

Al ser una iniciativa social, Conceptos Plásticos tiene el apoyo de grandes organizaciones mundiales como Unicef, Banco de Desarrollo de América Latina y The Dow Chemical Company. Una de las desventajas en la producción de estos bloques es el tiempo de procesado, ya que se usa el moldeo por presión en cada pieza; disminuyendo la capacidad de la empresa de producir en grandes volúmenes de una sola vez.

### 3.1.2. *Diseño del prototipo*

Una vez se han evaluado las opciones existentes en el mercado, y tomando en cuenta las ventajas de tomar las ventajas de cada uno de ellos, se decide realizar un diseño basándonos en los aspectos positivos que provee EasyBrick en su producto, pero enfocado a la forma de un ladrillo. La figura siguiente muestra con detalle el bloque, así como su mecanismo de conexión y armado.



**Figura 4-3:** EasyBrick

**Fuente:** (EasyBrick, 2020)

Entre las características principales adoptadas para el diseño de este ladrillo plástico están las siguientes:

- Adoptar uno de los tamaños recomendados en la INEN 317 para ladrillos cerámicos usados en la construcción. (28x14x7cm). Además de ello, el tamaño debe ser el adecuado para facilitar su adhesión en los cimientos de la vivienda, por ejemplo, por medio del uso de perfiles comerciales como base principal para la colocación de los ladrillos.
- Utilizar el proceso de inyección de polímeros empleando una mezcla de polipropileno virgen y material reciclado (en su gran mayoría). Con este procedimiento se puede trabajar en un ciclo de inyección de 1kg en aproximadamente 20 segundos.
- El bloque llevará la forma de los ladrillos tradicionales, con la excepción de que no será un elemento completamente lleno, sino que llevará paneles formados por nervios para ayudar a rigidizar el diseño y con ello reducir peso y ahorrar material.

- Con el objetivo de facilitar el proceso de fabricación y diseño se decide empezar con un diseño en 2 piezas, es decir el ladrillo tradicional usado en la construcción se conseguirá por medio de la unión de dos de los elementos que se van a elaborar en este proyecto por medio de un mecanismo de cola de Milano.
- El diseño del espesor del bloque está en relación directa con el enfriamiento; puesto que este factor puede alterar el tiempo de procesado negativamente. Para el primer diseño se usarán espesores de 1.5 mm (paredes del nervio), mientras que para las paredes se empezará con un espesor de 1.5 mm también. (Los elementos se observan en la siguiente figura).



**Figura 5-3:** Elementos importantes para el diseño del ladrillo plástico

**Fuente:** (EasyBrick, 2020)

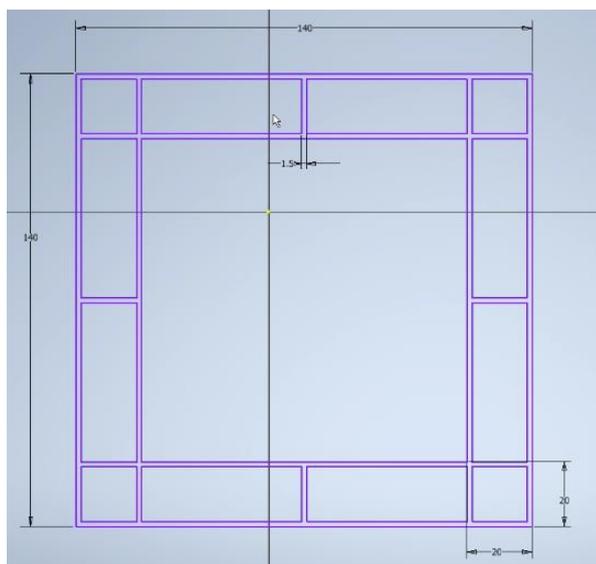
Con estos principios se decide realizar un primer diseño asistido por computadora utilizando el software Autodesk Inventor.

### 3.1.3. *Generación del prototipo mediante software CAD*

Para el primer diseño de lo que será el ladrillo plástico se decide usar el software Inventor. Para ello, es necesario tener claras las dimensiones que se utilizarán en el modelo que corresponden a las mencionadas anteriormente en la normativa: 280x140x70.

En este diseño el ladrillo será hueco, se usará un borde de 17 mm con una pared de espesor 1.5 mm como punto de partida para las pruebas, como corresponde a la mitad del ladrillo, el rectángulo exterior mide 140x140mm.

Este prototipo estará formado por paneles y nervios (similar al diseño de EasyBrick) como se muestra a continuación, se disponen 4 paneles por cada lado del bloque (obtenidos de los puntos medios de cada lado del dibujo) separados cada uno por nervios de 1.5 mm de espesor también.



**Figura 6-3:** Esquema inicial del ladrillo plástico.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Como se indicó en la sección anterior, para facilitar la producción de estos ladrillos se decidió trabajarlos como 2 piezas, es decir cada una de 14x14x7cm que acopladas por medio del mecanismo de cola de Milano formen un solo elemento. Este mecanismo de unión es uno de los más simples y al mismo tiempo facilita el armado de las piezas durante la construcción de la vivienda, por su diseño intuitivo y sencillo de asegurar.

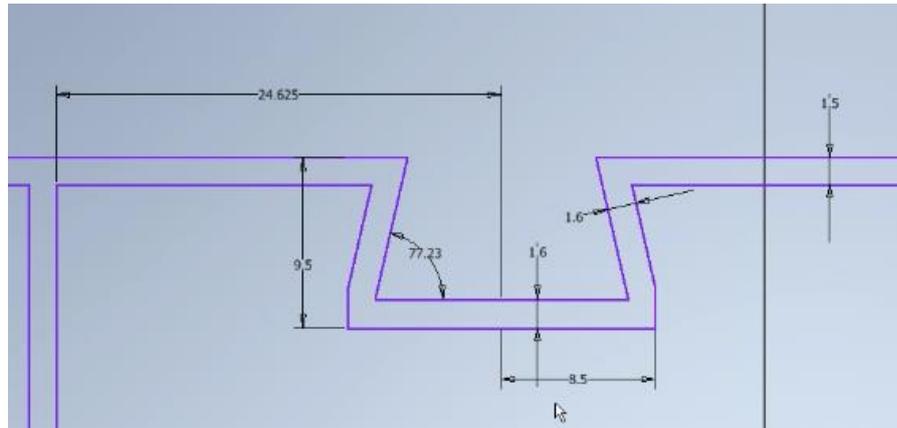


**Figura 7-3:** Ejemplo de sujeción por medio de Cola de Pato

**Fuente:** (Universitat Politècnica de Valencia, 2015)

Una cola de Milano o también llamada cola de pato es una técnica utilizada ampliamente en carpintería ya que permite realizar uniones de piezas mediante un resalte que comúnmente se hace en forma de trapecio, dejando por un lado la pieza hembra y por el otro el macho, de modo que al deslizarse entre ellas queden fijas. Existen diversas variantes de esta técnica que pueden usarse de acuerdo con las necesidades. (Universitat Politècnica de Valencia, 2015)

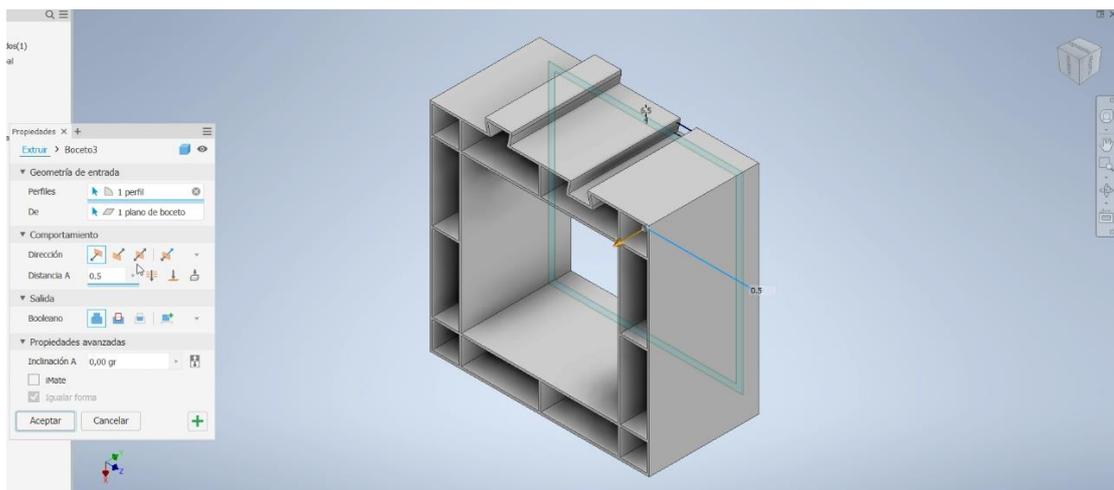
En cuanto a este diseño, la cola de milano se ha desarrollado con las dimensiones que se muestran en la siguiente figura, por cada lado se realiza una cola de pato macho y una hembra para asegurar la sujeción entre piezas.



**Figura 8-3:** Configuración de la cola de Milano hembra usada en el proyecto.  
**Realizado por:** Palacios David, 2021

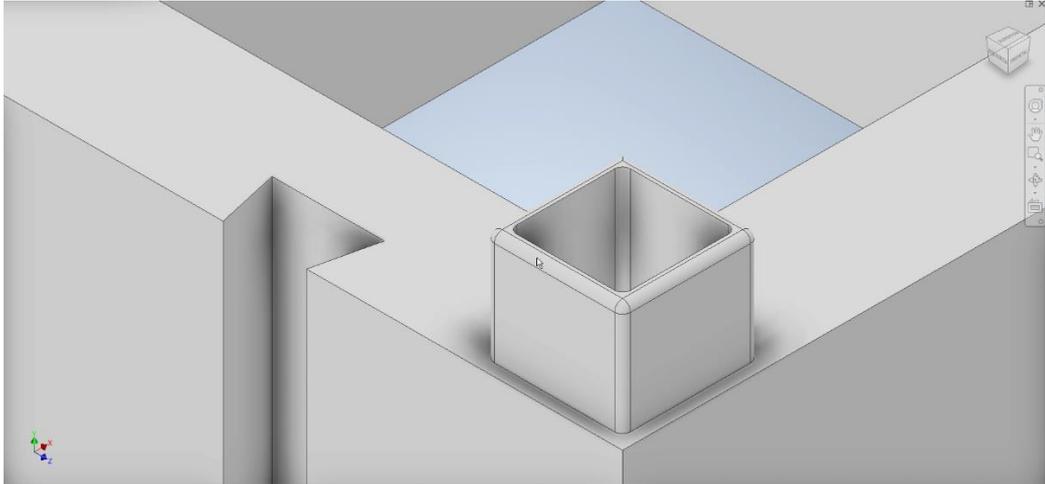
El siguiente paso en el diseño es extruir la pieza, la altura deseada es conocida pues la norma establece usar una altura de 70mm. Luego de realizar la operación se obtiene el siguiente resultado.

Para darle un mejor cuerpo a la pieza, se añade un pequeño panel a 6.5 mm de distancia de la pared interna con un ancho de 4mm. Esta extracción estará alrededor de todo el diseño con una altura de 0.8mm.



**Figura 9-3:** Extrusión panel posterior de 0.8mm.  
**Realizado por:** Palacios David, 2021

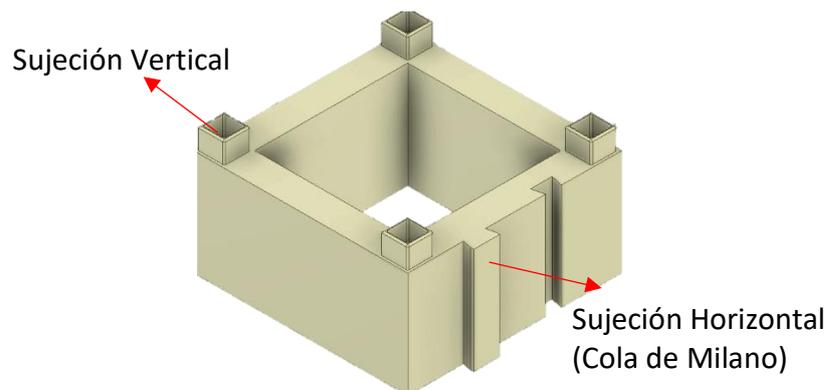
Por último, en las esquinas se extruyen las conexiones para que se puedan agarrar los ladrillos verticalmente al momento de construir la pared. La extrusión se hace de 14 mm en cada una de las 4 esquinas, haciendo que los vértices de esta sección sean redondeados.



**Figura 10-3:** Detalle del sistema de sujeción vertical.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Una vez finalizado el modelo CAD, el siguiente paso en la elaboración de los ladrillos es la verificación de las propiedades mecánicas por medio de un software de análisis de elementos finitos.



**Figura 11-3:** Prototipo CAD del ladrillo plástico terminado.

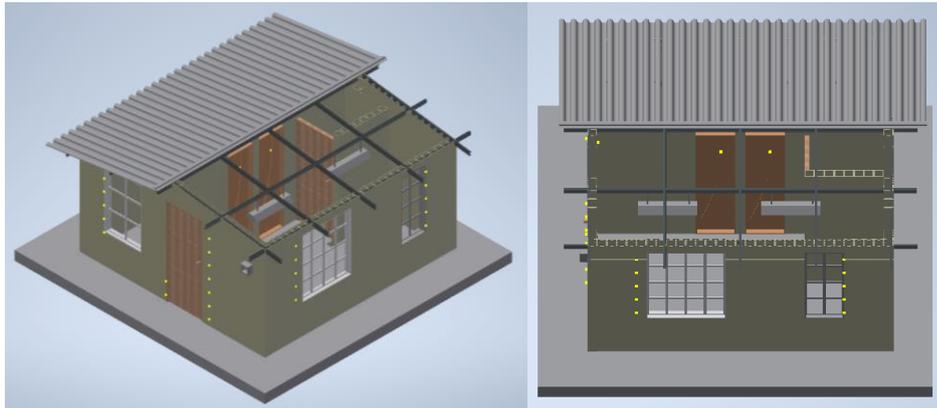
**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 3.1.4. Simulación de esfuerzo

#### 3.1.4.1. Simulación de compresión en Inventor

Cuando se obtuvo el primer bosquejo tridimensional del ladrillo plástico, la primera interrogante que surge se refiere a la estructura de este y si el material será capaz de soportar la carga. Bajo esas consideraciones es importante realizar una modelación del esfuerzo por medio del software Inventor.

El primer paso corresponde al cálculo de las cargas a las que será sometido el ladrillo cuando ya se encuentre armado en la construcción, para ello tomaremos en cuenta la configuración tradicional de una vivienda básica.



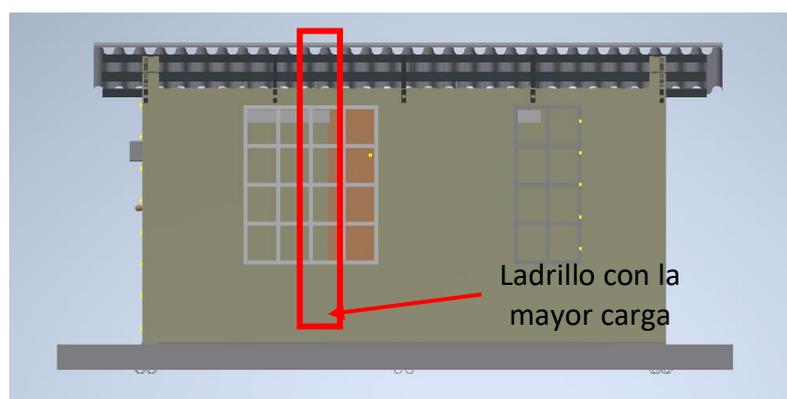
**Figura 12-3:** Creación de un modelo de vivienda en Inventor.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Para la construcción de esta vivienda suponemos el uso de los siguientes elementos:

- Perfiles G100X15X3 para la estructura de los cimientos.
- Un techo de PVC con dimensiones 6000x200x3
- Canales de amarre de tipo 200x50x2
- Ventanas y puertas de medidas tradicionales. Ambas se encuentran soportadas sobre una base de concreto de un espesor mínimo de 20cm.
- En cuanto a las paredes y divisiones, usaremos los ladrillos plásticos que se diseñaron en el punto anterior.

Como el análisis se debe realizar bajo las condiciones más críticas, se toma en consideración el ladrillo que soporta el mayor peso en la construcción, en este caso aquel que se ubica en la primera fila (de abajo hacia arriba) que deberá soportar el peso de los ladrillos plásticos, las estructuras de las ventanas y/o puertas.



**Figura 13-3:** Segmento de ladrillo que soporta la mayor carga.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Sabiendo esto, es posible calcular el peso mayor que soporta el ladrillo en esta posición.

**Tabla 5-3:** Caracterización del peso de cada elemento en la construcción.

Tipo	Característica	Peso (kg)	Detalle
Marco de Ventana	160x190 cm	8.88	Aluminio
Cristal	412x337 cm	15.64	Vidrio de 2 mm
Ladrillo Plástico	28x14x7 cm	0.37	Cada ladrillo está formado por 2 bloques plásticos.

Realizado por: Palacios David, 2021

En cuanto al peso de la ventana (conjunto marco-cristal) el total es de 24.52 kg, pero hay que considerar que la para la columna de ladrillos que se está analizando este peso no actúa por completo, por tanto, esta carga distribuida en los 160 cm de ancho de la ventana da como resultado una distribución lineal de carga de 0.153 kg/cm.

El ladrillo que se ha diseñado tiene un ancho de 28 cm, relacionando este valor con la carga anteriormente calculada obtenemos como resultado un peso soportado por la ventana de 4.29 kg sobre el ladrillo que deseamos analizar. También hay que considerar el peso del total de ladrillos que se han apilado sobre esta primera fila, en este caso 17 ladrillos, que dan como resultado un peso de 0.274 kg debido al plástico. La siguiente tabla resume las propiedades físicas de la pieza diseñada.

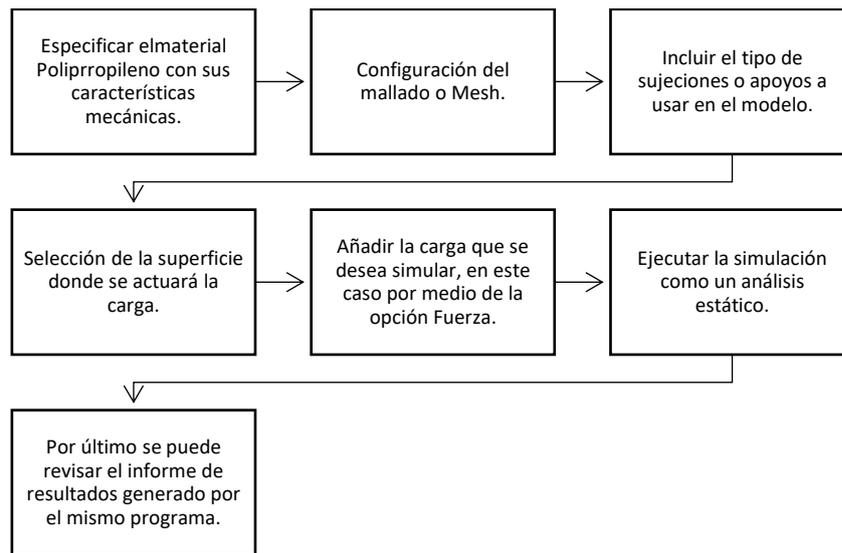
**Tabla 6-3:** Caracterización de la pieza diseñada.

Propiedad	Valor
Material	Polipropileno
Masa	0.13 kg
Volumen	148646 mm <sup>3</sup>

Realizado por: Palacios David, 2021

Finalmente, podemos determinar que la carga soportada por el ladrillo más crítico en la estructura será igual a la carga soportada por la ventana y por los ladrillos, es decir: 8.95 kg (87.7 N). Con este valor ya calculado se procede a revisar la resistencia de nuestro diseño por medio del paquete de análisis FEA del mismo Inventor.

El análisis de esfuerzos se ejecutó en los siguientes pasos:



**Gráfico 1-3:** Proceso a seguir en la simulación de esfuerzos.

Realizado por: Palacios David, 2021

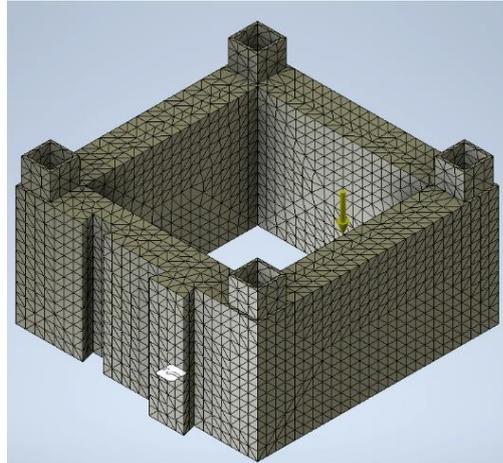
Como se indica en el gráfico anterior, para la simulación es necesario seleccionar el material del objeto ya que con eso se definen las propiedades mecánicas principales que se usarán durante el cálculo de esfuerzos y deformaciones, en este caso, se usaron las propiedades detalladas en la siguiente tabla proporcionadas por el mismo programa.

**Tabla 7-3:** Propiedades del material Polipropileno

Nombre	Polipropileno	
General	Densidad de masa	0.899 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de Elasticidad	30.3 MPa
	Resistencia máxima a tracción	36.5 MPa
Tensión	Módulo de Young	1.34 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.392
	Módulo Cortante	0.4813 GPa

Realizado por: Palacios David, 2021

En cuanto a la restricción, se ha configurado un empotramiento en la superficie inferior. Finalmente, obtenemos resultados de deformación y esfuerzo que deben ser analizados para determinar si se encuentran o no dentro de los rangos aceptables. Esto se evalúa en la siguiente sección.



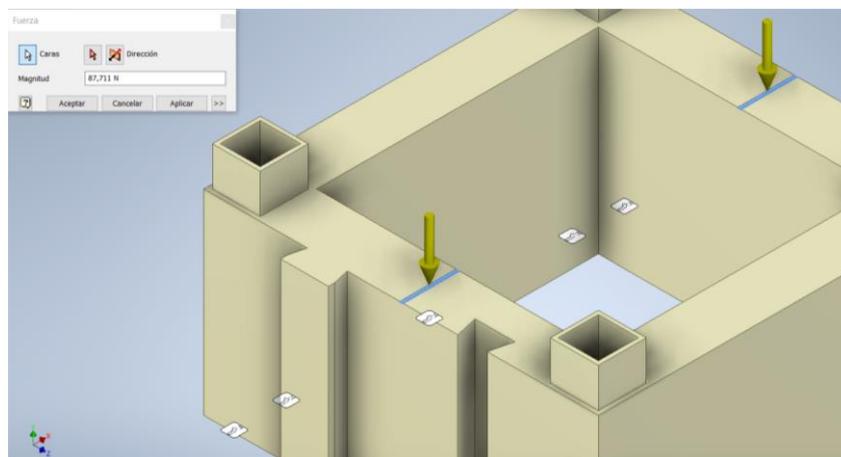
**Figura 14-3:** Mallado del ladrillo para la simulación de compresión.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 3.1.4.2. Simulación de flexión en Inventor

Con las cargas determinadas en la sección anterior se procede a evaluar la capacidad del ladrillo cuando se somete a flexión. Debido a la configuración de los ladrillos en la pared, además de soportar las cargas de compresión, también se producen cargas de flexión (compresión y tracción a la vez aplicadas de forma perpendicular a la sección transversal) que deben ser revisadas en el modelado.

Para este análisis se ha configurado el material del ladrillo como propileno haciendo que adquiera las propiedades especificadas en la tabla anterior. El siguiente paso es asignar la carga junto al punto de aplicación de esta en la pieza, con un valor de 87.11 N se colocan las cargas aplicadas en el centro de cada lado del ladrillo como se muestra, así como también las restricciones o apoyos.



**Figura 15-3:** Aplicación de cargas para la simulación de flexión.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Finalmente, se realiza el mallado de la pieza para que el programa pueda realizar la simulación por análisis de elementos finitos. Con ello se podrá ejecutar el programa y revisar los resultados.

### 3.1.4.3. Análisis de resultados

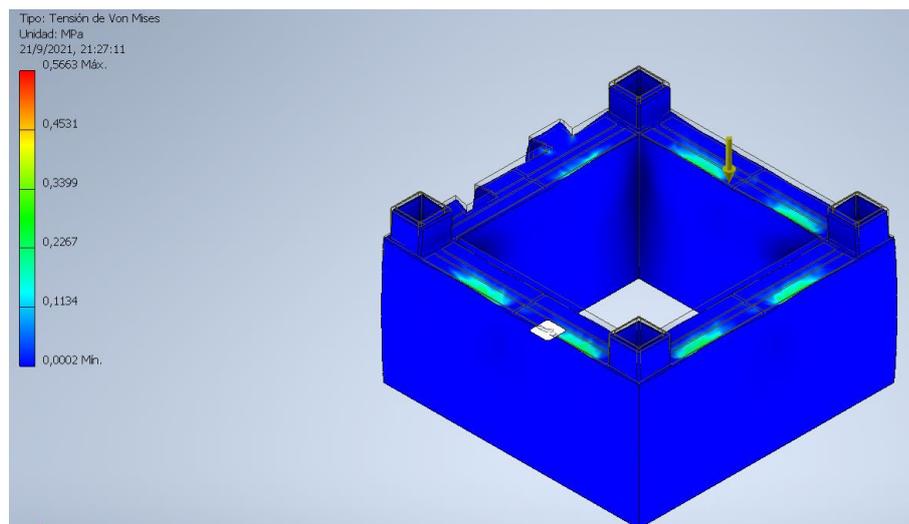
De la primera simulación realizada se obtuvieron resultados de deformación y esfuerzos. Los más importantes se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 8-3:** Resumen de resultados de la simulación de compresión.

Nombre	Mínimo	Máximo
Tensión Von Misses	0.000236 MPa	0.566293 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0.010280 mm
Coefficiente de Seguridad	15	15
Deformación equivalente	0.000000258467	0.000396511

Realizado por: Palacios David, 2021

El esfuerzo de Von Misses es un indicador que resume las tensiones existentes en todo el cuerpo 3D, por tanto, ayuda a tomar en cuenta los esfuerzos más críticos que deben tomarse en cuenta al momento de verificar el diseño. La siguiente gráfica muestra en una escala de color los esfuerzos presentes en todo el cuerpo del ladrillo debido a la carga aplicada.

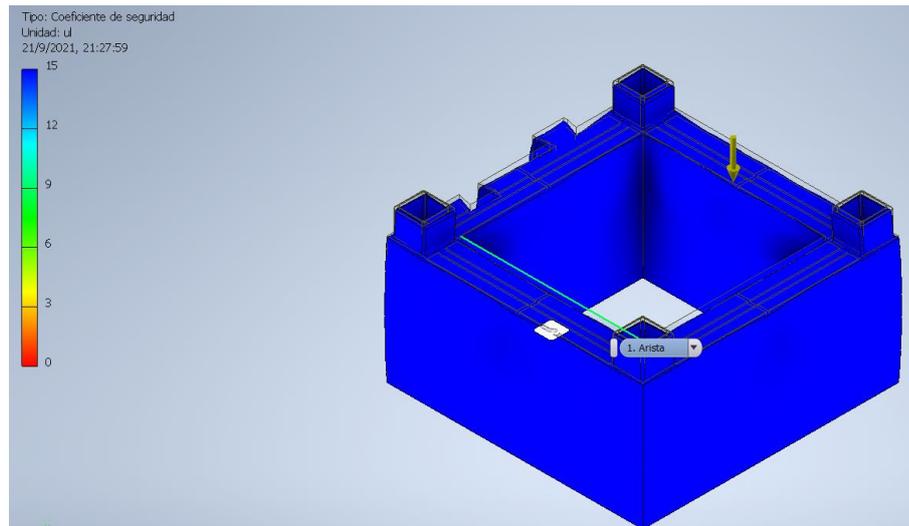


**Figura 16-3:** Esfuerzo Von Misses

Realizado por: Palacios David, 2021

En la figura anterior se puede observar que la mayoría del cuerpo del ladrillo está sometido a un esfuerzo mínimo, excepto la sección entre los paneles que muestra un color más claro sin llegar todavía a un valor crítico. Es importante mencionar que un cuerpo como este estará sujeto en su mayoría a compresión, por lo que todos estos esfuerzos son también calculados únicamente a

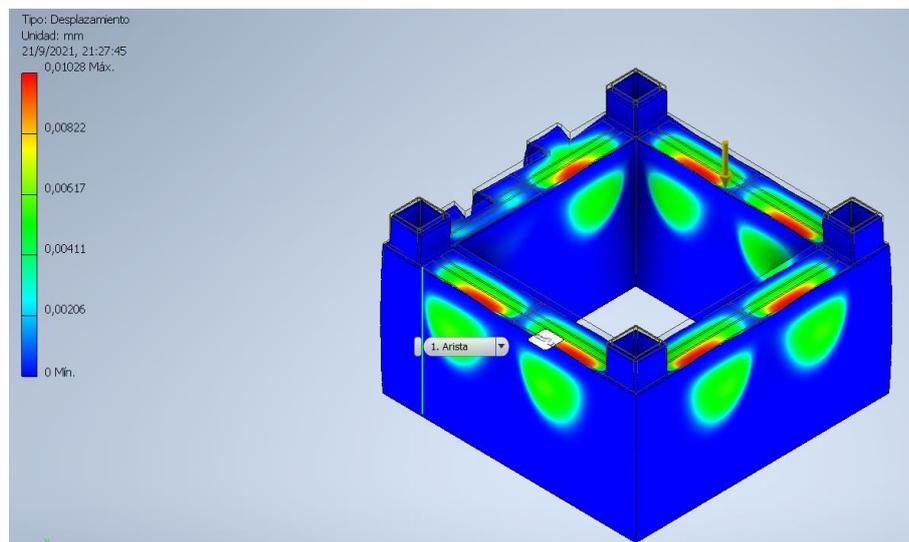
compresión. Tomando en consideración lo anterior, el factor de seguridad calculado por el programa es de 15 en todo el ladrillo como se muestra en los resultados de la figura siguiente.



**Figura 17-3:** Coeficiente de seguridad.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Debido a la carga y a que el material tiene un rango de elasticidad antes de la fractura el elemento sufre también deformaciones debido a la carga. Los resultados a continuación.



**Figura 18-3:** Desplazamiento total.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Analizando estos resultados se puede notar que el sector que más deformación sufre son los canales llegando a 0.010 mm, un valor muy pequeño incluso imperceptible visualmente, en las demás paredes externas e internas se notan deformaciones menores justo en los puntos junto a los paneles, como se esperaba ya que en estos puntos el esfuerzo es mucho mayor.

Revisando los resultados obtenidos durante la simulación en cuanto a deformación y esfuerzos estos se muestran favorables ya que en ningún punto se ha sobrepasado los límites del material, e inclusive la resistencia del polipropileno deja un margen bastante amplio para la carga, por lo que

se podría decir que el peso soportado puede aumentar significativamente sin generar peligro en la resistencia de la vivienda. Estas propiedades se podrán comprobar en el apartado de pruebas mecánicas que se realizarán con una probeta real.

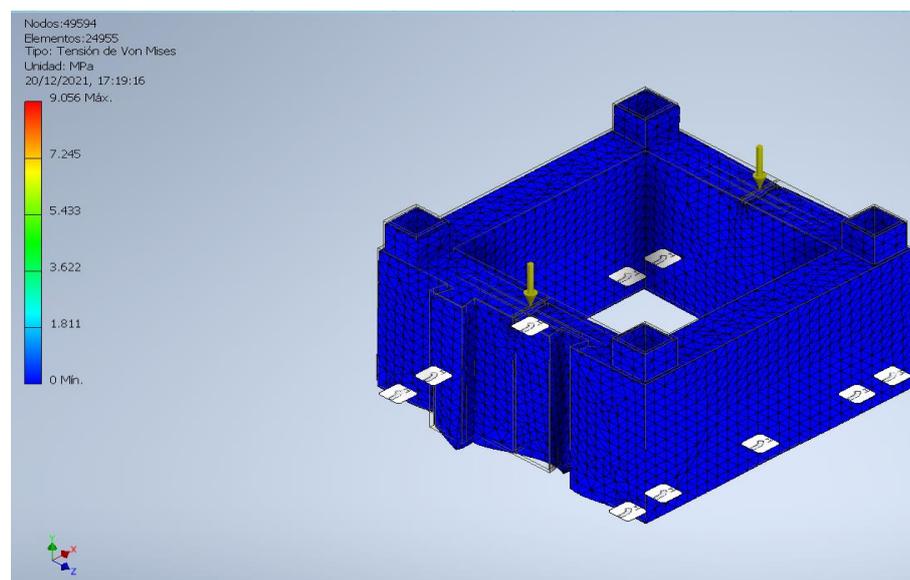
Por otro lado, analizando los resultados obtenidos de la simulación de flexión se resumen los siguientes valores principales:

**Tabla 9-3:** Resumen de resultados de la simulación de flexión.

Nombre	Mínimo	Máximo
Tensión Von Misses	0.000 MPa	9.056 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0.1219 mm
Coefficiente de Seguridad	3.35	15

Realizado por: Palacios David, 2021

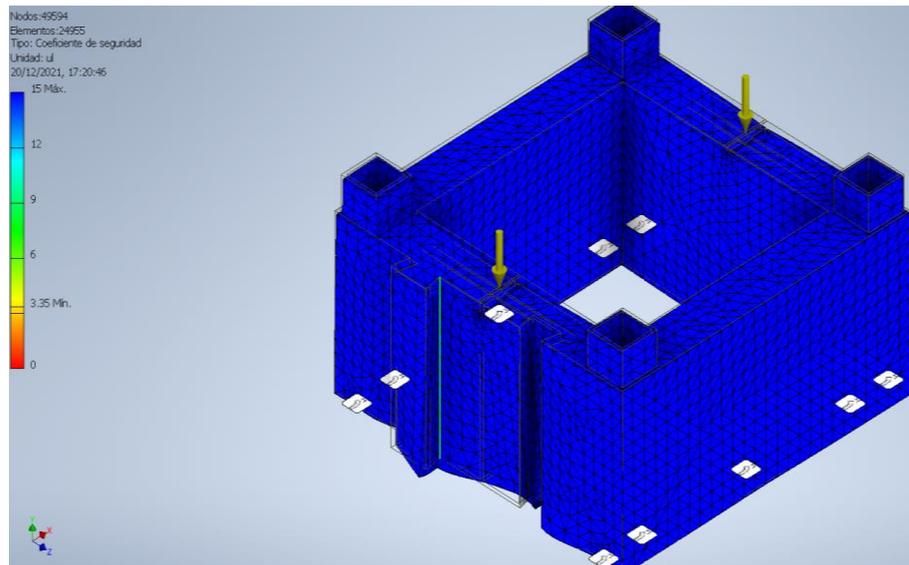
Para el análisis con Von Mises se puede observar que la gran parte de la pieza se muestra en color azul, lo que indica que en su mayoría el esfuerzo que soporta la pieza es muy bajo, pero si existen secciones donde este esfuerzo incrementa considerablemente.



**Figura 19-3:** Tensión de Von Mises durante la flexión.

Realizado por: Palacios David, 2021

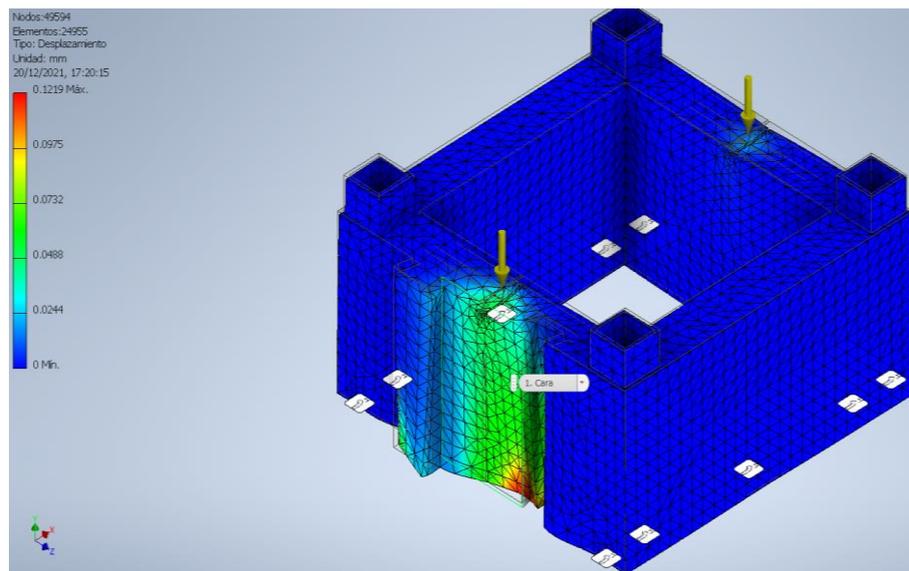
Aun considerando los esfuerzos de la figura anterior, la pieza posee secciones con factores de seguridad entre 15 y 3 aproximadamente, siendo este último un mínimo aceptable en el diseño por ser un valor superior a 2. Los puntos críticos se ubican en el sistema de sujeción, en la cola de milano probablemente debido a los cambios de sección importantes en esta zona.



**Figura 20-3:** Coeficiente de seguridad durante la flexión.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Por último, en cuanto a la visualización de desplazamientos debido a esta carga de flexión si se producen desplazamientos especialmente en el eje vertical como se ve en la siguiente figura. Los puntos más afectados son aquellos que se encuentran en la dirección de aplicación de la carga. Por lo demás, el ladrillo no sufre mayor deformación, aunque el valor máximo es de 0.12 mm siendo imperceptible a una escala real.



**Figura 21-3:** Desplazamiento total durante la flexión.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

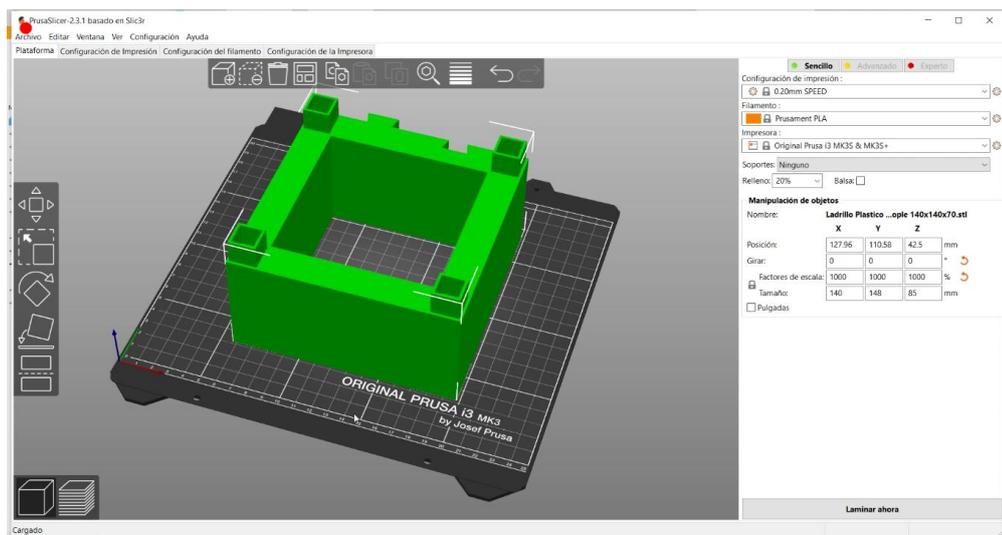
Aunque los resultados obtenidos en la simulación de flexión numéricamente son mayores a los de compresión, aún se consideran bajos comparados con las propiedades mecánicas del material. Esto se comprueba al calcular un coeficiente máximo de hasta 15 unidades en algunas secciones del material y un coeficiente de 3 en las zonas más críticas, por lo que se puede decir que el

ladrillo no tendrá inconvenientes en soportar las cargas de flexión esperadas al momento de formar la estructura deseada. En cualquier caso, estos valores esperados se podrán comprobar en secciones siguientes al momento de realizar el ensayo mecánico de flexión.

Con estos resultados, se procede a realizar la producción de este ladrillo plástico, primero por medio de ingeniería aditiva y luego por el proceso de inyección de polímeros.

### 3.1.5. Generación del prototipo con ingeniería aditiva

La ingeniería aditiva es un proceso que cada vez gana más campo en la industria por la facilidad en la producción ya que basta únicamente con tener un modelo CAD para poder obtener un modelo real. La Ingeniería Aditiva, más conocida como Impresión 3D nos permite crear un modelo de relativamente bajo costo en un tiempo corto. Esto ayuda a probar el sistema de cola de pato, revisar la sujeción entre piezas y verificar las tolerancias dimensionales de nuestro modelo. Por medio del modelo CAD hecho en Inventor en las secciones anteriores, se procede a generar un archivo STL de alta resolución para el software para impresión 3D. Con ello se logra importar el archivo al software PrusaSlicer, lo primero que se hace es configurar la disposición del cuerpo adecuada por medio de las opciones de manipulación de objetos por medio de coordenadas x, y, z o los giros en caso de ser necesario para que todo quede dentro del rango de trabajo de esta máquina. Es importante revisar que la escala de trabajo en todos los ejes sea del 100% para que el objeto impreso quede en las dimensiones reales.

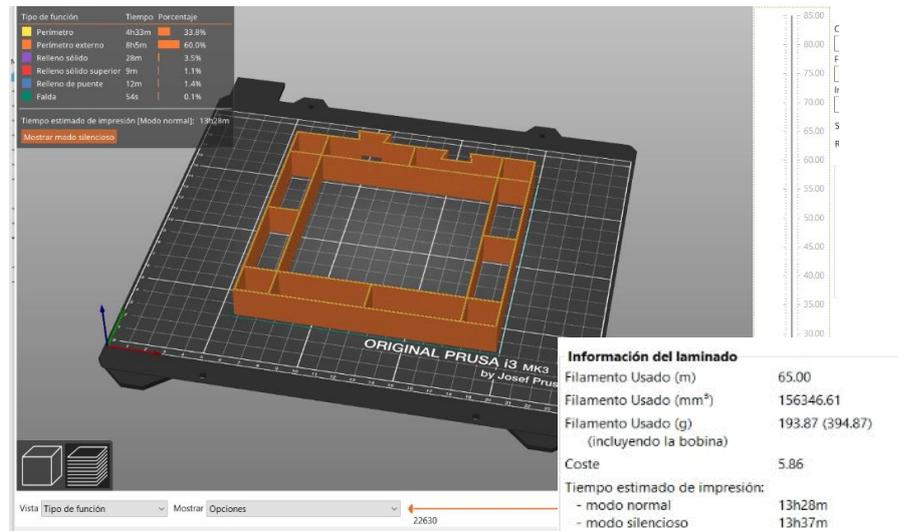


**Figura 22-3:** Programa para impresión 3D PrusaSlicer.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Para terminar, se configura la velocidad de la impresión en 0.20 mm, el tipo de filamento que se usará, en este caso Prusament PLA, el modelo de impresora 3D: original Prusa 3D y finalmente un relleno del 100%. Con ello, se puede dar clic en “Laminar ahora” donde el programa determina

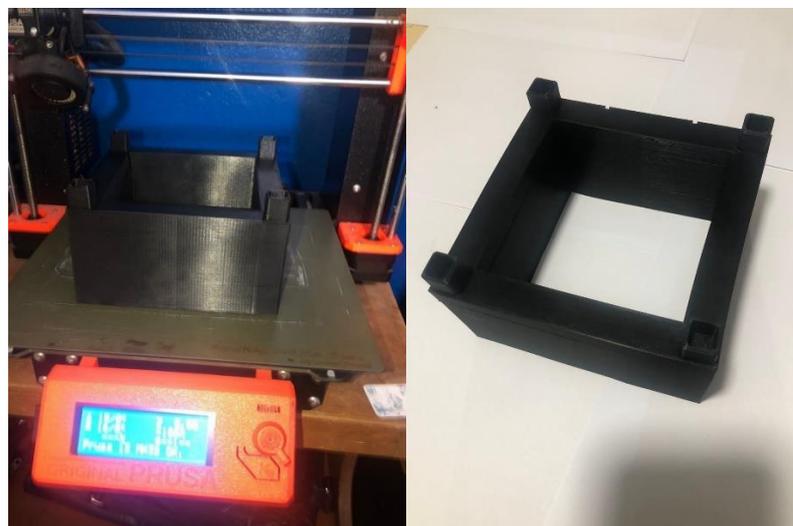
los parámetros con los que se dará la impresión, por ejemplo, un tiempo de impresión total estimado de 13h28min entre otros. En este paso se puede revisar el avance de la máquina, y si presentara un error.



**Figura 23-3:** Resultados del Laminado 3D.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Los parámetros de filamento usado y tiempo de uso de la máquina de impresión serán útiles para el estudio de costos que se hará en una sección posterior. Luego de revisar los parámetros y verificar que no haya errores, se procede a exportar el código G con el que la impresora será capaz de construir el objeto por lo que el siguiente paso es la impresión como tal. Con la pieza ya terminada se pudo comprobar que las uniones son adecuadas ya que permiten un enlace seguro, también se puede confirmar que las dimensiones del modelo corresponden a las deseadas, es decir las solicitadas en la normativa ecuatoriana para ladrillos cerámicos.



**Figura 24-3:** Impresión y pieza terminada

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 3.2. Diseño molde de inyección

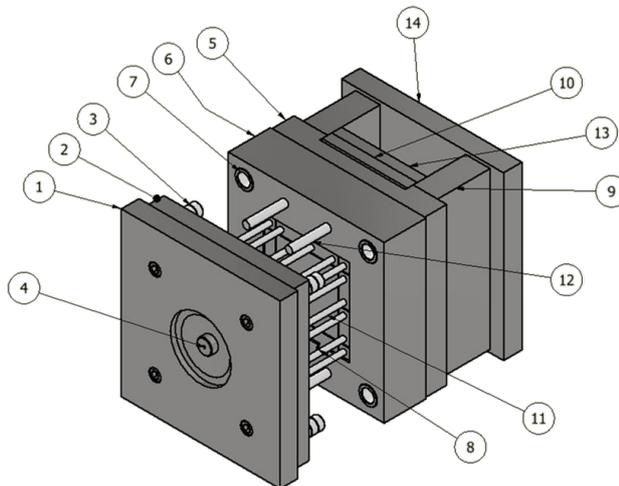
#### 3.2.1. Selección de materiales para la construcción del molde

La selección del material con el que se habrá de construir el molde es crítica para conseguir un producto con las características dimensionales esperadas. Es necesario tomar en consideración las propiedades mecánicas de este material requeridas para una alta producción, por ello, mencionamos los aceros considerados más adecuados en la manufactura de un molde como este. A continuación, se muestra una tabla con los elementos básicos en la construcción del molde y los materiales típicos usados para su elaboración, estos se tomarán como un punto de partida para los cálculos de diseño.

**Tabla 10-3:** Partes y materiales en la construcción del molde.

Elemento	Nombre de la pieza	Material
1	Placa de Respaldo Fija	AISI 1010
2	Placa Cavidad fija	AISI 1045
3	Guías	ACERO PLATA W1
4	Bebedero	ACERO PLATA
5	Placa de Respaldo Cavidad	AISI 1010
6	Placa Cavidad móvil	AISI 1045
7	Buje	ACERO PLATA W1
8	Expulsores 2	ACERO PLATA W1
9	Paralelas	AISI 1010
10	Placa de Expulsión	AISI 1010
11	Expulsores	ACERO PLATA W1
12	Expulsores Corto	ACERO PLATA W1
13	Placa de Expulsión 2	AISI 1010
14	Placa de Respaldo Móvil	AISI 1010

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 25-3:** Elementos del molde para ladrillo plástico

Realizado por: Palacios David, 2021

El acero AISI 1010 es un acero con bajo porcentaje de carbono según la normativa SAE, por ello este tipo de material es ampliamente usado para elementos estructurales de baja resistencia. Por sus buenas propiedades mecánicas y por su costo bajo este material se usa comúnmente en la construcción de moldes, específicamente en las placas porta moldes y porta machos. A continuación, se puede revisar una tabla con las principales características de este material.

**Tabla 11-3:** Composición química del acero AISI 1010

Elemento	Porcentaje
Carbono	0.06 – 0.13
Azufre	0.04 (máx.)
Fósforo	0.04 (máx.)
Silicio	0.15 – 0.35
Manganeso	0.30 – 0.60
Cr, Ni, Mo, V, W	-
Otras denominaciones	DIN 10301, JIS S10C, UNIC10

**Fuente:** (Aceroscol, 2018)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Los elementos dentro de este acero permiten que sea de alta ductilidad y con una excelente soldabilidad. Esto permite que tenga aplicaciones en campos como:

- Fabricación de tuberías, estructuras metálicas soldadas, etc.
- Usado como acero de construcción de maquinarias cuando se ha endurecido superficialmente mediante tratamientos térmicos.

El acero AISI 1045 contiene un porcentaje medio de carbono, se usa principalmente en elementos estructurales que necesiten una buena resistencia mecánica y tenacidad, pero con un costo relativamente bajo comparado con otros aceros. En cuanto a la soldabilidad y maquinabilidad esta es considerada buena. Puede ser sometido a temple y revenido para mejorar sus propiedades sin dificultad.

Los elementos fabricados con este acero se encuentran en:

- Ejes, chavetas, pernos, manivelas, engranajes de baja velocidad, tuercas, cigüeñales, cadenas, acoplamientos, bielas, espárragos, pasadores entre otros.

**Tabla 12-3:** Composición química del acero AISI 1045

Elemento	Porcentaje
Carbono	0.43 -0.50
Azufre	0.05 (máx.)
Fósforo	0.04 (máx.)
Silicio	0.15 – 0.35
Manganeso	0.60 – 0.90
Cr, Ni, Mo, V, W	-
Otras denominaciones	SAE 1045

**Fuente:** (Aceros Otero, 2019)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Por último, el acero plata W1 es un acero templado al agua, por lo que tiene una buena resistencia al desgaste superficial sin dejar una buena ductilidad en el interior. En cuanto al mecanizado, es muy bueno cuando se ha recocido por lo que se usa ampliamente en herramientas para trabajo en frío.

Entre las aplicaciones principales de este acero están:

- Elaboración de troqueles, machuelos, dados cabeceadores, cinceles, cortadores, rimas, matrices, formones.

**Tabla 13-3:** Composición química del acero plata W1

Elemento	Porcentaje
Carbono	1.05
Azufre	0.20 (máx.)
Fósforo	0.04 (máx.)
Silicio	0.15 – 0.35
Manganeso	0.20
Cr, Ni, Mo, V, W	-

**Fuente:** (Iirsacero, 2021)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

### 3.2.2. *Análisis de resistencia mecánica*

Los moldes se diseñan para producir elementos con la forma y dimensiones deseadas, siempre que sean diseñados y construidos adecuadamente. Es fundamental que el molde se diseñe considerando la máquina de inyección: su sistema de montaje, sistema de sujeción, sistema de

enfriamiento, expulsión y demás sistemas que puedan afectar al diseño. Por ejemplo, la información necesaria para iniciar el diseño de un molde es la siguiente:

- Planos de los platos de montaje.
- Espesores máximos y mínimos del molde (Carrera para cierre y apertura)
- Distancia entre barras guía.
- Fuerza de cerrado y apertura
- Presión para la inyección.
- Diámetro del agujero para inyección.
- Gramaje de inyección (capacidad)
- Planos del sistema de expulsión.

Estos datos se han dispuesto con detalle en el Anexo B. Para el diseño del molde se requiere esta información básica que se detalla a continuación.

**Tabla 14-3:** Información básica para el diseño del molde.

Característica	Molde para ladrillo plástico
Volumen de material	148.64 cm <sup>2</sup>
Presión de inyección	38 MPa
Masa	0.137 kg
Presión de inyección para el proceso	35 MPa
Área del molde de ladrillo	689 cm <sup>2</sup>
Deformación máx. permisible	0.01 mm

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Para el diseño de cualquier pieza mecánica, como es el caso de este molde, es deseable hacerlo desde el punto de vista conservador; es decir analizar la situación más crítica para el diseño de cada elemento. Además, para este tipo de diseños es importante tomar como principal a la deformación permisible en lugar de la resistencia, ya que este molde no debe dejar que la pieza sufra cambios en la geometría deseada en ninguna de las fases del proceso de producción.

### 3.2.2.1. Datos preliminares para el diseño del molde

El cálculo de las piezas que forman parte del molde parte de las características de la pieza que se desee fabricar, en este caso el ladrillo plástico. Además de los parámetros descritos anteriormente, se requiere definir ciertas propiedades del material a usar que serán requeridas en el cálculo siguiente.

**Tabla 15-3:** Información adicional para el diseño del molde.

Superficie proyectada	9634.5 mm <sup>2</sup>
Material para inyectar	Polipropileno
Contracción del polímero	1.45
Densidad del solido	0.92 g/cm <sup>3</sup>
Conductividad térmica	0.2 W/m°C
Capacidad calorífica específica	1700 J/kg°C
Temperatura adecuada del molde	30°C
Temperatura proceso recomendada	280°C
Temperatura de desmoldeo	120°C

Fuente: (Menges, y otros, 1983)

Realizado por: Palacios David, 2021

El primer valor que se determina es el factor de escala por medio de la ecuación siguiente.

$$f_s = \frac{1}{1 - \frac{\%C}{100}} \quad (1)$$

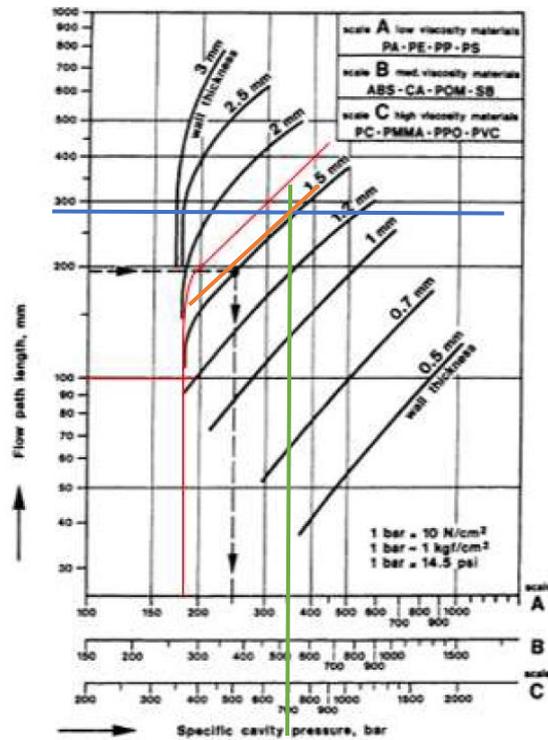
Dónde:

$f_s$ : Factor de escala.

%C: Porcentaje de contracción del material.

$$f_s = \frac{1}{1 - \frac{1.45}{100}} = 1.014$$

El siguiente parámetro que se necesita determinar es la presión de la cavidad en el molde. Para ello se considera el diagrama siguiente propuesto por Rosato.



**Figura 26-3:** Diagrama para determinar la presión de la cavidad.

Fuente: (Rosato, y otros, 1985)

Para utilizar el diagrama anterior se necesita la longitud del molde, medido desde el punto de inyección hasta la parte final del mismo, este valor se toma desde el modelado 3d realizado anteriormente, igual a 274 mm<sup>2</sup> para el eje vertical. En cuanto al espesor de la pieza a inyectar de igual manera se establece en 1.5 mm en promedio; al cruzar estos dos valores y proyectar la recta en el eje vertical se obtiene la presión específica de la cavidad en el molde, con un valor de 350 bar o 35 MPa. Es importante recordar que el diseño del molde se ha previsto con un ángulo de desmoldeo igual a 0° y con una superficie proyectada de 96.34 cm<sup>2</sup>.

Usando los parámetros recién determinados se puede calcular la fuerza de cierre.

$$F_c = A_p * P_i \quad (2)$$

Dónde:

$F_c$ : Fuerza de cierre (N).

$A_p$ : Área proyectada (m<sup>2</sup>).

$P_i$ : Presión de la cavidad (MPa).

$$F_c = 0.009634 * 35 = 0.337MN = 337 kN \approx 33 ton.$$

El siguiente paso una vez se ha determinado la fuerza de cierre es la selección de la máquina de inyección, ya que esta debe ser capaz de soportar y brindar esta presión requerida para la operación de inyección. De acuerdo con la disponibilidad en la industria cercana se puede considerar la siguiente maquinaria.

		MA1600 II /600		
		A	B	C
<b>INJECTION UNIT</b>				
Screw diameter	mm	40	45	50
Screw L /D ratio	L/D	22.5	20	18
Shot size (theoretical)	cm <sup>3</sup>	253	320	395
Injection weight (PS)	g	230	291	359
Injection rate (PS)	g/s	131	165	204
Injection pressure	MPa	238	188	152
Plasticizing rate (PS)	g/s	21.2	28.1	35.3
Screw speed	rpm	0-255		
<b>CLAMPING UNIT</b>				
Clamp tonnage	kN	1600		
Toggle stroke	mm	430		
Space between tie bars	mm	470x470		
Max. mold height	mm	520		
Min. mold height	mm	180		
Ejector stroke	mm	140		
Ejector force	kN	33		
<b>OTHERS</b>				
Max. pump pressure	MPa	16		
Pump motor power	kW	18.5		
Heater power	kW	9.95		
Machine dimension (l x w x h)	m	5.4x1.30x2.08		
Machine weight	t	5.65		
Hopper capacity	kg	25		
Oil tank capacity	l	300		

**Figura 27-3:** Especificaciones de la inyectora MARS 1600 II.

Fuente: (INTERNACIONAL, 2013)

Al comparar con la hoja técnica del equipo se puede observar que la presión en la cavidad capaz de obtenerse de este equipo es de 1600 kN, un valor mucho menor al calculado por lo que se considera este equipo adecuado para cerrar el molde en la inyección de las piezas del ladrillo plástico.

### 3.2.2.2. Cálculo de placas de montaje fija y móvil

Para este cálculo se ha elegido usar la teoría de placas, este no es un método exacto ya que las sujeciones que supone no necesariamente representan las condiciones reales en el molde. Se seleccionaron los casos más cercanos a este estudio usando la fórmula que permite calcular la deflexión máxima en el centro de una placa.

$$\delta_{\max} = \frac{KwL^4}{Et^3} \quad (3)$$

Dónde:

$\delta_{\max}$ : Máxima deflexión en el centro de la placa (m).

w: Fuerza aplicada por unidad de área (Pa).

L: Largo de la pieza (m).

t: Espesor de la placa (m)

K: Factor de condición de soporte de la placa

De la ecuación anterior se puede despejar la variable t, lo cual nos deja:

$$t = \sqrt[3]{\frac{KwL^4}{E\delta_{\max}}} \quad (4)$$

La variable L denominada como fuerza, en realidad representa la presión de inyección en el equipo, para este cálculo  $w = 35 \text{ MPa}$ . El factor K de condición de soporte será igual a 0.026, con un largo de pieza de 14 cm, los valores anteriores se reemplazan en la ecuación 2 obteniendo:

$$t = \sqrt[3]{\frac{0.026 * 35 * 10^6 * 0.14^4}{2 * 10^{11} * 0.0001}} = 0.0259 \text{ m} = 2.59 \text{ cm}$$

Entonces, el espesor de la placa que se requiere en este diseño es de aproximadamente 2.6 cm.

### 3.2.2.3. Cálculo de las Paralelas.

Las paralelas son unas barras cuyo comportamiento es similar al de una viga con un apoyo simple en el extremo, sometida a una carga uniformemente distribuida a todo su largo. Debido a esta consideración, se puede tomar la fórmula para determinar la deformación máxima en una viga para determinar la sección requerida en este diseño. La fórmula es:

$$\delta_{\max} = \frac{5WL^3}{384EI} \quad (5)$$

Dónde:

$\delta_{m\acute{a}x}$ : Máxima deflexi3n en el punto medio de la viga (m).

W: Carga total (N).

L: Largo de la viga (m).

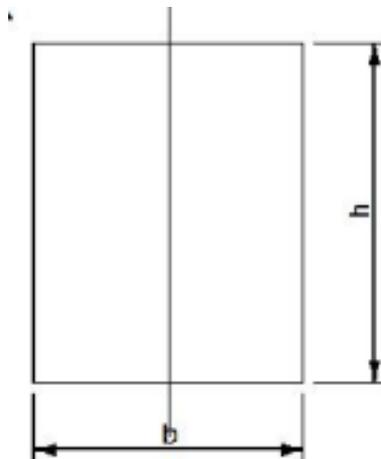
E: M3dulo de elasticidad (GPa).

I: Momento de Inercia que resiste la deformaci3n. (m<sup>4</sup>).

Como se va a calcular la secci3n de las paralelas, es necesario despejar el momento de inercia I.

$$I = \frac{5WL^3}{384E\delta_{m\acute{a}x}} \quad (6)$$

El momento de Inercia está en funci3n de las proporciones de ancho y largo de la viga de secci3n rectangular respecto a su eje neutro. La f3rmula que se emplea para determinar el momento de inercia en un rectángulo es la que se usa a continuaci3n, se toma un espesor de 4 cm y se deja en funci3n de la altura.



**Figura 28-3:** Momento de Inercia XX en un rectángulo.

Realizado por: Palacios David, 2021

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (7)$$

$$I = \frac{0.040 * h^3}{12}$$

Ya que en las ecuaciones 4 y 5 se despeja la variable Inercia, estas expresiones pueden igualarse como sigue.

$$\frac{5WL^3}{384E\delta_{m\acute{a}x}} = \frac{0.040 * h^3}{12}$$

Donde se puede despejar la inc3gnita h, que representa la altura de la viga:

$$h = \sqrt[3]{\frac{60WL^3}{7.296E\delta_{m\acute{a}x}}} \quad (8)$$

De acuerdo a lo anterior, es necesario determinar la carga total aplicada  $W$ , para ello tomamos en cuenta la fórmula de la presión.

$$P_{maq} = \frac{W}{A_{molde}} \quad (9)$$

Dónde:

$P_{maq}$ : Presión del equipo. Debe ser la presión crítica (MPa.).

$W$ : Carga total aplicada (N).

$A_{molde}$ : Área del molde para el ladrillo ( $m^2$ ).

$$W = P_{maq}A_{molde} \quad (10)$$

Reemplazando los valores conocidos, y calculando la carga total:

$$W = 35 * 10^6 * (0.25 * 0.25) = 2275875 \text{ N}$$

Entonces, por medio del cálculo anterior se ha determinado que la carga total aplicada en las paralelas será de 2275875 N. Como el sistema consta de dos paralelas, la carga será soportada en ambas por igual y basta con dividir esta cantidad entre dos.

$$W_{paralela} = \frac{2275875}{2} = 1137937.5 \text{ N}$$

Con este término calculado se puede determinar la altura requerida en la viga por medio de la ecuación 6.

$$h = \sqrt[3]{\frac{60 * 1137937.5 * 0.255^3}{7.296 * 2 * 10^{11} * 0.0001}} = 0.0716 \text{ m} = 7.16 \text{ cm}$$

Por tanto, la sección de cada una de las paralelas debería ser al menos 7.16 cm.

#### 3.2.2.4. *Diseño del sistema de expulsión.*

Por su disposición esta pieza actuará como una columna, por consiguiente, se pueden usar las ecuaciones conocidas para este elemento. Primero se debe calcular el momento de inercia en una sección circular de 8 cm.

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad (11)$$

Dónde:

$D$ : Diámetro de la sección circular (m).

$$I = \frac{\pi * 0.008^4}{64} = 2.010 * 10^{-10} m^4$$

Con ello, el radio de giro será:

$$r_{giro} = \sqrt{\frac{4I}{\pi D^2}} \quad (12)$$

$$r_{giro} = \sqrt{\frac{4 * 2.010 * 10^{-10}}{\pi * 0.008^2}} = 1.99 * 10^{-3} m$$

En cuanto a las sujeciones, se considera un sistema fijo o empotrado, por lo que el factor de columna correspondiente es de  $K=0.65$ . A continuación, se calcula la longitud efectiva:

$$Le = KL \quad (13)$$

Dónde:

$Le$ : Longitud efectiva de la columna (m).

$K$ : Factor de columna en función de los tipos de apoyo.

$L$ : Longitud de la columna (m).

$$Le = 0.65 * 278 = 181 \text{ mm}$$

Para la razón de esbeltez:

$$R_e = \frac{Le}{r_{giro}} \quad (14)$$
$$R_e = \frac{181}{1.99 * 10^{-3}} = 90.95$$

La razón de esbeltez de columna tomando en cuenta un acero AISI 1045 es:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (15)$$

Dónde:

$C_c$ : Razón de Esbeltez

$E$ : Módulo de Elasticidad del material (MPa)

$S_y$ : Límite de fluencia (MPa)

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 200 * 10^9}{292.2 * 10^6}} = 116.24$$

Como se ha obtenido que  $R_e > C_c < 200$  entonces se debe utilizar la ecuación del autor Jhonson para el cálculo de la carga crítica:

$$P_{cr} = ASy \left\{ 1 - \frac{S_y R_e^2}{4\pi^2 E} \right\} \quad (16)$$

$$P_{cr} = 5.026 * 10^5 * 292.2 * 10^6 \left\{ 1 - \frac{292.2 * 10^6 * 50.3^2}{4\pi^2 * 200 * 10^9} \right\} = 13301.77 N = 13.3 kN$$

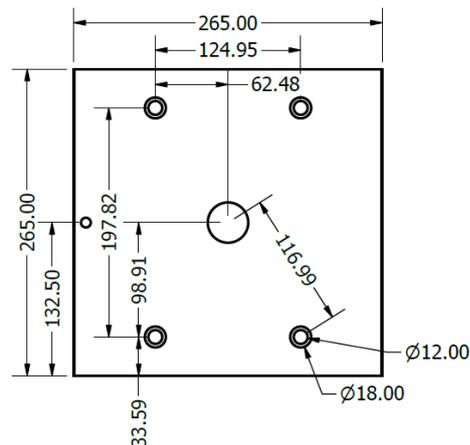
Por conveniencia se utilizará un factor de seguridad igual a 2, por ello la carga crítica aceptable queda en 6.65 kN por cada expulsor. Para un total de 20 expulsores disponibles en el equipo, la carga aceptable final es de  $P_{acep} = 133 kN$  aproximadamente.

Tomando en cuenta la fuerza de extracción máxima de la máquina ( $F_{ext}$ ), se puede concluir que el perno no fallará debido a que:

$$F_{ext} = 33 kN < P_{acep} = 133 kN$$

### 3.2.2.5. Diseño de los pernos sometidos a corte.

Para determinar las características de los pernos a utilizar en el molde es necesario calcular la fuerza máxima que soportarán cuando se sometan a corte mientras se sujeta al molde con la máquina de inyección.



**Figura 29-3:** Distribución de los pernos en la placa de respaldo móvil.

Realizado por: Palacios David, 2021

Según el esquema anterior, la distancia entre el centroide de la placa al centro de cada perno es de  $r = 126.714 mm$ . Los pernos de la placa de respaldo deben soportar el corte debido al peso que ejerce el molde, formado por: peso placa móvil y peso placa fija, es decir:

$$W_f = 282.04 N$$

$$W_m = 835.95 N$$

$$W_t = 1117.29 \text{ N}$$

Dónde:

$W_f$ : Peso de la parte fija.

$W_m$ : Peso de la parte móvil.

$W_t$ : Peso total

La carga primaria en el perno causada por el peso de la parte móvil queda:

$$F' = \frac{V}{n} \quad (17)$$

Dónde:

$F'$ : Carga primaria sobre cada perno (N).

$V$ : Peso total a corte que soporta la junta (N).

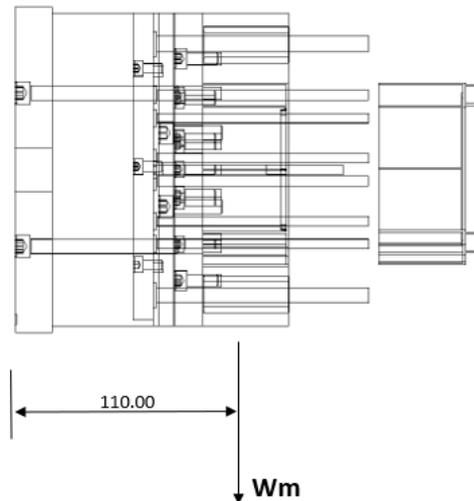
$n$ : Número de pernos en la junta.

$$F' = \frac{835.95}{4} = 208.98 \text{ N}$$

El momento flector presente en el sistema genera también una carga secundaria, en este caso el peso de la placa móvil; este momento se produce como se muestra en la siguiente figura.

$$Mf = W_m * l \quad (18)$$

$$Mf = 835.25 * 111 = 92713.2 \text{ Nmm}$$



**Figura 30-3:** Momento flector aplicado en la parte móvil del molde.

Realizado por: Palacios David, 2021

Debido a la rotación creada por el momento flector, los pernos en la placa se someten también a tracción. Para el cálculo es necesario determinar la carga más crítica que actuara en el perno más alejado del centro de rotación.

$$F'' = \frac{M_f r_k}{\sum (r_n)^2} \quad (19)$$

Dónde:

$F''$ : Carga crítica debida a tracción (N).

$M_f$ : Momento flector (Nm).

$r_k$ : Distancia del origen al perno crítico (mm).

$r_n$ : Distancia desde el centroide de la junta hasta el centro de cada perno sometido a tracción (mm).

$$F'' = \frac{92813.2 * 207}{(58 + 207)^2} = 273.28 \text{ N}$$

Como la junta está formada por 4 pernos iguales, entonces cada uno soporta una carga de tracción de 136.64 N o 13.94 kg ya que cada fila está formada por 2 pernos iguales.

Finalmente, no existe otro tipo de carga que afecte a la junta por lo que los pernos se deben diseñar a corte y tracción, tomando también en cuenta la fuerza de rozamiento que se producirá debido a la fuerza de pretensión en cada perno.

Se consideró la recomendación del catálogo de normalización para moldes, por ello se requieren pernos M16 de grado SAE 5 con una longitud de 7 pulgadas, las principales características de este material son las siguientes:

**Tabla 16-3:** Características de los pernos Seleccionados

M16 Grado SAE 5 L=7 plg.	Valor
Resistencia de prueba ( $S_p$ )	6000 kg/ cm <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia ( $S_y$ )	6500 kg/ cm <sup>2</sup>
Resistencia última a la tracción ( $S_{ut}$ )	8450 kg/ cm <sup>2</sup>
Área Normal ( $A_n$ )	0.84 cm <sup>2</sup>
Área a tracción ( $A_t$ )	0.76 cm <sup>2</sup>

Fuente: (Budynas, y otros pág. 410)

Realizado por: Palacios David, 2021

Para el cálculo de la pretensión se usan las siguientes ecuaciones:

$$F_p = A_t S_p \quad (20)$$

Dónde:

$F_p$ : Fuerza (kg)

$A_t$ : Área de tracción (cm<sup>2</sup>)

$S_p$ : Resistencia de prueba (kg/cm<sup>2</sup>)

$$F_p = 0.763 * 65000 = 49595 \text{ kg}$$

$$F_i = 0.85F_p \quad (21)$$

Dónde:

$F_i$ : Pretensión requerida (kg)

$$F_i = 0.85 * 3600 = 3060 \text{ kg}$$

Para determinar la fuerza que afectará a la junta debido al rozamiento es necesario considerar el factor de fricción en juntas roscadas, los valores se muestran en la tabla.

**Tabla 17-3:** Coeficientes de fricción para pares roscados.

Material del tornillo	Material de la tuerca		
	Acero	Bronce	Latón
Acero, Seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19
Acero, Aceite	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	-

Fuente: (Budynas, y otros pág. 410)

Realizado por: Palacios David, 2021

$$F_R = \mu N \quad (22)$$

Dónde:

$F_R$ : Fuerza de Rozamiento (N).

$\mu$ : Coeficiente de fricción para el par roscado.

$N$ : Normal que actúa en el par (N).

Para este par ordenado se toma el coeficiente de fricción de tornillo de acero en seco junto con una tuerca de acero.

$$N = F_i - F'' \quad (23)$$

$$N = 3060 - 13.94 = 3050.05 \text{ kg}$$

$$F_R = 0.15 * 3050.05 = 4571.50 \text{ kg}$$

Al observar el resultado anterior (fuerza de rozamiento estático) y compararlo con la carga primaria debido al corte se concluye que el rozamiento es la fuerza mayor ( $F' < F_R$ ), esto indica que cuando la junta trabaje, el corte que produce las fuerzas calculadas anteriormente será absorbido por el rozamiento, por tanto, los pernos estarán sujetos únicamente a tracción.

Para el cálculo de la constante de rigidez del sujetador se considera la ecuación:

$$k_b = \frac{A_t A_d E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad (24)$$

Dónde:

$A_t$ : Área de esfuerzo a tensión.

$A_d$ : Área del diámetro mayor del sujetador.

$l_t$ : Longitud de la parte roscada de agarre.

$l_d$ : Longitud de la parte sin rosca de agarre.

$E_b$ : Módulo de elasticidad del perno.

Cómo el área de esfuerzo y el área del diámetro mayor son las mismas, la ecuación puede reducirse a la siguiente expresión:

$$k_b = \frac{A_t E}{l_t + l_d} \quad (25)$$

Para determinar la longitud de la rosca, es necesario considerar la siguiente regla:

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 125 \end{cases} \quad (26)$$

Donde:

L: Longitud del perno

d: Diámetro del perno

$$L_T = 2(12) + 25 = 49 \text{ mm} = 1.93 \text{ plg.}$$

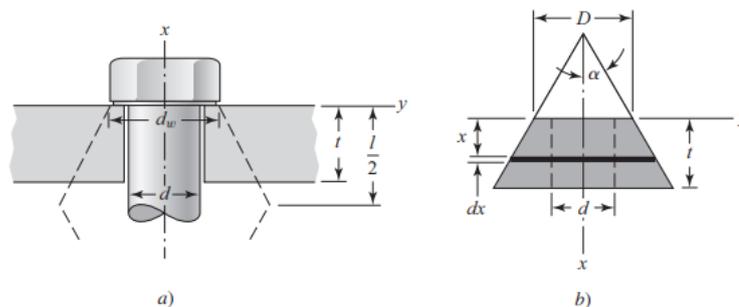
Para este cálculo se tiene un área de esfuerzo igual a  $0.118 \text{ plg}^2$  junto con una longitud total incluyendo la rosca de 7 plg.

$$k_b = \frac{0.118 * 30 * 10^6}{7} = 506531.42 \frac{\text{lb}}{\text{in}} = 9046.35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El siguiente término por calcular corresponde a la constante de rigidez del elemento. Para ello es importante recordar que todos los elementos de unión poseen igual Módulo de Elasticidad, el diámetro de la arandela que se usará es aproximadamente 50% mayor al diámetro del sujetador de pernos de cabeza hexagonal, es importante mencionar esto y también el ángulo que se usará, en este caso  $30^\circ$  para poder utilizar la siguiente fórmula.

$$k_m = \frac{0.577\pi E_b d}{\ln\left(\frac{(1.5t+D-d)*(D+d)}{(1.5t+D+d)*(D-d)}\right)} \quad (27)$$

Los términos que se usan en la fórmula anterior se describen en la siguiente figura.



**Figura 31-3:** Compresión de elementos cuando sus propiedades elásticas son equivalentes

Fuente: (Budynas, y otros pág. 410)

Para la junta, se tiene un diámetro  $D = 18 \text{ mm}$  y un diámetro  $d = 12 \text{ mm}$ , reemplazando en la ecuación anterior:

$$km_1 = \frac{0.577 * \pi * 30 * 10^4 * 1.2}{\ln\left(\frac{(1.155 * 2.6 + 1.8 - 1.2) * (1.8 + 1.2)}{(1.155 * 2.6 + 1.8 + 1.2) * (1.8 - 1.2)}\right)} = 5.93 * 10^5 \frac{kg}{cm}$$

$$km_2 = \frac{0.577 * \pi * 30 * 10^4 * 1.2}{\ln\left(\frac{(1.155 * 8.6 + 1.8 - 1.2) * (1.8 + 1.2)}{(1.155 * 8.6 + 1.8 + 1.2) * (1.8 - 1.2)}\right)} = 4.64 * 10^5 \frac{kg}{cm}$$

$$km_3 = \frac{0.577 * \pi * 30 * 10^4 * 1.2}{\ln\left(\frac{(1.155 * 3.6 + 1.8 - 1.2) * (1.8 + 1.2)}{(1.155 * 3.6 + 1.8 + 1.2) * (1.8 - 1.2)}\right)} = 5.43 * 10^5 \frac{kg}{cm}$$

Una vez se han calculado estos valores se puede usar la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{K_m} = \frac{1}{k_{m1}} + \frac{1}{k_{m2}} + \frac{1}{k_{m3}} \quad (28)$$

$$\frac{1}{K_m} = \frac{1}{5.93 * 10^5} + \frac{1}{4.64 * 10^5} + \frac{1}{5.43 * 10^5} = \frac{1}{1.86 * 10^5} \frac{cm}{kg}$$

$$K_m = 1.86 * 10^5 \frac{kg}{cm}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad (29)$$

$$C = \frac{1.6 * 10^5}{(1.6 * 10^5 + 1.86 * 10^5)} = 0.46$$

Para este caso, la carga es una constante. Se usa la siguiente ecuación:

$$F_b = F_i + CnP \quad (30)$$

$$F_b \leq SyA_t \quad (31)$$

De las ecuaciones anteriores, puede despejarse el factor de seguridad:

$$n = \frac{SyA_t - F_i}{CP} \quad (32)$$

$$n = \frac{6500 * 0.763 - 3060}{0.46 * 13.94} = 294.24$$

Con el factor de seguridad anterior, se verifica que la unión con pernos no fallará. Con las especificaciones que se han calculado en los apartados anteriores es posible generar un primer modelo 3d del cuerpo del molde formado por: Cavity Fija, Cavity Móvil y Placa de expulsión; el único punto pendiente será el cálculo del sistema de enfriamiento detallado en la siguiente sección.

### 3.2.3. Cálculo del tiempo de enfriamiento

Uno de los elementos críticos en el diseño de un molde para inyección es el sistema de enfriamiento, puesto que depende de su eficacia el obtener o no una pieza de calidad con las características estimadas.

Para determinar el tiempo de enfriamiento se hace uso de las fórmulas descritas en las leyes de Fourier:

$$t_k = \frac{s^2}{a \cdot \pi^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{\sigma_M - \sigma_W}{\sigma_E - \sigma_W} \right) \right) \quad (33)$$

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c_e} \quad (34)$$

Donde:

$t_k$ : Tiempo de enfriamiento (s).

$k$ : Conductividad térmica del material (W/m °C).

$\rho$ : Densidad (g/cm<sup>3</sup>).

$c_e$ : Calor específico (J/kg °C).

$s$ : Espesor de la pieza a fabricar (mm).

$\sigma_M$ : Temperatura de elaboración (°C).

$\sigma_W$ : Temperatura en la pared del molde (°C).

$\sigma_E$ : Temperatura media de desmoldeo (°C).

$$t_k = \frac{(1.6 * 10 - 3)^2}{(1.4066 * 10 - 7)^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{210 - 40}{70 - 40} \right) \right) = 2.8 \text{ s}$$

Sabiendo que este tiempo es un aproximado al real, ya que depende de las variables de temperatura y para el cálculo se han tomado como constantes. Es importante mencionar que un tiempo de enfriamiento demasiado rápido puede resultar nada beneficioso, especialmente en el trabajo con elementos muy delgados, como lo es este caso. También es relevante aclarar que durante la simulación del proceso de inyección por medio de Moldex3d, se obtuvo un tiempo de enfriamiento de 12.2 s, mayor al recientemente calculado, por lo que se considera como aceptable para los siguientes cálculos.

Una vez se ha determinado el tiempo de enfriamiento se puede calcular la cantidad de calor que se necesita eliminar en este procedimiento.

$$Q = \frac{h_s m}{t_k} \quad (35)$$

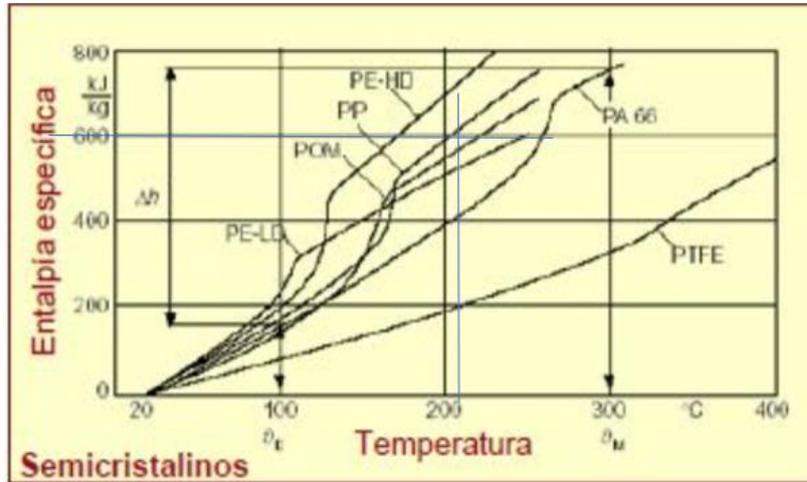
Donde:

$Q$ : Calor disipado por el molde (J/s).

$h_s$ : Entalpía específica que se obtiene de las curvas del polipropileno (kJ/kg).

$t_k$ : Tiempo de enfriamiento (s).

Para determinar la entalpía específica se emplea el siguiente diagrama, utilizando la temperatura de elaboración de la pieza de 210°C.



**Figura 32-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo fija.

Fuente: (Fernández, 2014)

De donde se obtiene que la entalpía específica en el propileno es de aproximadamente 600 kJ/kg por lo tanto, el calor se calcula:

$$Q = \frac{600 * 0.137}{12.2} = 28.19 \frac{J}{s}$$

Sabiendo que se requiere eliminar un flujo de calor de 28.16 J/s se debe determinar la cantidad de agua necesaria para cumplir con este parámetro, para ello se considera una tolerancia en la temperatura del agua de más/menos 2°C:

$$m_{H_2O} = \frac{Qt_k}{C_{H_2O}} \quad (36)$$

Donde:

$m_{H_2O}$ : Masa de agua necesaria (g).

$Q$ : Calor que se necesita disipar (J/s).

$C_{H_2O}$ : Calor específico del agua (4.18 J/g)

$$m_{H_2O} = \frac{28.19 * 12.2}{4.18} = 82.27 \text{ g}$$

Donde el flujo másico solicitado es:

$$Q_M = \frac{82.27}{12.2} = 6.74 \text{ g/s}$$

A partir del flujo másico necesario para disipar el calor presente en el molde, se determina la configuración de los canales de enfriamiento y su distribución en el molde para que cumplan con esta función. Dado que el ladrillo plástico no tiene una geometría regular se tomará un espesor promedio de 1.6 mm para determinar el diámetro de estos canales en función de este. (Fernández, 2014 págs. 8-9)

De esta manera se establece que los canales por los que debe fluir el agua tendrán un diámetro de 10 mm como lo recomienda la literatura. También, en función de este diámetro se puede calcular la distancia a la que se deben dibujar a partir de la pieza del ladrillo plástico:

$$2D \leq B \leq 3D \quad (37)$$

Donde:

$D$ : Diámetro de los canales de enfriamiento (mm).

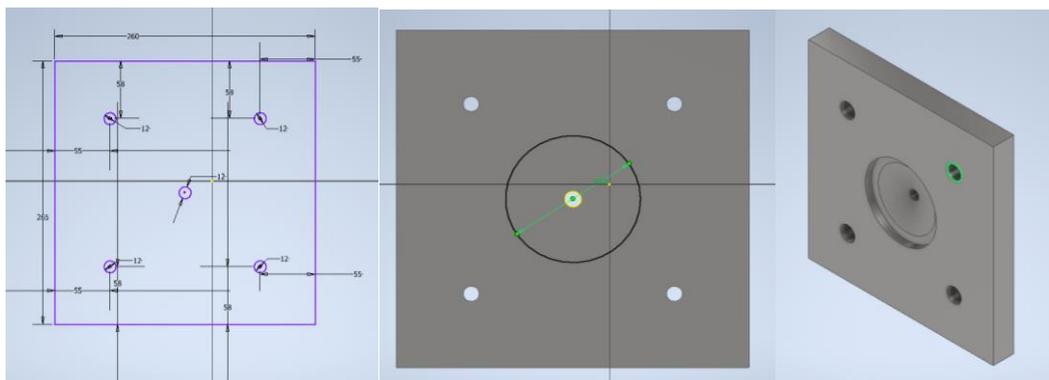
$B$ : Distancia recomendada entre la pieza y los canales de enfriamiento (mm).

$$20 \leq B \leq 30$$

Considerando el criterio anterior, la distancia debe establecerse entre 20 y 30 mm por lo que 20 mm es adecuado para este diseño considerando que el límite de espacio disponible en el inferior del molde. Esta configuración se muestra en detalle en el proceso de modelado 3d de las piezas que conforman el molde.

### 3.2.4. Modelado 3D del molde de inyección

Tal como se hizo el modelado del ladrillo plástico, se ha realizado el bosquejo con ayuda del Software Inventor partiendo de las dimensiones requeridas en el producto y tomando las especificaciones ya calculadas en el punto anterior. Este cuerpo 3D es necesario puesto que se usará tanto en la simulación del proceso de inyección como en la simulación de esfuerzos por medio de software CAE para verificar la resistencia mecánica en el cuerpo del molde.



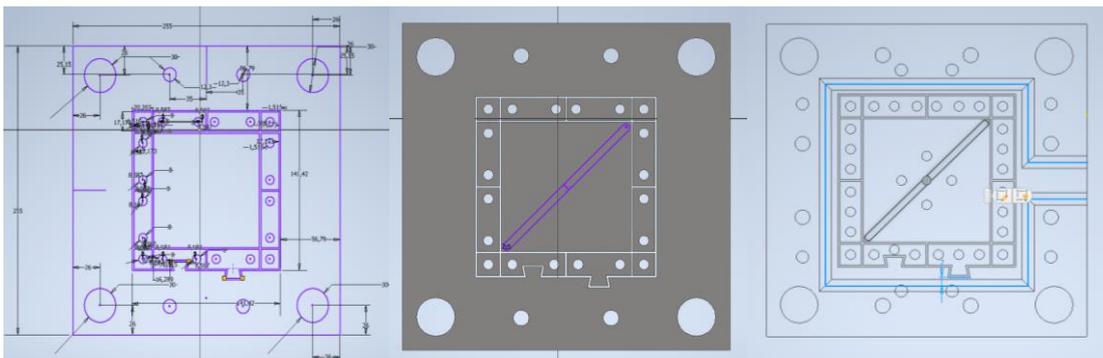
**Figura 33-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo fija.

Realizado por: Palacios David, 2021



La placa de cavidad móvil constituye una de las partes fundamentales en la creación del producto por inyección ya que gran parte de su geometría está impresa en esta placa. El dibujo se lo realizó a partir de un croquis rectangular con los agujeros correspondientes para los expulsores, una vez estos se dibujaron en la posición correcta se debe trazar la forma del ladrillo plástico que será inyectada en esta parte del molde. Las medidas del trazo del ladrillo corresponden a las detalladas en el plano de detalle anexadas al final de este documento.

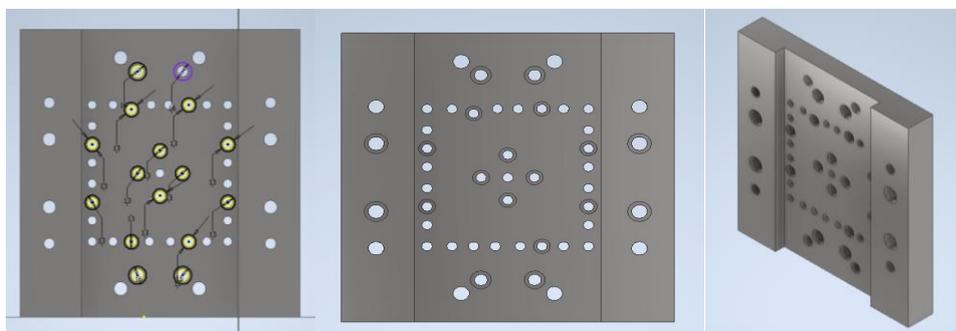
Como se puede observar en la figura, se han dispuesto los canales de enfriamientos requeridos de acuerdo con las condiciones térmicas detalladas en la sección anterior. Finalmente, la pieza es extruida dejando también los espacios por donde circulará el material caliente.



**Figura 37-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de cavidad móvil.

Realizado por: Palacios David, 2021

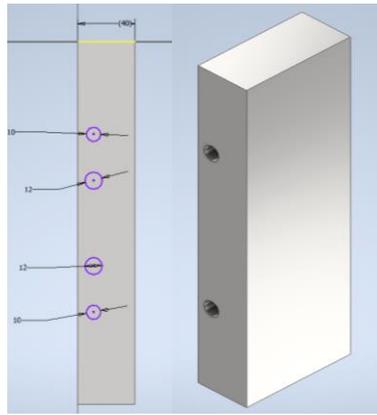
En el dibujo de la placa de respaldo de cavidad el trazado empieza con un croquis rectangular extruido con un cambio de sección. Dentro de este elemento se dibujan los agujeros para los expulsores y poder cortar tanto los agujeros como las roscas de las guías.



**Figura 38-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de respaldo.

Realizado por: Palacios David, 2021

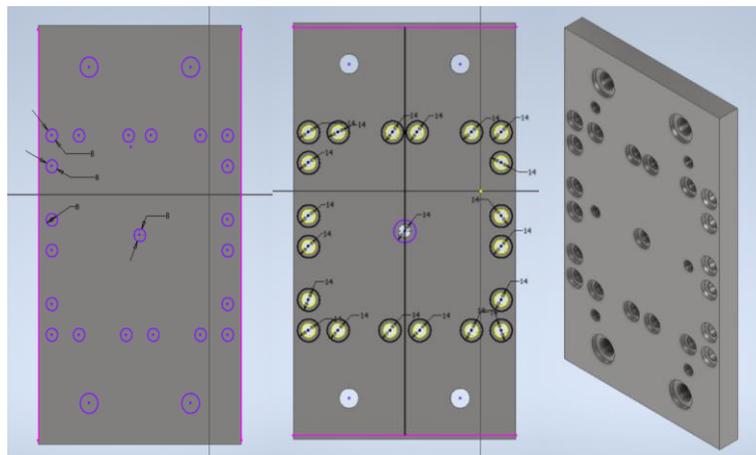
Las paralelas se pueden modelar como una placa con agujeros especificados para los expulsores. Se dibuja un croquis de forma rectangular, y dentro de este se cortan primeramente los agujeros.



**Figura 39-3:** Paso a paso en el modelado de las paralelas.

Realizado por: Palacios David, 2021

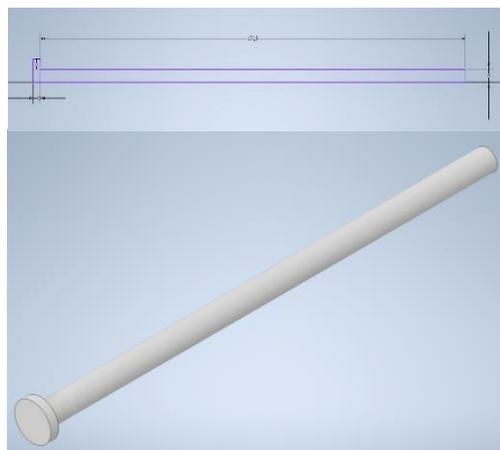
En el dibujo de la placa de expulsión uno el dibujo empieza con un rectángulo sobre el cuál se hacen las perforaciones para los expulsores y las roscas correspondientes para las guías.



**Figura 40-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 1.

Realizado por: Palacios David, 2021

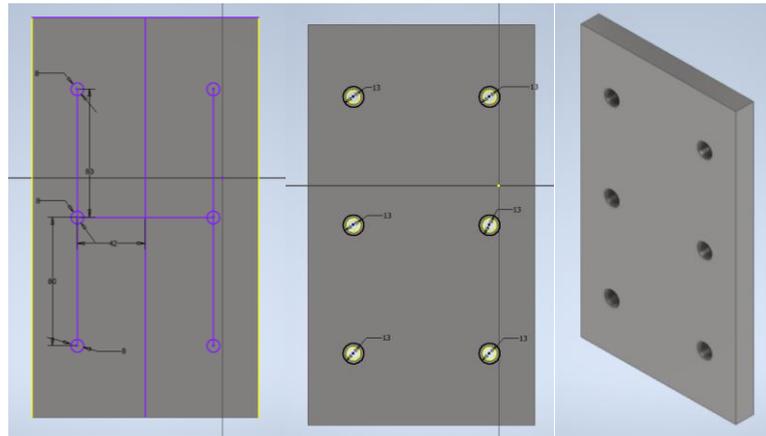
Una de las últimas piezas en dibujarse son los expulsores, al ser una pieza por revolución se grafica el croquis simétrico para ser extruido por revolución.



**Figura 41-3:** Paso a paso en el modelado de los expulsores.

Realizado por: Palacios David, 2021

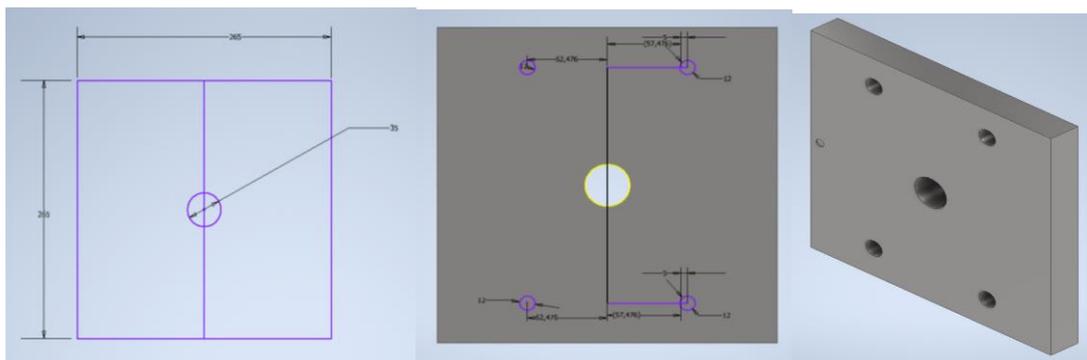
De forma similar al dibujo de la placa de expulsión uno, la placa de expulsión dos se dibuja a partir de un rectángulo extruido al que se le cortan 6 roscas para colocar las guías.



**Figura 42-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 2.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

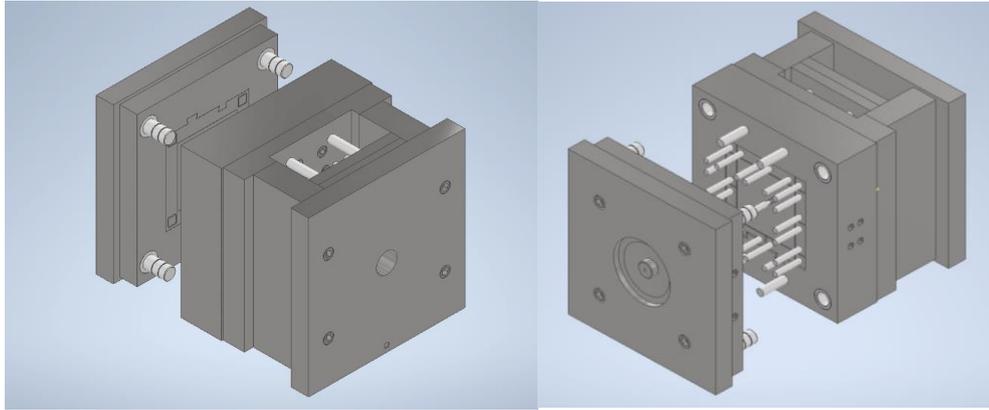
En la placa de respaldo móvil, la última pieza a dibujar se empieza con un croquis rectangular y dentro de esta se cortan los agujeros para los expulsores, con los cuales la pieza se conecta con las otras restantes.



**Figura 43-3:** Paso a paso en el modelado de la placa de expulsión 2.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Con todas las piezas dibujadas junto con los elementos seleccionados por norma, se puede realizar el ensamble del conjunto para verificar que no exista un problema en el modelado de alguna de las piezas recientemente creadas. Al revisar que los elementos encajan correctamente, se puede generar los planos de cada elemento y del conjunto.



**Figura 44-3:** Modelado 3D del molde de inyección

**Realizado por:** Palacios David, 2021

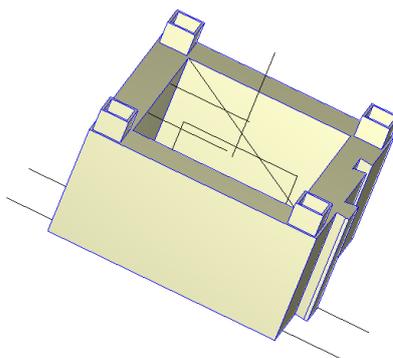
En el Anexo A, se encuentra el plano a detalle con las dimensiones requeridas del molde de inyección para la fabricación del ladrillo plástico.

### 3.2.5. *Simulación de Inyección en el molde*

Uno de los pasos esenciales en el proceso de fabricación de piezas plásticas es la simulación del proceso de inyección en el molde, esto permitirá asegurar piezas de calidad que mantenga la forma y tamaño deseados. La manera en la que el material se distribuye dentro del molde, así como las orientaciones del flujo y las posibles contracciones se deben conocer o al menos estimar antes de la construcción del molde, por lo que las herramientas digitales serán de gran ayuda en la comprobación de este proceso.

El programa usado para esta comprobación será Moldex3D, un software especializado en la simulación de moldeo por inyección de plástico por medio de cálculos iterativos. La simulación se lleva a cabo en 5 pasos:

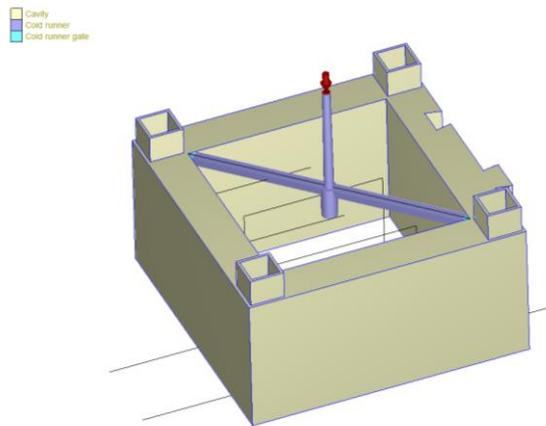
Paso 1, Importación del Modelo: En el primer paso es necesario importar un modelo 3d de la pieza deseada, en este caso se usará un modelo creado en el software Inventor en pasos anteriores.



**Figura 45-3:** Importación del Modelo.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

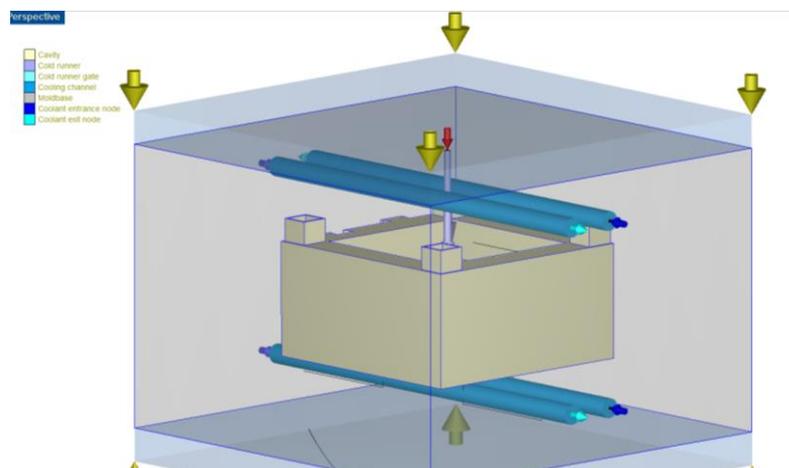
Paso 2, Creación de los sistemas de corrido: Por medio de este paso se establecen compuertas en diferentes puntos del molde, se pueden escoger entre diferentes tipos de compuertas o válvulas por donde correrá el material líquido. Se han colocado válvulas de esquina con sección rectangular entre 2 esquinas opuestas de la pieza que se desea crear y sobre este una válvula de sección circular perpendicular a la anterior. Este será el camino por donde seguirá el material durante el proceso de inyección desde el punto superior en color rojo.



**Figura 46-3:** Creación de los sistemas de corrido

Realizado por: Palacios David, 2021

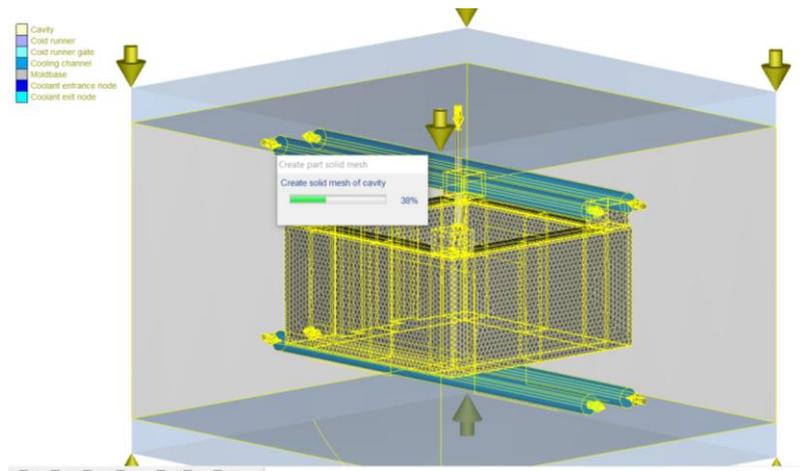
Paso 3, Descripción del Sistema de Enfriamiento: Con ayuda del modelo 3d del producto final (ladrillo plástico) se crea la cavidad que tendrá el molde base. El primer paso es indicar las dimensiones del molde, se muestra como un cubo de color azul que se interseca con el ladrillo plástico para formar la cavidad. Con ellos se incluyen los canales de enfriamiento por donde correrá el agua para solidificar la pieza, se colocan los canales que ya se dibujaron en el modelo 3d del molde. En total se colocan 4 canales de enfriamiento (2 de cada lado) con un diámetro de 12.5 mm y con flujos contrarios.



**Figura 47-3:** Descripción del Sistema de enfriamiento.

Realizado por: Palacios David, 2021

Paso 4, Generación de la Malla: Se indican los parámetros de mallado (tamaño, elementos, etc) y se deja al sistema generar la malla.



**Figura 48-3:** Generación de la Malla

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Paso 5, Exportar la Malla: Se guarda el modelo creado con las especificaciones de enfriamiento, sistema de entrada de material y mallado. Con este archivo creado en Modelx3D Designer se lo puede usar en Modelx3D para revisar el proceso de inyección en 3D.

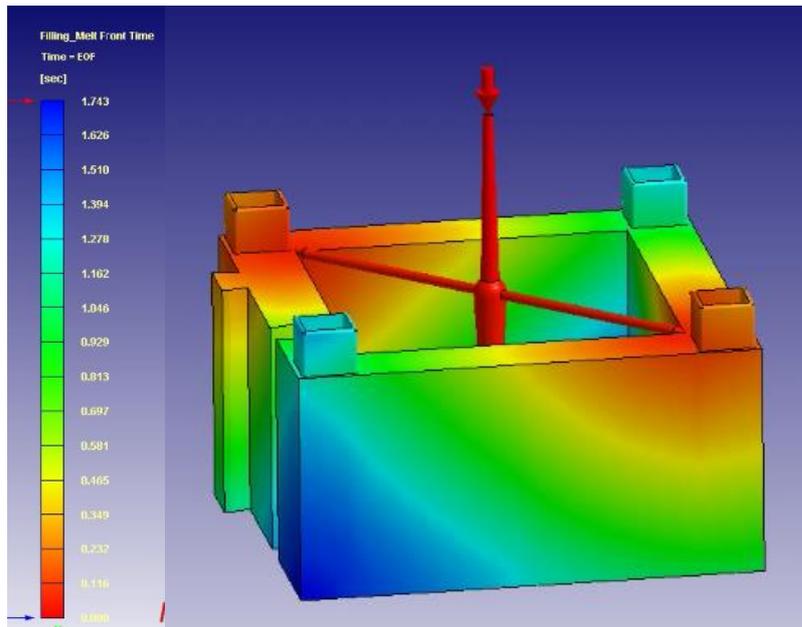
Al abrir Moldex3D hay que importar tanto la pieza deseada (ladrillo plástico) como la malla recién creada, también se debe indicar el material a ser inyectado, para este caso el material es Polipropileno. Las condiciones de proceso que usará el programa durante la simulación se pueden ver en la tabla siguiente.

**Tabla 18-3:** Propiedades del Polipropileno en Moldex3D.

Parámetro	Valor
Tiempo de llenado	1.71 s
Tiempo de empaquetado	5.53 s
Temperatura de fusión	240°C
Temperatura del molde	30°C
Tiempo de enfriamiento	12.2 s

**Realizado por:** Palacios David, 2021

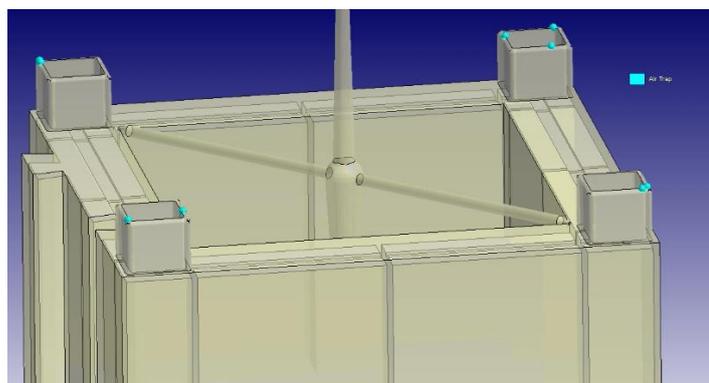
Se ejecutó el programa obteniendo los siguientes resultados. El primer aspecto a evaluar es el tiempo en que el material alcanza todos los espacios del molde. Siendo de color rojo aquellos espacios que se llenan primero y de color azul los últimos en ser alcanzados. La simulación nos muestra que en menos de 2 segundos ya se habrá llenado la cavidad entera.



**Figura 49-3:** Simulación de tiempo de llenado durante la inyección.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Cuando se lleva a cabo un proceso de inyección es frecuente encontrarse con trampas de aire, éstas son espacios donde debido al flujo del material dentro de la cavidad el aire queda atrapado en puntos específicos donde la pieza quedará incompleta o imperfecta. El software nos muestra un aproximado de 9 trampas de aire ubicados en la parte superior del ladrillo, como las trampas quedan en las conexiones verticales entre ladrillo y ladrillo no se considera que estas sean críticas en la funcionalidad del diseño, por tanto, se decide continuar con el moldeo en esta disposición.

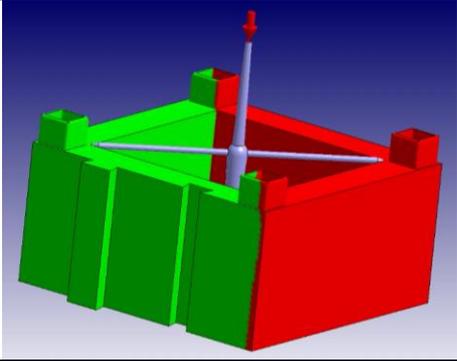
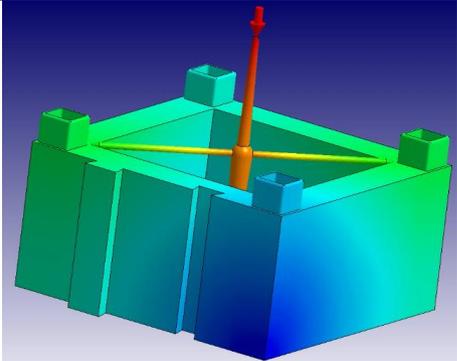
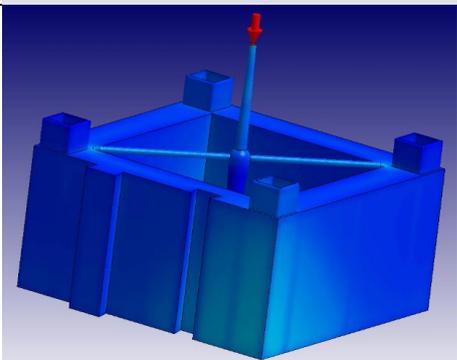
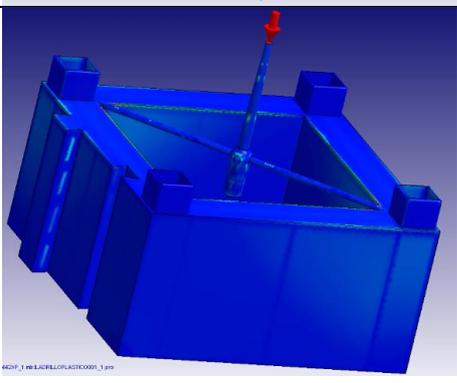


**Figura 50-3:** Ubicación de las trampas de aire.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Otros aspectos importantes que se deben revisar en la simulación de la inyección son la distribución del material por medio de las válvulas de corrido, la presión en el sistema durante el proceso, temperatura, y esfuerzo se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 19-3:** Otros resultados obtenidos en Moldex3D.

Resultado	Indicación
	<p>Contribución de las válvulas de llenado: Cada válvula ubicada en las esquinas alimenta aproximadamente al 50% del cuerpo del ladrillo.</p>
	<p>Distribución de la presión. Empieza con 84.9 MPa al ingreso superior del material (en color rojo) y va reduciendo hasta las esquinas inferiores en color azul donde llega aproximadamente a cero.</p>
	<p>Rango de temperatura: Con una temperatura máxima de 270.18°C en color rojo y una mínima de 44.66°C en color azul.</p>
	<p>Máxima Tensión de Corte: Con un máximo de 3.30 MPa ubicado en la válvula de corrido y en la esquina interior del ladrillo.</p>

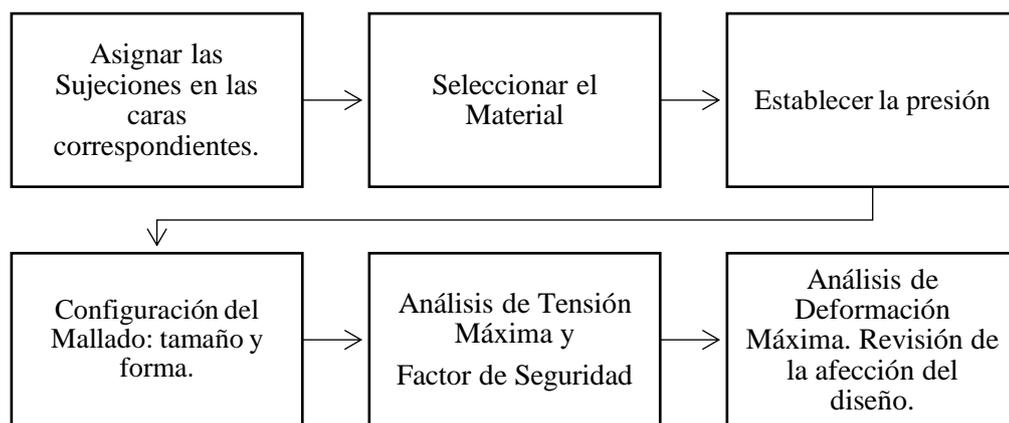
Realizado por: Palacios David, 2021

Finalmente se han revisado todos los parámetros principales que se obtuvieron en la simulación y se puede concluir que, en cuanto al proceso de inyección no se presentarán mayores dificultades que las ya previstas, por tanto, se considera que el proceso dará como resultado la pieza esperada

y con ello verificamos que el diseño del molde es adecuado. Una vez se ha revisado este proceso, se debe continuar con la revisión de resistencia mecánica del molde por medio de simulación.

### 3.2.6. Simulación de esfuerzo en el molde

Los elementos críticos que se van a revisar por medio de simulación son: cavidad fija, cavidad móvil y placa de respaldo. Estos elementos serán los que mayores cargas deben soportar durante el proceso de fabricación, sea durante la inyección o durante la expulsión. En este caso se usará el software Ansys y el primer elemento que se prueba es la cavidad fija.



**Gráfico 2-3:** Proceso para la simulación de elementos del molde en Ansys.

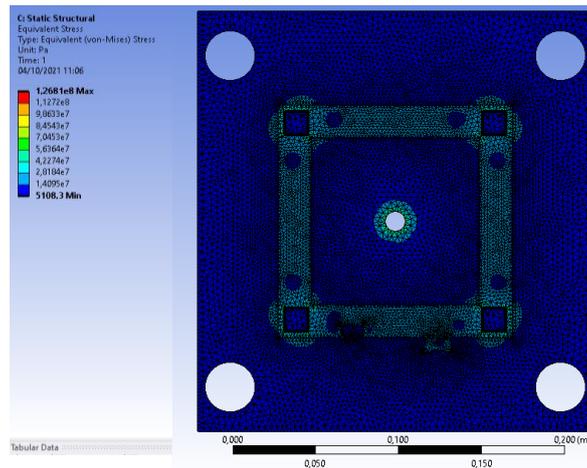
**Realizado por:** Palacios David, 2021

Los parámetros de la simulación en la cavidad fija se detallan en la tabla siguiente. Con los resultados obtenidos para este elemento se puede decir que a pesar de tener una tensión máxima superior a 126 MPa el factor de seguridad es mayor que 2 en casi todo el cuerpo por lo que se considera que la pieza no fallará durante la inyección y se garantiza su funcionalidad. En cuanto a la deformación, se debe verificar que los espacios que se generen no afecten al producto final que se desea obtener, para la cavidad fija la deformación que se producirá es muy pequeña (menor a 0.5 mm) por lo que esta no cambiará las dimensiones deseadas. Los gráficos obtenidos en la simulación se indican a continuación.

**Tabla 20-3:** Parámetros de simulación para la cavidad fija.

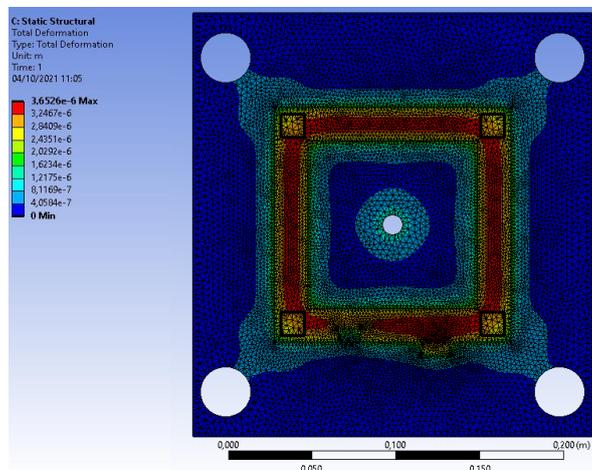
Parámetro	Valor
Tipo de sujeción	Empotramiento en la cara posterior
Material	AISI 1045
Presión	38 MPa
Configuración del mallado	A 0.002 m, método tetraedro
Tensión Máxima	126.81 MPa
Factor de Seguridad	Max: 15 Mín: 1.97
Deformación Máxima (en condiciones críticas)	$3.65 \times 10^{-3} \text{ mm}$

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 51-3:** Resultados de tensión en la cavidad fija.

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 52-3:** Resultados de deformación en la cavidad fija.

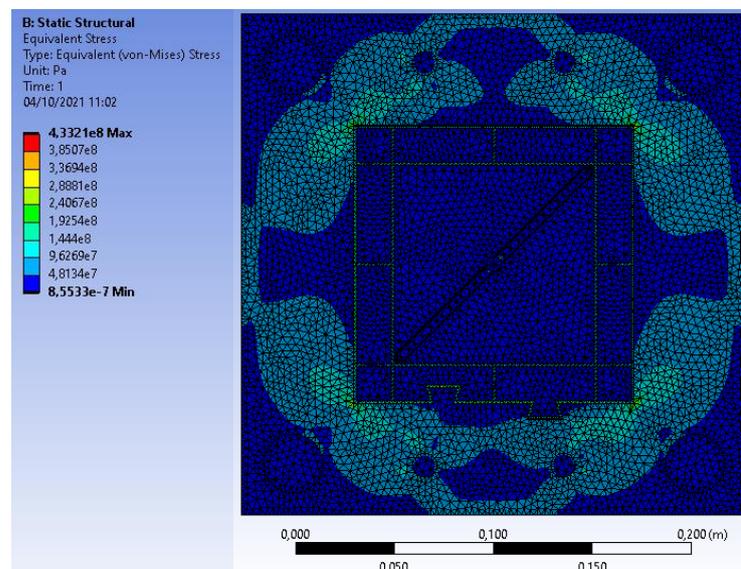
Realizado por: Palacios David, 2021

El siguiente elemento que se debe revisar es la cavidad móvil, para esta pieza los parámetros de simulación se encuentran en la tabla a continuación. Con una tensión máxima de 433.21 MPa y un factor de seguridad de entre 15 y 0.57 se puede considerar que aún en las condiciones más críticas durante la inyección el molde no fallará. Es importante revisar las zonas con el factor de seguridad menor puesto que en caso de incrementar la presión en el proceso, es probable que el molde pueda sufrir una fractura o deformación considerable en el centro de su cavidad móvil. La zona crítica se muestra con color celeste en la siguiente figura de tensiones máximas. La deformación no supera los 0.1 mm en ningún punto por lo que el molde no afectará las dimensiones deseadas en el producto.

**Tabla 21-3:** Parámetros de simulación para la cavidad móvil.

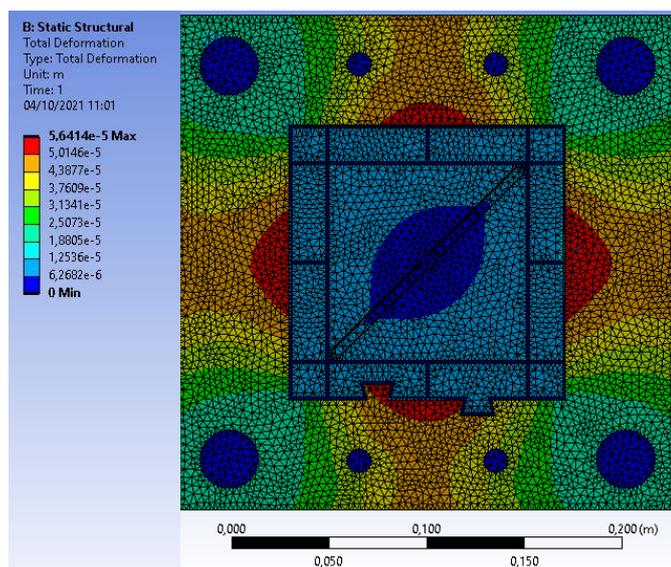
Parámetro	Valor
Tipo de sujeción	Empotramiento en la cara posterior
Material	AISI 1045
Presión	38 MPa
Configuración del mallado	A 0.002 m, método tetraedro
Tensión Máxima	433.21 MPa
Factor de Seguridad	Max: 15 Mín: 0.57
Deformación Máxima (en condiciones críticas)	$5.64 * 10^{-2} mm$

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 53-3:** Resultados de tensión en la cavidad móvil.

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 54-3:** Resultados de deformación en la cavidad móvil.

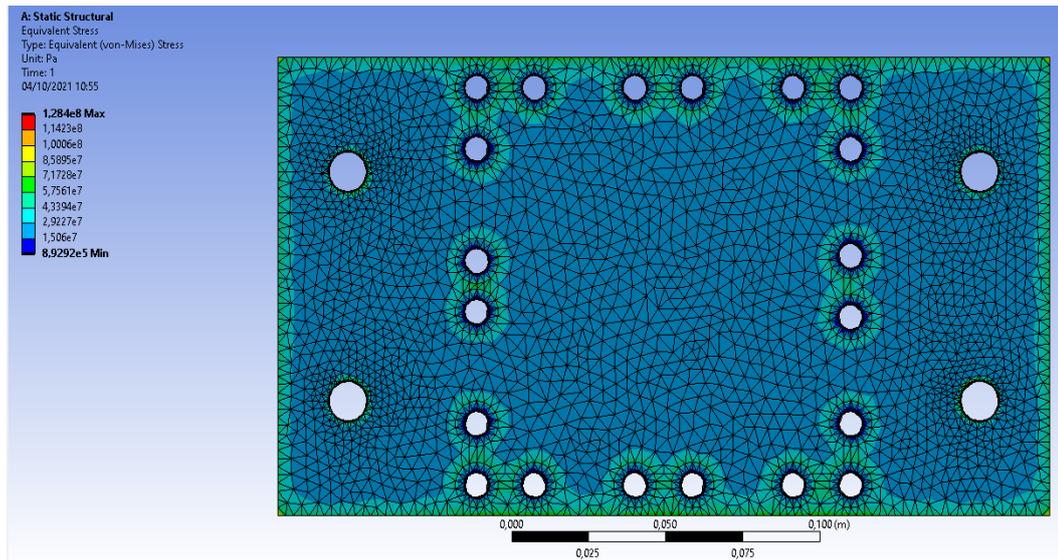
**Realizado por:** Palacios David, 2021

Finalmente, la última pieza que conforma el molde es la placa de expulsión. Para la simulación se usa una presión de 38 MPa que provoca un esfuerzo de 128.4 MPa y un factor de seguridad mayor a 2 casi en toda la superficie. Las zonas más críticas se encuentran al borde de las placas y alrededor de las perforaciones ya que estas actúan como concentradores de esfuerzo. Respecto a la deformación, sufre un cambio dimensional menor a 0.5 mm por lo que no afecta su funcionalidad.

**Tabla 22-3:** Parámetros de simulación para la placa de expulsión.

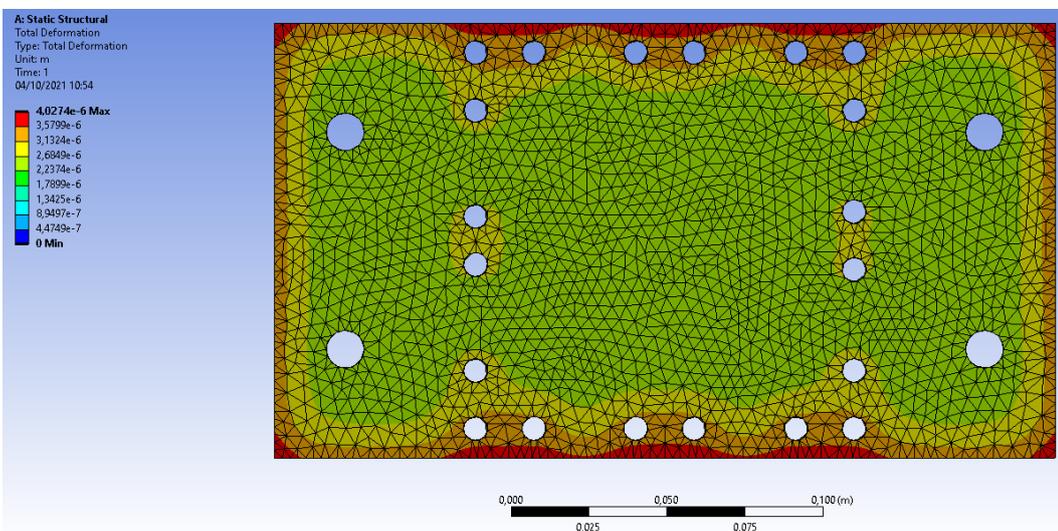
Parámetro	Valor
Tipo de sujeción	Empotramiento en la cara posterior
Material	AISI 1010
Presión	38 MPa
Configuración del mallado	A 0.0025 m, método tetraedro
Tensión Máxima	128.4 MPa
Factor de Seguridad	Max: 15 Min: 1.94
Deformación Máxima (en condiciones críticas)	$4.02 * 10^{-3} mm$

**Realizado por:** Palacios David, 2021



**Figura 55-3:** Resultados de tensión en la placa de expulsión.

Realizado por: Palacios David, 2021



**Figura 56-3:** Resultados de deformación en la cavidad móvil.

Realizado por: Palacios David, 2021

Una vez se ha revisado los resultados de la simulación de esfuerzos se puede concluir que las dimensiones con las que se ha diseñado este molde son las adecuadas para resistir satisfactoriamente las cargas esperadas durante el proceso de manufactura del ladrillo plástico. Como se han obtenido resultados favorables en esta última revisión, se procede a llevar a cabo el mecanizado del molde, no sin antes hacer una simulación del mecanizado CNC.

### 3.3. Manufactura con herramientas CAM

#### 3.3.1. Cálculo de los parámetros para el mecanizado

Dado que el proceso de manufactura involucra el manejo y configuración de máquinas herramientas, algunos de los parámetros básicos que deben ser especificados en la programación se deben determinar por medio de fórmulas y definiciones dadas por la literatura especializada, con ello se puede garantizar que el producto final sea el deseado al ejecutar cada una de las operaciones requeridas para alcanzar la geometría de cada pieza.

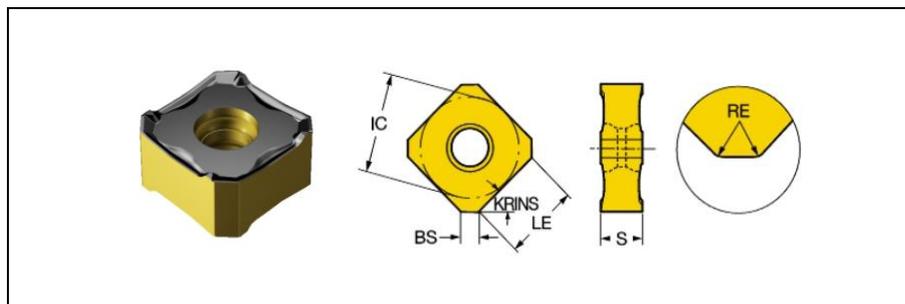
El proceso parte de la especificación del material a trabajar, en este caso se trata de un acero de baja aleación AISI 1010 y AISI 1045, esto debido a que considerando el tipo de material se pueden tomar valores experimentales de la velocidad de corte y el avance por diente de la fresa, en este caso con valores de 225 m/min (275-200) y 0.3 mm (0.16-0.4) respectivamente como sugiere Sandvik en su guía web.

Con la ayuda de esta herramienta de ToolGuide proporcionada por Sandvik se pudo determinar el material y las características básicas de la herramienta que se requiere para esta tarea a partir de las siguientes indicaciones:

- Tipo de operación y geometría buscada, se ha especificado un componente no rotativo para obtener superficies planas y escuadrar.
- Configuración de la máquina, para este mecanizado se usa un centro de mecanizado con una configuración en su husillo de 18.5 kW y 12000 l/min.
- Condiciones de trabajo, en este apartado se configura el tipo de operación y las características dimensionales del corte.

Los resultados obtenidos a partir de los datos ingresados muestran que la fresa requerida para esta operación es la siguiente:

**Tabla 23-3:** Características de la fresa requerida.



<b>Nombre:</b>	<b>CoroMill 345- 1305</b>
Denominación:	ISO A345-063R25-13H
Material:	5722735
Ángulo de filo (KRNS):	45°
Diámetro de corte:	63.5 mm
Diámetro máximo de corte	77.58 mm
Profundidad de corte máxima:	6 mm
Radio de Punta (RE):	0.8 mm
Longitud efectiva de filo (LE):	8.8 mm
Longitud filo wiper (BS):	2 mm
Diámetro de círculo inscrito (IC):	13 mm

Fuente: (Sabdvik, 2021)

Realizado por: Palacios David, 2021

Con las limitaciones de la herramienta se continúa con el cálculo de los demás parámetros requeridos en el mecanizado a partir de los siguientes datos:

- $zefp$ : Profundidad de corte máxima 6mm.
- $n$ : Velocidad del husillo 15400 1/min.
- $fz$ : Avance por diente 0.3 mm (0.16-0.4).
- $Vc$ : Velocidad de corte 225 m/min (275+200).
- $Dc$ : Diámetro de corte 63.5 mm.
- $Kr$ : Ángulo de corte 45°.
- $Apnx$ : Profundidad de corte axial 6mm.

Con los datos citados anteriormente se calcula el diámetro de corte a la profundidad de corte, la fórmula es la siguiente:

$$D_{cap} = D_c + \frac{2a_p}{\tan K_R} \quad (38)$$

Donde:

$D_{cap}$ : Diámetro de corte máximo a una profundidad específica (mm).

$a_p$ : Profundidad de corte específico (mm).

$$D_{cap} = 63.5 + \frac{2 * 1.5}{\tan 45^\circ} = 66.5 \text{ mm}$$

Una vez se ha definido este parámetro, se puede calcular la velocidad requerida en el husillo para esta operación:

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi D_{cap}} \quad (39)$$

$$n = \frac{225 * 1000}{\pi * 66.5} = 1076.98 \text{ rpm}$$

Con las revoluciones determinadas el parámetro a definirse es el avance de mesa.

$$f_z = \frac{V_f}{n * z_{efp}} \quad (40)$$

Donde:

$V_f$ : Avance de mesa (mm)

$$V_f = f_z * n * z_{efp}$$

$$V_f = 0.3 * 1076.98 * 6 = 1938.56 \text{ mm/min}$$

El avance de mesa nos permite calcular el avance por revolución por medio de la siguiente fórmula:

$$f_n = \frac{V_f}{n} \quad (41)$$

Donde:

$f_n$ : Avance por revolución (mm/rev)

$$f_n = \frac{1938.56}{1076.98} = 1.8 \text{ mm/rev}$$

Finalmente, con el avance de mesa se obtiene el régimen de arranque de viruta:

$$Q = \frac{a_p * f_n * V_f}{1000} \quad (42)$$

Donde:

$Q$ : Régimen de arranque de viruta (cm<sup>3</sup>/min)

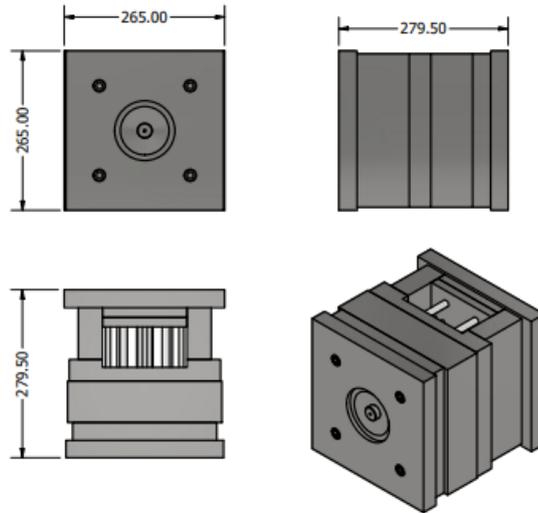
$$Q = \frac{1.5 * 1.8 * 1938.56}{1000} = 5.23 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Con las especificaciones generales que ya se han calculado en este apartado, el siguiente paso es la identificación de las operaciones requeridas para la elaboración de cada pieza según su geometría.

### 3.3.2. Estrategias para el Mecanizado

Por medio de los puntos tratados anteriormente ya se ha definido la geometría deseada para el molde, por lo que el siguiente paso es la fabricación de estos elementos. Para ello es necesario definir el protocolo de procedimientos que se requieren al momento de mecanizar las diferentes

piezas que conforman el molde. Como se describió en los apartados anteriores, el molde se compone de las partes: cavidad fija, cavidad móvil, placa de respaldo fija, placas paralelas, placa de respaldo móvil y placa de expulsión.



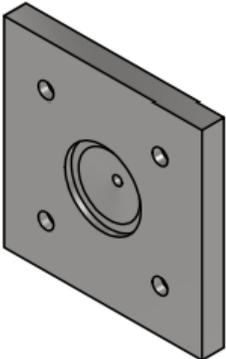
**Figura 57-3:** Ensamble del molde de fabricación.

Realizado por: Palacios David, 2021

Cada uno de los elementos que conforman el molde deben mecanizarse usando diferentes máquinas/herramientas de acuerdo con las necesidades de la pieza. Se han realizado las diferentes hojas de procedimiento con las especificaciones de cada proceso requerido en la fabricación las cuales se muestran en el Anexo C, de estos se resumieron las principales operaciones detalladas en las tablas siguientes.

El primer elemento es la placa de respaldo fija, esta se habrá de fabricar en una fresadora vertical CNC usando fresas de diferentes tamaños, así como también brocas. Es importante recordar que se maquina a partir de una placa de AISI 1010 de dimensiones 260x265x30mm.

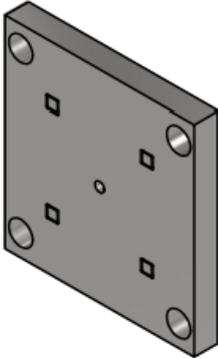
**Tabla 24-3:** Resumen de procedimiento para placa de respaldo fija.

Nombre de la pieza: Placa de Respaldo Fija	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado (afinado)</li> <li>2. Perforado de centros extremos (desbaste)</li> <li>3. Perforado de extremos (Afilado)</li> <li>4. Perforado de alojamiento y bebedero (Afinado)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

Para la placa de cavidad fija, como en el elemento anterior, se usará una fresa vertical CNC en conjunto con fresas, brocas de diferentes tamaños y un electrodo de grafito para la erosión. En este caso se mecanizará en una placa de AISI 1010 de 260x265x30mm

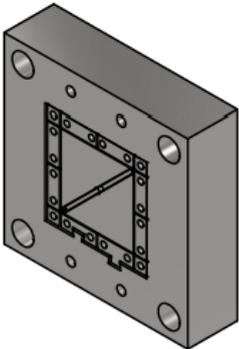
**Tabla 25-3:** Resumen de procedimiento para placa cavidad fija.

Nombre de la pieza: Placa Cavidad Fija	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado (afinado)</li> <li>2. Perforado de centros extremos (desbaste)</li> <li>3. Perforado de guías y bebedero en extremos (desbaste)</li> <li>4. Tratamiento térmico y rectificado (Afinado)</li> <li>5. Erosión (Afinado)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

En cuanto a la placa de cavidad móvil se usa una placa de acero AISI 1010 de dimensiones 260x265x30 mm que se mecanizará con una fresadora vertical CNC y un machuelo manual. Para llevar a cabo las operaciones descritas a continuación se necesitan: brocas de centros, fresas, el machuelo y ejecutar las operaciones descritas en la tabla siguiente:

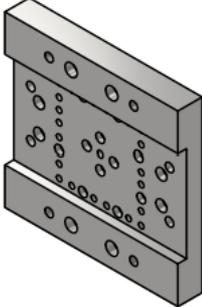
**Tabla 26-3:** Resumen de procedimiento para placa cavidad móvil.

Nombre de la pieza: Placa Cavidad Móvil	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado (afinado)</li> <li>2. Perforado de centros extremos (desbaste)</li> <li>3. Corte de hilo del perfil (desbaste)</li> <li>4. Tratamiento y alojamiento de pernos postizos. (Afinado)</li> <li>5. Machuelado de postizos (Machuelado)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

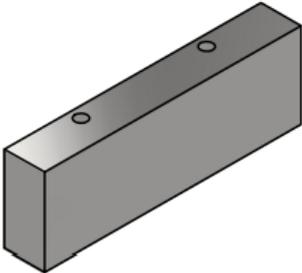
La placa de respaldo de la cavidad móvil y las placas paralelas se fabricarán en una fresadora vertical CNC haciendo uso de fresas de diferentes tamaños. Las especificaciones del material en bruto para ambas piezas son: acero AISI 1010 de 260x265x30 mm y los procesos requeridos para obtener las piezas son las siguientes:

**Tabla 27-3:** Resumen de procedimiento para placa de respaldo de cavidad móvil.

Nombre de la pieza: Placa de respaldo Cavidad Móvil	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado (afinado)</li> <li>2. Planeado de placa de expulsión (afinado)</li> <li>3. Perforado de pernos y expulsores (desbaste)</li> <li>4. Perforado de alojamiento de pernos (afinado)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

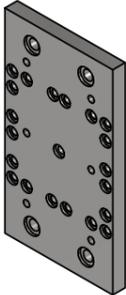
**Tabla 28-3:** Resumen de procedimiento para placas paralelas.

Nombre de la pieza: Placas Paralelas	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado (afinado)</li> <li>2. Perforado de pernos y expulsores (desbaste)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

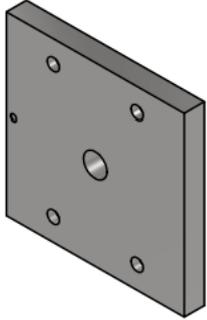
Para las placas de expulsión y de respaldo se usará acero AISI 1010 con dimensiones 260x265x30 mm trabajado en una fresa vertical CNC con fresas de diferentes tamaños y la broca de centro. Los procedimientos requeridos se describen a continuación.

**Tabla 29-3:** Resumen de procedimiento para placas expulsión.

Nombre de la pieza: Placas de expulsión.	Denominación (Proceso)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeado de 2 placas (afinado)</li> <li>2. Perforado de expulsores para placa #1 (desbaste)</li> <li>3. Perforado de expulsores para placa #2(desbaste)</li> <li>4. Perforado de alojamiento de pernos para placa #2 (afinado)</li> </ol>

Realizado por: Palacios David, 2021

**Tabla 30-3:** Resumen de procedimiento para placa de respaldo móvil.

<b>Nombre de la pieza:</b> Placa de respaldo móvil.	<b>Denominación (Proceso)</b>
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Planeado (afinado)</li><li>2. Perforado de agujero de expulsión y de pernos (afinado)</li><li>3. Perforado de alojamiento de pernos (desbaste)</li></ol>

**Realizado por:** Palacios David, 2021

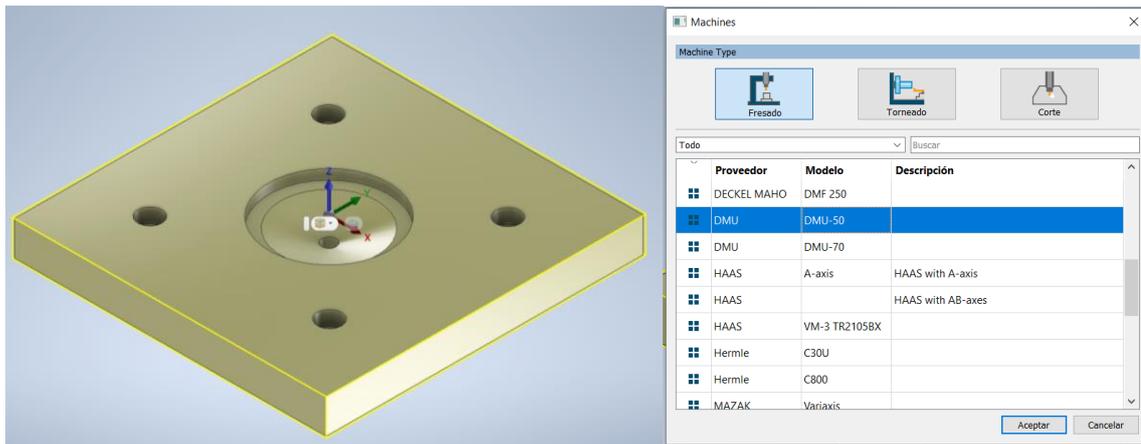
Es importante recalcar que cuando se ejecuten cada uno de los procesos se deberá realizar un control dimensional de la pieza usando un calibrador para asegurar que las dimensiones obtenidas corresponden a las deseadas.

Con las operaciones ya definidas en su hoja de procedimiento correspondiente se debe desarrollar el código requerido en cada mecanizado por medio de software especializado para verificar que el proceso se ejecute sin mayor problema.

### **3.3.3. Generación del programa CNC y simulación de mecanizado**

Para la generación del código G y tomando en consideración la compatibilidad entre programas de este tipo se ha decidido usar la familia de softwares de Inventor Profesional ya que el modelado realizado anteriormente corresponde a ese programa, por tanto, el código se obtendrá en Inventor CAM 2022 y su visualización será por medio de Autodesk HSM EDIT 9.00.02.

Para esta sección se resume el procedimiento de simulación del mecanizado en la placa de respaldo fija ya que para las demás piezas el procedimiento es esencialmente el mismo. Como primer paso, se requiere la pieza en formato 3d puesto que se necesita importarla en el entorno de Inventor CAM, con ello se inicia un proceso de fresado 2D para definir el mecanizado de la cara de esta pieza. El software pedirá que se seleccione la máquina con la que se realiza la operación, en este caso un equipo DMU 50.

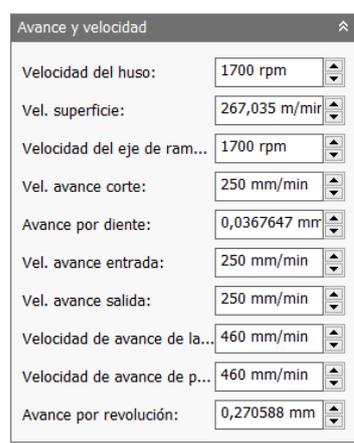


**Figura 58-3:** Pieza importada y selección de la máquina.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Una vez configurado el equipo, se deben definir los parámetros del área de trabajo para la pieza en bruto ingresando los límites laterales, superior e inferior de la pieza por donde se moverá la herramienta. Con ello, se procede a seleccionar la operación que se ejecutará primero, en este caso el trabajo en la cara del elemento importado; el software nos pedirá indicar la fresa con la que se desea realizar el mecanizado. Para este caso se usa una fresa estándar de 50 mm de diámetro.

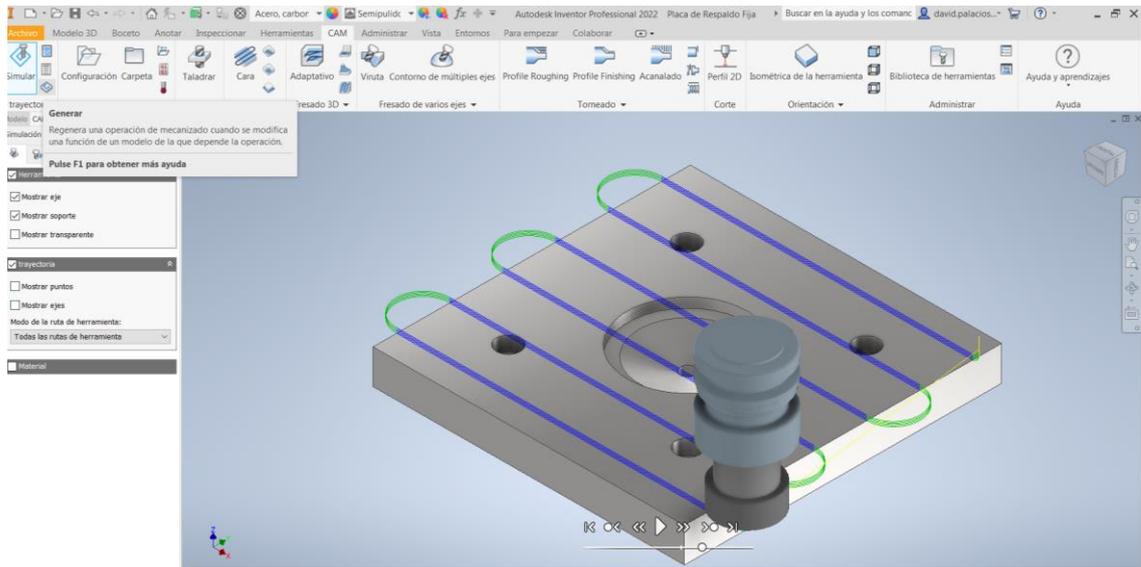
Posteriormente se modifican la velocidad del husillo, el avance del corte con las especificaciones detalladas en las hojas de proceso para cada pieza.



**Figura 59-3:** Parámetros de la simulación del mecanizado.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

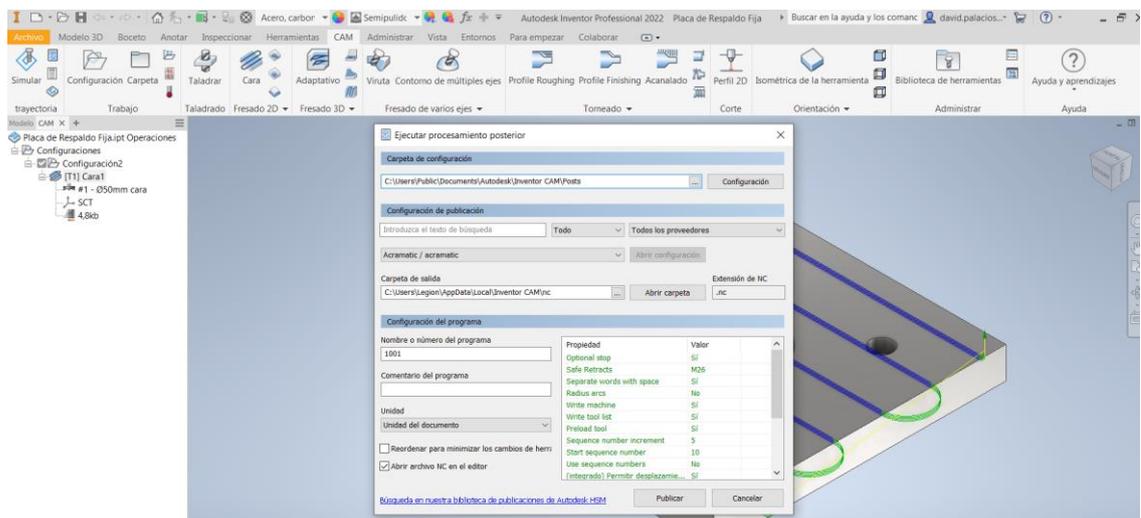
A continuación, se selecciona la cara que se va a mecanizar y se configuran: las pasadas de la herramienta, profundidad de pasada y el material sobrante si se desea. Con esta configuración, se puede realizar, la simulación de este proceso y el programa muestra un video con la trayectoria de la herramienta durante todo el mecanizado.



**Figura 60-3:** Simulación del desbaste de la placa de respaldo.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

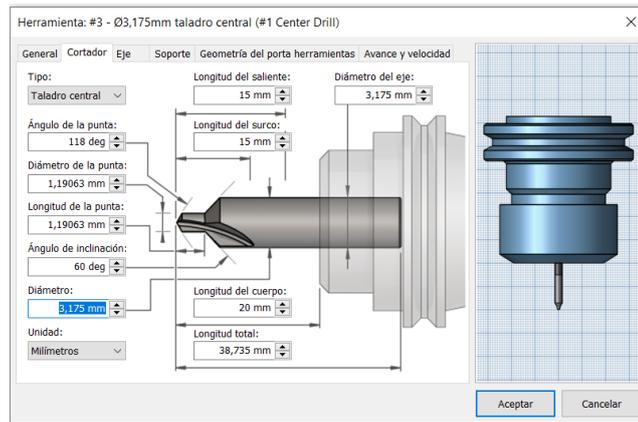
Una vez terminada la visualización del movimiento de la herramienta se ejecuta un procesamiento donde el programa verifica que no existan errores o problemas en el proceso.



**Figura 61-3:** Procesamiento correcto post simulación.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

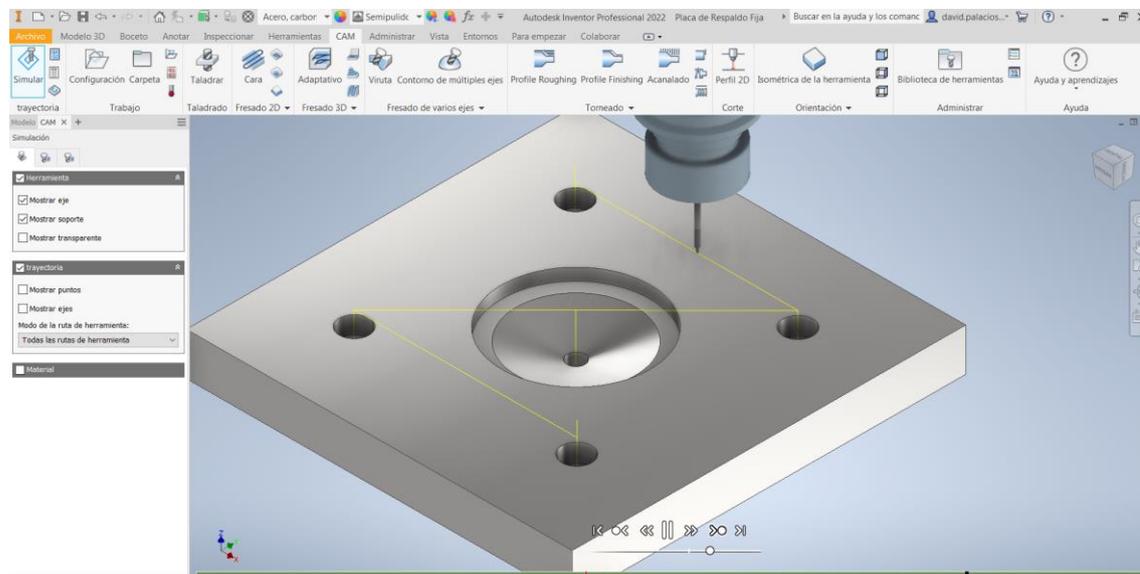
Con la cara superior ya mecanizada el siguiente proceso inicia con el perforado usando una broca de centros de diámetro 3.175 mm de diámetro y 40 mm de longitud.



**Figura 62-3:** Selección de los parámetros de la broca.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Se desean realizar 5 agujeros en esta operación, por lo que se debe seleccionar las aristas de los agujeros que se van a mecanizar. Nuevamente se configuran: velocidad de huso y avance de la herramienta establecidos en la hoja de proceso considerando el espacio disponible en el equipo y en la pieza para evitar problemas en el mecanizado.

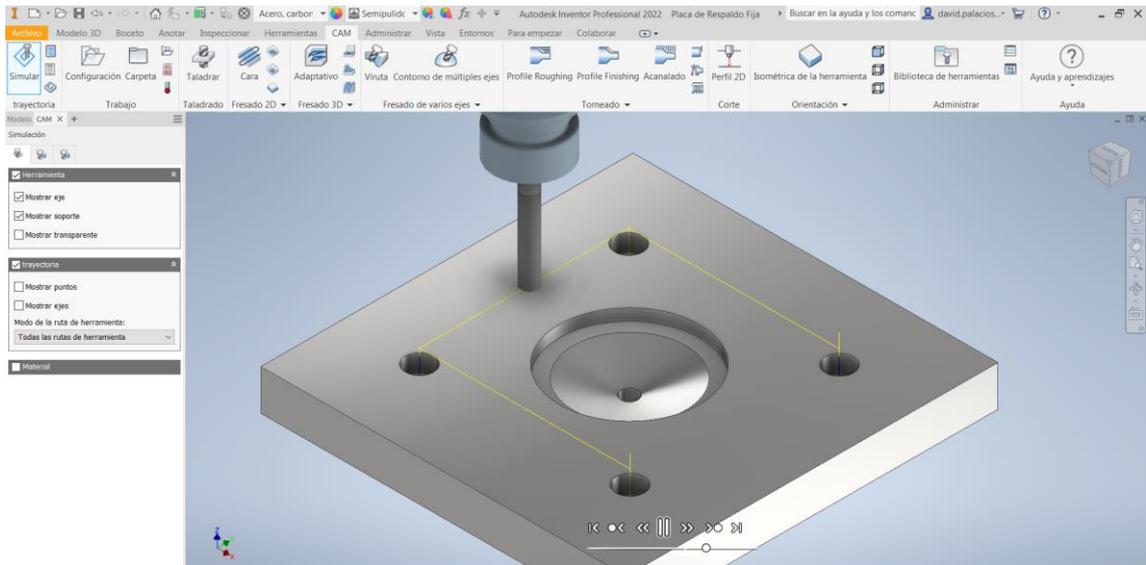


**Figura 63-3:** Simulación del procedimiento con broca de centros.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Al ejecutar el programa se puede visualizar la trayectoria que sigue la herramienta al realizar esta operación de perforado, nuevamente revisando que no se produzcan errores o choques en el proceso.

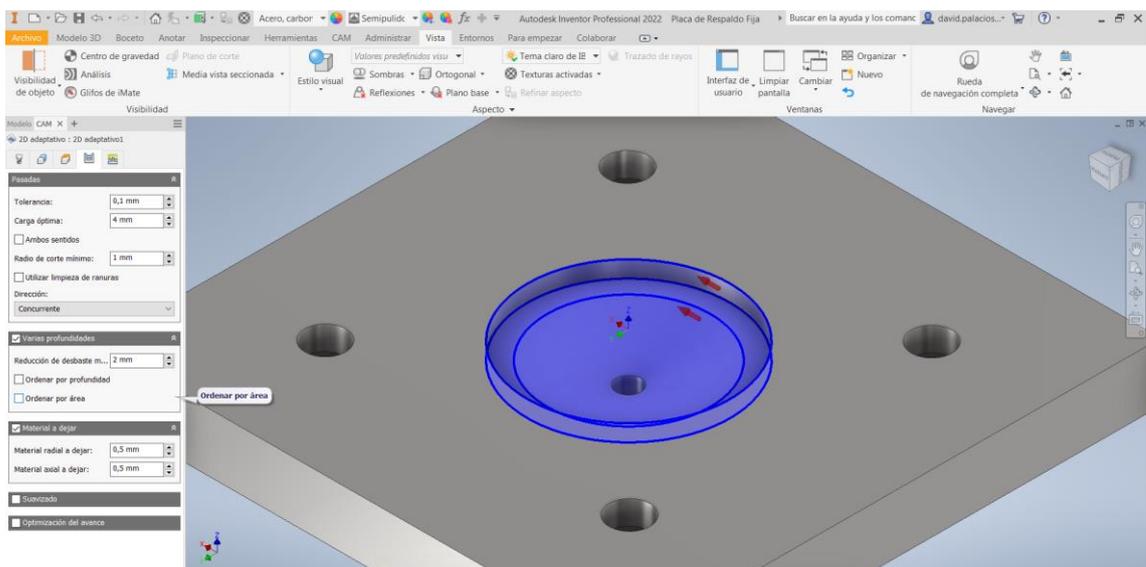
Como la operación anterior no realiza los agujeros pasantes, se crea una nueva operación para las perforaciones siguiendo un procedimiento similar al anteriormente descrito. Se debe ejecutar la simulación y revisar que el mecanizado no genere errores en ningún momento.



**Figura 64-3:** Simulación del mecanizado de los agujeros.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

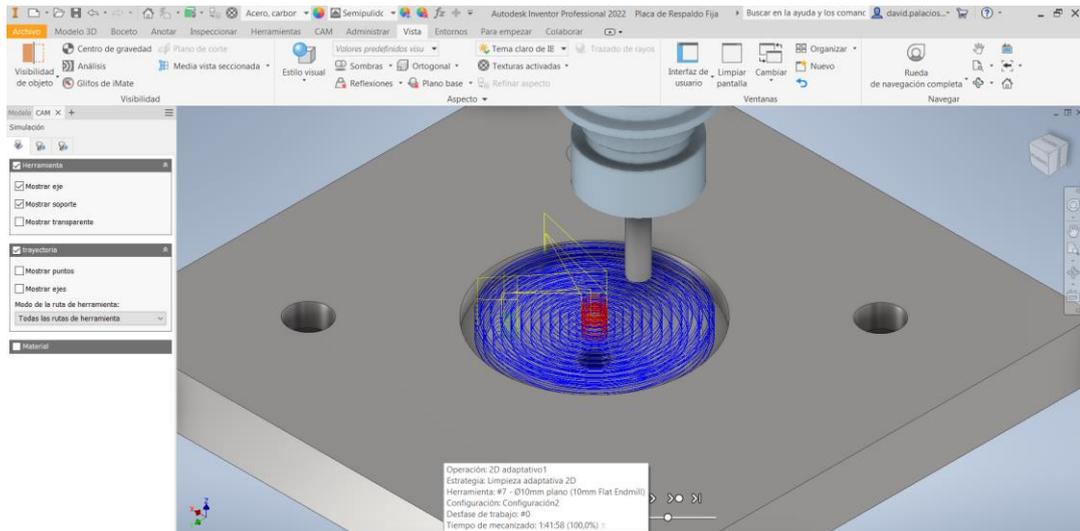
Debido a que estos agujeros están destinados al alojamiento de pernos, se requiere nuevamente repetir el proceso anterior pero esta vez seleccionando una fresa de 20 mm de diámetro. Se simula el proceso y se verifica que no existan inconsistencias durante el movimiento de la herramienta. Finalmente, se realiza el procedimiento para desbastar el agujero centrador. Seleccionando primero el área que se desea mecanizar, se configuran: cantidad de pasadas, avance en la profundidad de la herramienta en cada pase y la cantidad de material que se desea dejar al final.



**Figura 65-3:** Configuración de parámetros para el desbaste del agujero central.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

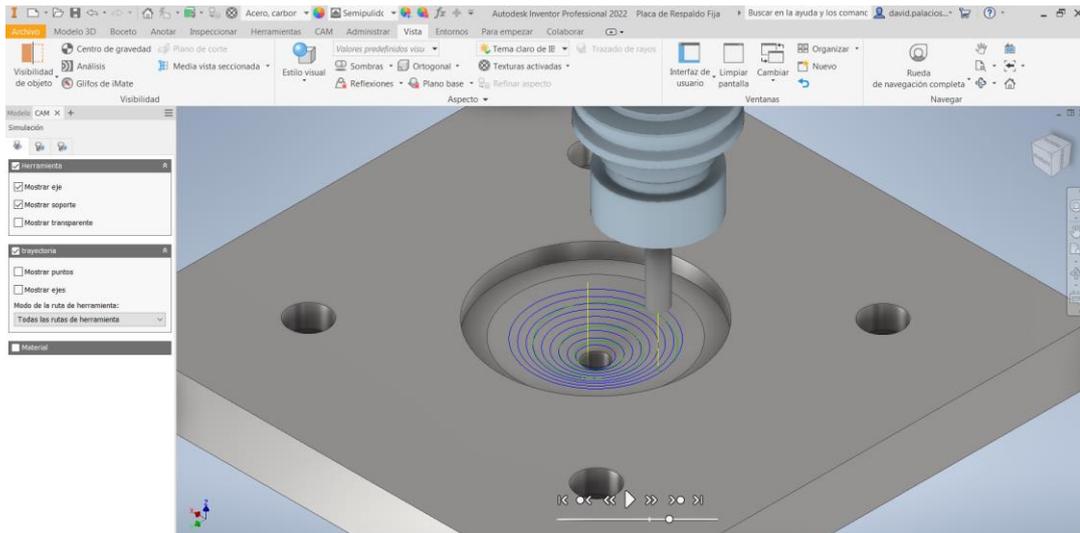
Posteriormente se ejecuta la simulación del mecanizado para visualizar la trayectoria de la herramienta durante el procedimiento y se revisa que no existan errores.



**Figura 66-3:** Simulación del desbaste del agujero central.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

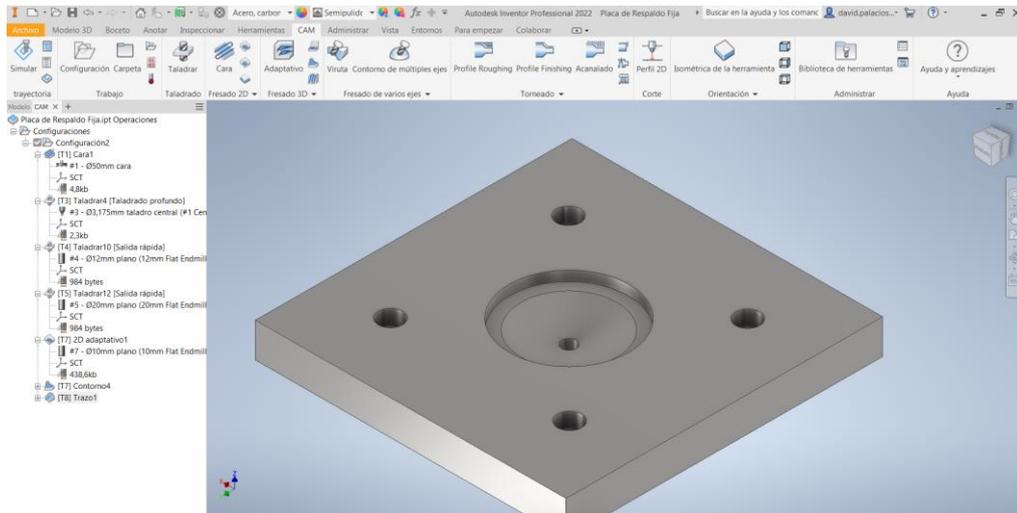
Como este agujero central destinado al bebedero tiene una geometría cónica es necesario realizar una nueva operación. Se usa una fresa de 10 mm y mediante la selección de los contornos del área a mecanizar se configura el espacio libre para trabajar, el espacio seguro para la retracción y la altura superior. Se configuran los parámetros de avance, velocidad y demás como indica la hoja de proceso, para luego ejecutar la simulación sin mayor novedad.



**Figura 67-3:** Mecanizado de la geometría cónica.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Con todas operaciones definidas en este documento y luego de revisar que en ninguna de estas se presenten inconvenientes, el programa muestra un árbol de operaciones donde se muestra esquemáticamente como se realizará el mecanizado de este elemento en todas sus etapas. Por último, se exporta el código G que ha generado el programa y que se introducirá en la máquina CNC que realizará el mecanizado de esta pieza.



**Figura 68-3:** Esquema de operaciones requeridas en el mecanizado de esta pieza.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

El molde que se desea mecanizar consta de varios elementos (los ya listados anteriormente) en los cuales el proceso de manufactura es repetitivo en algunos de estos; lo principal en cada uno de ellos será siempre conseguir una buena precisión debido a las dimensiones tan pequeñas en las que debe ser fabricado el ladrillo plástico y la ubicación del molde en el plano para que pueda ser procesado por la fresa sin provocar colisiones o fallos.

### 3.3.4. *Construcción del molde*

Con la seguridad del proceso verificado en la sección anterior, se procede con la manufactura de cada una de las piezas que conforman el molde y de las cuales los procesos, equipos y herramientas necesarios ya fueron detallados anteriormente.

En cuanto al lugar, se realizaron las piezas en el taller de matricería de la Fábrica Auplatec a cargo del Técnico Luis Tanza ubicado en la ciudad de Ambato. A continuación, se muestran algunas imágenes tomadas durante la manufactura.



**Figura 69-3:** Fabricación de las piezas en la fresadora CNC.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Es importante mencionar que durante el proceso de manufactura se presentaron varios inconvenientes principalmente por la geometría de las piezas en el cierre del molde y también debido al análisis del proceso de expulsión y su relación con los elementos del molde.



**Figura 70-3:** Placa de cavidad móvil

**Realizado por:** Palacios David, 2021

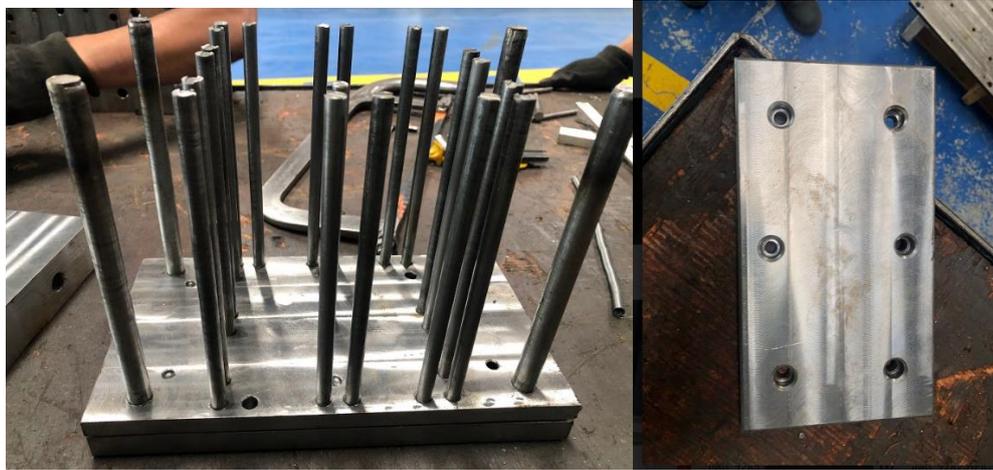
Otro de los problemas durante el proceso se presentó al momento de poner en consideración del técnico especializado los procesos pensados para el mecanizado de cada pieza, ya que en algunos casos el ingenio y la experiencia de las personas que laboran en el taller fueron esenciales para solucionar problemas que se habrían presentado de seguir la planificación inicial. Por ejemplo, en la manufactura de los postizos fue necesario realizar un corte con electro hilo ya que si se ejecutaba el mecanizado planteado era casi imposible alcanzar el espesor de capa deseado, y en caso de hacerlo así por medio de electroerosión el procedimiento habría demorado mucho más tiempo sin considerar también los costos excesivos que habrían representado al proyecto. Posterior a este proceso, debido a la complejidad de su forma, el pulido, perforado y machuelado también fueron procedimientos complejos y minuciosos.



**Figura 71-3:** Placa de respaldo cavidad mecanizada.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Entre otras dificultades que se pueden documentar está la fabricación de la cavidad móvil puesto que la adquisición del material base fue demorada ya que normalmente no se encuentran en el mercado placas con espesores mayores a 70 mm inmediatamente, lo cual retrasaba la manufactura de este elemento. Finalmente, con las piezas ya elaboradas, el proceso de pulido también fue tardado y complejo por las geometrías de cada pieza, se invirtieron 7 días de trabajo ya que es una parte importante en el diseño que puede llegar a afectar la expulsión de la pieza a inyectar si no se consigue el acabado tipo espejo.



**Figura 72-3:** Placa de expulsión 1 y 2 con expulsores.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Sustentando los diferentes problemas durante el proceso de mecanizado el taller tomó alrededor de 3 meses en la fabricación de todas las piezas, considerando que el horario disponible en la fábrica fue entre las 16:30 hasta las 19:00 durante dos o tres días de la semana únicamente, esto dependiendo de la disponibilidad de equipos y técnicos capacitados en máquinas CNC.



**Figura 73-3:** Placa cavidad móvil mecanizada.

**Realizado por:** Palacios David, 2021



**Figura 74-3:** Placa de respaldo móvil

**Realizado por:** Palacios David, 2021

#### 3.3.4.1. *Ensamble general*

Una vez se pudo verificar las dimensiones de las piezas fabricadas se procede a realizar un ensamble de prueba para comprobar que las piezas se encajen y se aseguren correctamente.

También existieron inconvenientes en este punto del proyecto puesto que el diseño del molde no cuenta con un ángulo de desmolde el cual es esencial en cualquier pieza que desea ser fabricada por inyección.



**Figura 75-3:** Prueba de ensamble.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Alcanzar la tolerancia adecuada en los expulsores fue otra de las dificultades encontradas al momento de ensamblar las piezas, se requería un espacio de entre 0.2 a 0.3 mm que se solventó por medio de un proceso de lijado controlado por medio del torno. Fue necesario hacer pruebas y

ajustes en este punto ya que si se dejara una excesiva holgura se produciría fuga del material y retención de expulsores.

### **3.4. Pruebas de producción de ladrillo plástico**

#### **3.4.1. Obtención del material reciclado.**

Previo a la producción de los ladrillos plásticos se realizó el procesamiento de material reciclado considerando las sugerencias detalladas en las secciones anteriores. El reciclaje se resume en la ejecución de los siguientes pasos:

- **Recolección y separación:** Por medio de la búsqueda en centros de reciclaje y desechos industriales se realizó la recolección de material polipropileno. Una vez se alcanza un volumen considerable se procede a realizar la separación para asegurarse que el material usado sea polipropileno por medio de la visualización, el tacto y el análisis de la procedencia de cada pieza.



**Figura 76-3:** Recolección de material reciclado.

Realizado por: Palacios David, 2021

- **Selección de piezas adecuadas:** Con todo el polipropileno agrupado es importante revisar que el material a usar en el procedimiento sea adecuado para reciclar, ya que una mezcla incorrecta puede modificar las propiedades deseadas. Asegurar una mezcla homogénea de polipropileno asegura una buena fluidez y excelente dureza.



**Figura 77-3:** Selección del PP adecuado.

Realizado por: Palacios David, 2021

- Triturado: Con el material listo, se procede a realizar la trituración, esta consiste en transformar las piezas en pedazos pequeños y regulares. Se utilizó un molino de cuchillas de 25 Hp distribuido por Maquinarias Torres ideal para piezas pequeñas y para el procesamiento de plástico reciclado.



**Figura 78-3:** Molino de plástico.

Fuente: (GmbH, 2017)

- Obtención de hojuelas plásticas: Resultado de la molienda el plástico se transforma en unas pequeñas piezas en forma de hojuelas que será el material usado como alimentación durante la inyección. Es importante revisar que al ingresar el producto a la inyectora sean únicamente piezas pequeñas ya que en caso de que un pedazo de mayor tamaño ingrese puede provocar el taponamiento del tornillo, lo cual provocaría complicaciones en la inyección. También puede ser prudente realizar un secado del material antes de usarlo ya que con eso se evita ingresar plástico húmedo a la máquina de inyección.



**Figura 79-3:** Hojuelas del PP.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Para este proyecto no se concluye el reciclaje con la pelletización como comúnmente se lo hace, esto debido a que el costo de la maquinaria requerida no justifica el trabajo que se desea realizar y el uso de hojuelas satisface la alimentación requerida para la fabricación de los ladrillos plásticos.

### 3.4.2. *Parámetros de inyección.*

Antes de acercarse a la planta de producción es fundamental definir los parámetros a seguir previo y durante el proceso de inyección para asegurar que el producto obtenido sea el esperado. Entre estos parámetros, se debe definir la configuración de la maquina con los valores detallados a continuación obtenidos por medio de la simulación.

**Tabla 31-3:** Parámetros obtenidos en la simulación de la inyección.

<b>Parámetro</b>	<b>Simulado</b>
Presión	35 Mpa
Tiempo de llenado	1.71 s
Tiempo de empaquetado	5.53 s
Temperatura de fusión	240 °C
Temperatura de molde	30 °C
Tiempo de enfriamiento	12.2 s
Tiempo de ciclo	19.44 s

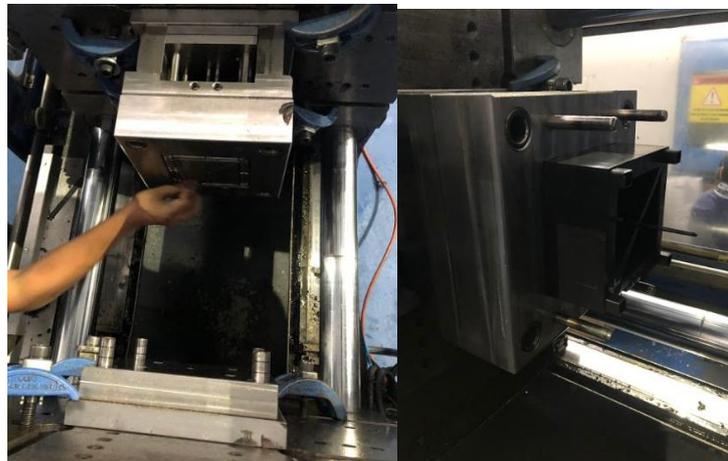
**Realizado por:** Palacios David, 2021

Además de estos parámetros y antes de empezar con el procedimiento, se deben llevar a cabo las siguientes verificaciones:

- Revisar la lubricación del molde en todas las partes móviles.
- Montar el molde cerrado a la máquina.
- Realizar un calentamiento del molde hasta conseguir una temperatura superficial de 40°C.
- Revisar que la tolva de la inyectora tenga material reciclado suficiente para el procedimiento.
- Aplicar aceite WD40 en la cara para facilitar el desmoldeo.

### 3.4.3. *Producción del ladrillo plástico.*

El siguiente paso en el proceso constituye la elaboración de ladrillos plásticos para comprobar la funcionalidad del molde que se acaba de construir, así como también para revisar que el elemento deseado cumpla con las expectativas. Para estas primeras pruebas se usa polipropileno reciclado en la inyección, este fue anteriormente usado en la fabricación de protectores faciales, templadores y cajas plásticas que ya no tenían un uso esencial y se procesaron para estas pruebas. Se realizan pruebas con la configuración de presión y temperatura detalladas anteriormente y en caso de ser necesario se pueden modificar de acuerdo a las sugerencias del personal capacitado.



**Figura 80-3:** Ubicación y aseguramiento del molde.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Después de varias pruebas se realiza la inyección con la configuración de temperatura en 220°C y presión en 139 MPa en la máquina, es fundamental alcanzar una correcta fluidez del material ya que si esta no se consigue el molde puede quedar medio vacío y la inyección incompleta. También se pudo notar que había la necesidad de precalentar el molde usando un soplete hasta que este llegue a los 40°C como se esperaba, si se omite este paso la pieza quedará retenida en el molde sin poder ser expulsada, lo cual llevaría a desarmar el molde por completo para poder retirar la pieza retenida retrasando la producción. Otra causa de la retención en el molde puede ser una falta de lijado de las piezas, lo cual también es un proceso que se lleva a cabo cuidadosamente.



**Figura 81-3:** Pre calentamiento del molde

Realizado por: Palacios David, 2021

La expulsión de la pieza se ha calculado con dimensiones “justas” sin que sobresalga del molde, debido a esto se vio la necesidad de incrementar la longitud de los botadores. Al momento de inyectar los botadores se pudo observar que el proceso dejaba una marca al realizar un enfriamiento de 30 segundo afectando al diseño inicial, por ello se decidió modificar el proceso de enfriamiento a 40 segundos; una vez se realizaron las pruebas con esta modificación se verificó que el tiempo es adecuado y las marcas de los botadores se pierden completamente.



**Figura 82-3:** Indicaciones del tablero de control

Realizado por: Palacios David, 2021

Para concluir, se inyectaron muestras del ladrillo plástico para comprobar las dimensiones esperadas. Es relevante mencionar que al utilizar material plástico reciclado sin un tratamiento previo complicó al proceso de inyección, especialmente sobre el movimiento y funcionamiento del tornillo.



**Figura 83-3:** Piezas obtenidas y prueba de ensamble de los ladrillos.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Al revisar las dimensiones esperadas de los bloques obtenidos se identificó una variación en la contracción del material que ya se esperaba, puesto que al usar plástico reciclado este valor difiere del usado en los cálculos perteneciente a un material en estado virgen. Con ayuda de las dimensiones tomadas en varias muestras del ladrillo plástico inyectado se pudo determinar una contracción de al menos 1.45 mm comparados con el tamaño esperado.

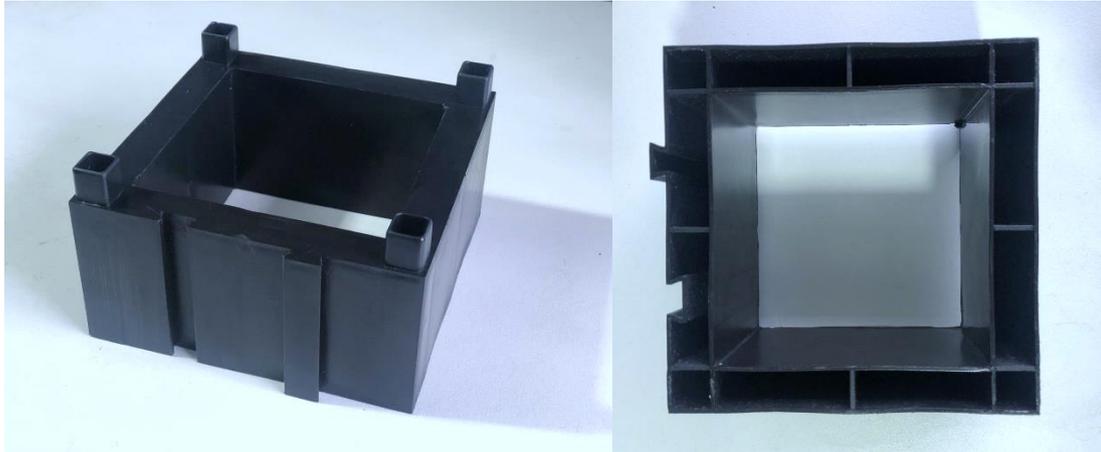
Aunque existe una diferencia dimensional en las piezas obtenidas, se debe indicar que esta reducción no afecta al prototipo puesto que la contracción se da de forma tridimensional haciendo que la pieza mantenga su uniformidad necesaria para que los ladrillos puedan conectarse y sujetarse correctamente.

Una vez se fabricaron las piezas de forma adecuada se pudo determinar los parámetros reales usados en la configuración de la máquina que se detallan a continuación.

**Tabla 32-3:** Parámetros reales obtenidos en la inyección.

Parámetro	Experimental
Presión	39 Mpa
Tiempo de llenado	1.5 s
Tiempo de empaquetado	2.3 s
Temperatura de fusión	220 °C
Temperatura de molde	40 °C
Tiempo de enfriamiento	45 s
Tiempo de ciclo	48.3 s

**Realizado por:** Palacios David, 2021



**Figura 84-4:** Ladrillo Plástico.

**Realizado por:** Palacios David, 2021

#### **3.4.4. *Retoque del molde***

Con la geometría de los ladrillos analizada de forma individual y en conjunto se concluyó que el molde puede someterse a algunas mejoras importantes. Para empezar, los pines de conexión entre bloque y bloque se acoplaban con un ajuste moderado, se pudo notar la necesidad de erosionar la cantidad de ranuras para que la sujeción mejore; en total se añadieron 3 ranuras en cada cara de los pines cada una con un espesor de 0.3mm.

Entre otros cambios que se realizaron en el molde están:

- Mejorado del pulido en todas las superficies del molde para facilitar la expulsión de la pieza inyectada.
- Aumento en la longitud de los botadores, también para mejorar el proceso de expulsión.
- Finalmente, antes de dar por terminada la pieza realizar nuevamente un pulido del molde para asegurar su buen funcionamiento.

#### **3.5. *Determinación de propiedades del ladrillo plástico***

Los ladrillos obtenidos por medio del proceso anterior serán sometidos a distintos ensayos que permitan determinar las propiedades mecánicas del mismo y asegurar que estas piezas puedan soportar las cargas detalladas en los puntos anteriores, y con ello para afirmar la seguridad de los ocupantes de la vivienda.

Tomando en consideración elementos como la factibilidad, disponibilidad de equipos y pertinencia se han desarrollado ensayos de: compresión, flexión, dureza e inflamabilidad.

### 3.5.1. Compresión

Para este ensayo se han empleado 3 bloques de prueba: 2 de ellos fabricados con tiempo de enfriamiento de 40 s (probetas 1 y 2) y uno con tiempo de enfriamiento de 30 s (probeta 3). Es importante mencionar que al ser un prototipo de ladrillos plásticos no existe una normativa nacional o internacional que pueda aplicarse específicamente para este ensayo, por lo que inclusive la fabricación de las probetas no es estándar. El objetivo de realizar este ensayo es comprobar la capacidad del ladrillo plástico al ser sometido a una carga de compresión en un ambiente controlado. Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

**Tabla 33-3:** Parámetros del ensayo de compresión.

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
	Equipo utilizado:	Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 kN
	Velocidad de Ensayo:	5 mm/min
	Precarga:	50 N
	Área:	1809.94 mm <sup>2</sup>
	Fuerza máxima (promedio):	26.03 kN
	Fuerza mínima (promedio):	19.77 kN
	Esfuerzo máximo de compresión (promedio):	14.38 MPa
Probetas ensayadas: 3	Esfuerzo de fluencia (promedio)	10.92 MPa

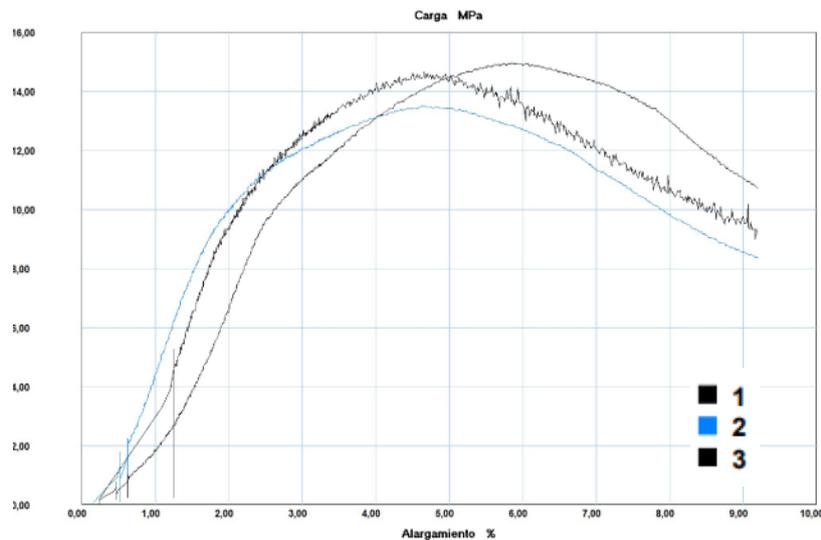
**Fuente:** (Centro Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2021)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

El ensayo de compresión consiste en la aplicación de carga axial controlada por medio de una prensa hidráulica mientras la pieza se mantiene apoyada, la carga produce deformación y posteriormente fractura períodos entre los cuales se van tomando datos para observar el comportamiento de la probeta.

Del ensayo de compresión se pudo obtener la gráfica Alargamiento vs. Carga representado a continuación. Al analizar las curvas obtenidas se puede notar que cuando se ha producido un alargamiento o deformación desde 0% a 2% en promedio la pendiente de la curva es casi constante, es decir al actuar las cargas correspondientes a este intervalo el material tiene un comportamiento elástico, lo cual significa que mientras no se sobrepase estas fuerzas sobre el

ladrillo este sería capaz de volver a su configuración original, en promedio el esfuerzo de fluencia para las tres curvas es de 10.92 MPa. Pasado este punto se tienen las zonas de plasticidad (donde el material queda permanentemente deformado) y la zona de endurecimiento por deformación (donde el ladrillo aparentemente incrementa su resistencia antes de llegar a la fractura) hasta que la curva alcance el punto más alto. Este pico proporciona el esfuerzo último del material, a partir del cual el material va perdiendo resistencia; en el gráfico se observa que las tres curvas poseen cargas máximas diferentes: 26.5 kN, 24.45kN y 27.1 kN para las probetas 1, 2 y 3 respectivamente. A partir de estos puntos el material va cediendo hasta llegar a la fractura al final de cada curva.



**Figura 85-3:** Diagrama Alargamiento vs. Carga del ensayo de compresión.

**Fuente:** (Centro Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2021)

### 3.5.2. Flexión

Se realizaron los ensayos de flexión sobre 3 probetas de idéntica geometría (ladrillo plástico) dos de las cuales tuvieron un enfriamiento de 40 s (probetas 2 y 3) y una con tiempo de enfriamiento igual a 30 s (probeta 1). Como el ensayo de esta probeta no está normalizado la fabricación de la probeta es responsabilidad del autor de este trabajo, dado que el fin de estas pruebas es determinar las propiedades mecánicas de estas piezas cuando han sido sometidas a diferentes tipos de cargas, en este caso cargas de compresión por medio del laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Carrocero de la ciudad de Ambato.

Similar al ensayo de compresión, por medio de una máquina universal accionada por un sistema hidráulico se aplican cargas controladas en dirección perpendicular a la sección de la probeta para que esta produzca el efecto de flexión (tracción y compresión de forma simultánea). La probeta se encuentra apoyada dejando una distancia entre apoyos que suele ser normalizada para cada

ensayo, se toman registros de la deformación causada, así como la cantidad de carga aplicada en cada punto.

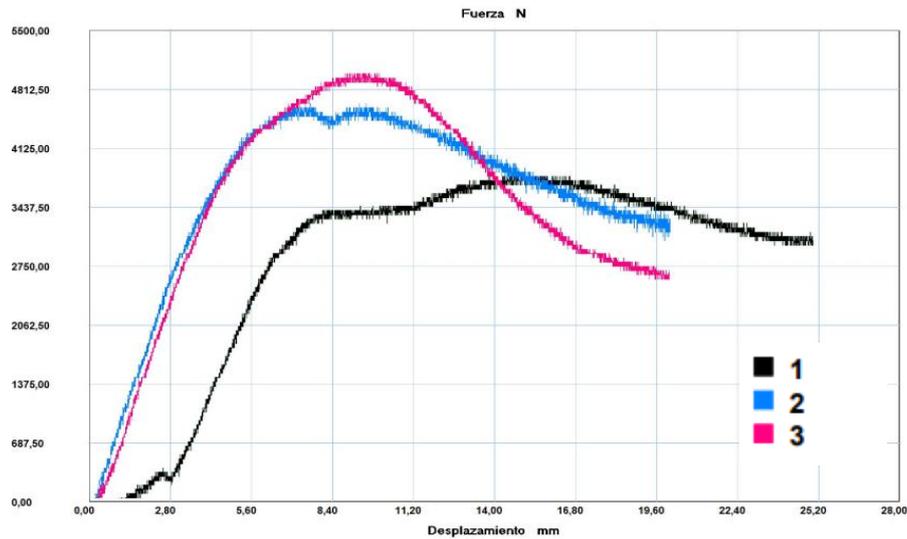
**Tabla 34-3:** Parámetros del ensayo de flexión.

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
	Equipo utilizado:	Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 kN
	Velocidad de Ensayo:	5 mm/min
	Distancia entre apoyos:	120 mm
	Precarga:	0 N
	Área:	1809.94 mm <sup>2</sup>
	Fuerza máxima (promedio):	4.5 kN
	Deflexión (promedio):	10.12 mm
Probetas ensayadas: 3	Deformación máxima calculada (promedio):	28.83%

**Fuente:** (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2021)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

En el ensayo de flexión se pudieron extraer las siguientes curvas. A partir de una precarga de 0 N se observa como la gráfica crece con pendiente constante hasta aproximadamente un desplazamiento de 7 mm, esta zona es producto de la aplicación de la carga conforme avanza el ensayo. Posterior, la línea empieza a formar una curva lo que indica que se ha sobrepasado el límite elástico, donde la pieza es capaz de recuperar a su comportamiento original. Finalmente se alcanza una carga máxima que corresponde a la carga de ruptura del material con una variación entre las probetas: 3.85 kN, 4.65kN y 5 kN en las probetas 1, 2 y 3 respectivamente. Para la evaluación de los resultados se puede usar el promedio de las mediciones tomadas, es decir una carga máxima de rotura de 4.5 kN con un desplazamiento aproximado de 9.8mm.



**Figura 86-3:** Diagrama Desplazamiento vs. Fuerza del ensayo de flexión.

**Fuente:** (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2021)

### 3.5.3. Dureza

El siguiente ensayo realizado sobre el ladrillo plástico fue el de dureza sobre 3 probetas del ladrillo plástico inyectado con un tiempo de enfriamiento de 40 s. Para esta prueba se utilizó el método de ensayo del estándar ASTM D2240-15 especificado para Método de prueba estándar para las propiedades del caucho, dureza. Las características del ensayo proporcionadas por el laboratorio de análisis metalográfico del Centro de Fomento Carrocero de la ciudad de Ambato se muestran a continuación.

**Tabla 35-3:** Parámetros del ensayo de dureza shore.

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
	Equipo utilizado:	Durómetro shore Tipo D
	Medido de prueba:	Manual
	Intervalo de indentación:	1 s
	Esesor (promedio):	1.503 mm
Probetas ensayadas: 3	Dureza SHORE D (promedio):	68.50

**Fuente:** (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2021)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

El ensayo consiste en dejar pasar suavemente un indentador sobre la superficie del ladrillo, durante la revisión la probeta no sufre un daño relevante puesto que solamente se realizan marcas en los puntos donde se desea tomar la medida. Es importante recalcar, que previo al ensayo de dureza en cada una de las probetas, se realizaron pruebas dimensionales para comprobar que las muestras cumplen con los parámetros necesarios para la aplicación de la norma en este ensayo. Se ha utilizado la escala Shore puesto que esta escala se usa en la medición de cauchos blandos (escala A), plásticos rígidos (escala D), entre otros. En promedio el ensayo arrojó una dureza de 68.5 Shore un valor cercano a la dureza que se espera en los neumáticos sólidos para camiones.

### 3.5.4. Inflamabilidad

Para los ladrillos plásticos que se elaboraron por medio de inyección es importante revisar su comportamiento frente al fuego, esto debido a que al formar parte de la estructura de una casa se debe prever el comportamiento en caso de un incendio para salvaguardar la vida de sus ocupantes. En el caso de este ensayo si se dispone de una normativa para la realización de mismo, esta es Ensayo BS EN ISO 11925 – Ensayos de reacción al fuego: inflamabilidad de productos sometidos al impacto directo de la llama. Por medio de este ensayo se puede determinar la inflamabilidad del material del que se ha compuesto los ladrillos plásticos, por medio de un quemador se enciende una llama a una altura determinada por la norma hasta que esta empieza a tener contacto con la probeta. El tiempo de aplicación de la llama es variable, y durante el ensayo se han de tomar medidas de la llama y el instante en que esta se da, así como también la caída de partículas del material base. Para este ensayo se han tomado los siguientes datos.

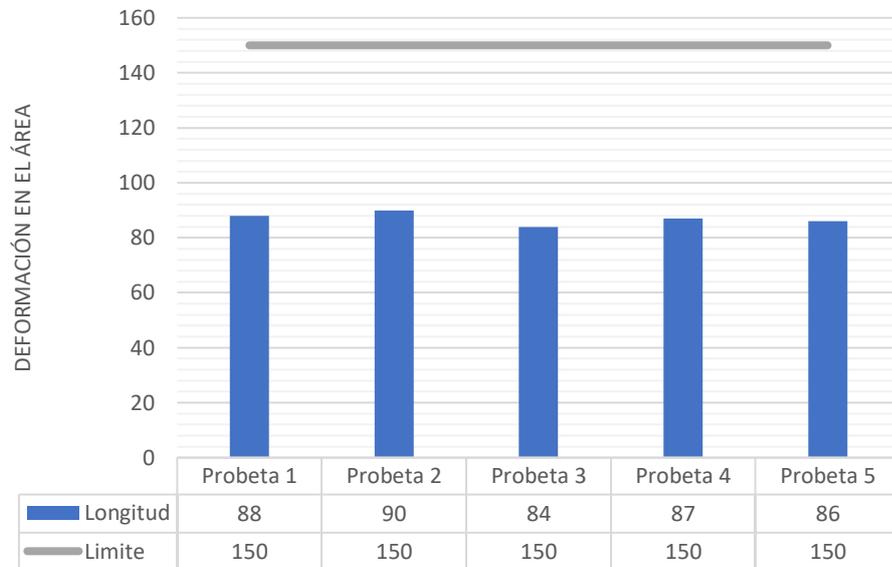
**Tabla 36-3:** Parámetros del ensayo de inflamabilidad.

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
	Equipo utilizado:	Mechero de gas
	Longitud de mecha promedio (t=15s):	66.20 mm
	Observación (t=15s):	No hubo goteo ni ignición del material
	Longitud de mecha promedio (t=30s):	87.00 mm
	Observación (t=30s):	No hubo goteo ni ignición del material
	Longitud de mecha promedio (t=60s):	66.20 mm
	Observación (t=30s):	Para un tiempo mayor a 60 s las probetas empiezan a quemarse, aunque se haya retirado la flama del mechero. Se obtuvieron 4 gotas del material de peso 0.346 g.
Probetas ensayadas: 15		

**Fuente:** (GelFresh Laboratorios, 2021)

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Al realizar la experimentación se puede observar como la deformación se produce en la placa sometida al fuego como muestra el siguiente gráfico. Los resultados indican que al aplicar la llama sobre la superficie y el borde no se produjo la ignición y tampoco propagación de llama a distancias mayores a 150mm.



**Gráfico 3-3:** Deformación en el ensayo en superficie en 30s.

**Fuente:** (GelFresh Laboratorios, 2021)

Mientras se realiza el ensayo se observó que tampoco hubo gotas de material, aunque si se notó la presencia de gases combustión y una deformación superficial en las piezas ensayadas. Como conclusión, se especifica que este material es un producto de inflamación media debido a que en ningún momento se produjo la ignición, aunque es relevante indicar que un ensayo como este no define en ningún momento el criterio de valoración de riesgo del potencial incendiario que conlleva el uso de este producto.

### 3.6. Análisis de costos

#### 3.6.1. Costos directos

En cuanto a los costos directos, se pueden detallar aquellos referentes a: materiales, herramientas, maquinarias, equipos, mano de obra y ensamblaje de los moldes de inyección requeridos para la elaboración de los ladrillos plásticos y sus pruebas.

**Tabla 37-3:** Costos Directos.

<b>A. MATERIALES</b>				
Denominación	Unidad	Precio Unit (\$)	Cant. (Kg)	Precio Total
Acero PLATA W1 (D 30x1000)	mm	10.50	1	10.5
Acero Plata W1 (D 20x1000)	mm	9.3	1	9.3
Acero AISI 1010(260x260x30)	Kg	5.50	15.2	83.60
Acero AISI 1010 (260x260x38)	Kg	5.50	13.8	75.9
Acero AISI 1010 (250x40x90)	Kg	5.50	13.7	75.35
Acero AISI 1010 (260x260x30)	Kg	5.50	16.2	89.1
Acero AISI 1045 (260x260x70)	Kg	6.5	32.5	211.25
Acero AISI 1045(260x260x30)	Kg	6.5	13.8	89.7
Acero PLATA W1(D 0.14x4000)	Kg	8.75	1	8.75
Acople not 1/4 PLG	Unidad	1.35	5	6.75
Lijas (diferentes granos)	Unidad	0.4	20	8
Pernos M10x100	Unidad	1.35	10	13.5
Pernos M10x5	Unidad	0.70	10	7
Pernos M8x25	Unidad	0.65	10	6.5
Pernos M8x5	Unidad	0.45	10	4.5
			<b>Total-A:</b>	\$699.70
<b>B. EQUIPOS UTILIZADOS</b>				
Denominación	Costo por hora	Hora por herramienta	Precio Total	
Centro de mecanizado vertical CNC	30	10	300	
Electro Erosionadora	22	5	110	
Electro hilo	15	30	450	
Torno	13	8	104	
			<b>Total-B:</b>	\$964
<b>C. MANO DE OBRA</b>				
Descripción	Horas empleadas	Sal. Real por hora	Precio Total	
Técnico CAD/CAM	160	7.5	1200	
Operador de máquina/herramienta	160	2.5	400	
			<b>Total-C:</b>	\$1600
<b>D. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>				
Descripción	Unidad	Precio de transporte	Cantidad	Precio Total
Placas porta molde	Kg	0.5	97	48.5
			<b>Total-D:</b>	\$48.5
<b>COSTOS DIRECTOS TOTAL (A+B+C+D) =</b>				<b>\$ 3312.20</b>

Realizado por: Palacios David, 2021

### 3.6.2. Costos indirectos

Dentro de los gastos registrados como indirectos se encuentran aquellos inesperados debido a problemas encontrados durante la ejecución del proyecto y otros de la fabricación de las piezas inyectadas, es decir: retoques en el molde de inyección, los costos de la inyección de las piezas de prueba y finalmente el costo de fabricación de estas piezas en la inyectora.

**Tabla 38-3:** Costos Indirectos.

Denominación	Unidades	Valor	Precio Total
Imprevistos	1	150	150
Retoque Molde	2	100	200
Inyección	400	0.125	50
Inyectora	5	20	100
<b>Total-Costos Indirectos:</b>			<b>\$ 500.00</b>

Realizado por: Palacios David, 2021

En cuanto a los imprevistos, se ha designado el porcentaje de 22% en base a los costos directos conveniente para las situaciones que se puedan presentar.

#### 3.6.2.1. Costo Total

Finalmente, el costo total constituido por la suma de los costos directos e indirectos. El detalle se muestra a continuación.

**Tabla 39-3:** Costo total del proyecto.

Denominación	Precio Total
Costos directos	3312.20
Costo Indirectos	500.00
<b>Costo Total:</b>	<b>\$ 3812.20</b>

Realizado por: Palacios David, 2021

#### 3.6.2.2. Costo de producción del ladrillo plástico

Una vez concluido el proyecto, se considera prudente revisar el costo de producción de estos ladrillos plásticos, para ello se deben considerar los detalles de la tabla siguiente:

**Tabla 40-3:** Costo de producción del ladrillo plástico.

Denominación	Unidades	Valor	Costo Total
Materia prima	400	0.125	50
Alquiler de Inyectora	5	10	50
<b>Total-Costos Indirectos:</b>			<b>\$ 100</b>

**Realizado por:** Palacios David, 2021

Como el costo de alquiler de la máquina de inyección contempla además la mano de obra y energía empleada en el proceso, la producción de 400 piezas necesita un capital de \$150.00, es decir un costo de \$0.38 por bloque del ladrillo plástico dispuesto en el taller, es decir sin considerar transporte alguno.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de Resultados

Respecto a la obtención del ladrillo plástico se puede decir que dimensionalmente el producto creado cumple con las expectativas de tamaño y peso esperadas, considerando la normativa ecuatoriana que indica el tamaño adecuado para estos materiales de construcción en este caso. Además de este análisis superficial es importante revisar el comportamiento de resistencia mecánica del producto obtenido.

**Tabla 1-4:** Comparación de los resultados de compresión en el ladrillo.

Parámetro	Simulado	Ensayado
Fuerza (N)	87,71	26 030
Esfuerzo máximo (Mpa)	0,566293	14,38
Desplazamiento (mm)	0,010280	4,74

Realizado por: Palacios David, 2021

En cuanto al comportamiento del ladrillo plástico al ser sometido a cargas de compresión, se puede demostrar que el producto obtenido sí soporta la carga para la cual se ha diseñado (considerando los elementos estructurales en la construcción de la casa) llegando a resistir hasta 26.03 kN es decir un esfuerzo máximo de 14.38 MPa, haciendo que el ladrillo sufra una deformación máxima de 4.74 mm en el peor de los casos. Es decir, la resistencia a la que el ladrillo cedió supera en 200 veces la carga para la cual se ha diseñado, mencionando que las condiciones del ensayo fueron controladas. La diferencia entre los resultados obtenidos por medio de la simulación y el ensayo radica en las propiedades físicas del material, puesto que el software nos permite determinar un material considerado como virgen y el que se usó realmente durante la producción proviene del reciclaje de piezas con diferentes orígenes; esto provoca que la resistencia sea menor a la esperada pero aun así suficiente para cubrir las necesidades requeridas.

**Tabla 2-4:** Comparación de los resultados de flexión en el ladrillo.

Parámetro	Simulado	Ensayado
Fuerza (N)	87,71	4 500
Esfuerzo máximo (Mpa)	9.05	444.58
Desplazamiento (mm)	0.12	10.12

Realizado por: Palacios David, 2021

De igual manera, durante el ensayo de flexión y la simulación se observan resultados relativamente diferentes, considerando las diferencias en el material que se explicaron anteriormente. Revisando la resistencia al someter a este cuerpo a cargas de flexión se observa que el producto es capaz de soportar hasta una carga de 26 kN aproximadamente con un esfuerzo de 444.58 MPa, lo cual provoca una deflexión en la pieza de aproximadamente 10 mm, es decir, aun cuando las propiedades esperadas se redujeron en comparación a los valores simulados el ladrillo plástico es capaz de soportar una carga de hasta 50 veces para la que fue diseñado, recalando nuevamente que las condiciones en las que se produjeron estos resultados fueron controladas. Comparando estos resultados se puede concluir que las cargas críticas que podrían llevar a la falla del producto serían las de flexión ya que los resultados muestran una menor franja de seguridad al ser contrastada con las cargas de compresión.

Finalmente, evaluando los resultados obtenidos del proceso de inyección, se puede observar que existe diferencia entre los parámetros iniciales y los experimentales usados en la máquina. Se concluye que los parámetros simulados son relativamente iguales a los obtenidos en el procedimiento, los cuales tuvieron que ajustarse para obtener el mejor resultado en el ladrillo considerando varias pruebas y la experiencia del personal a cargo. La mayor diferencia se puede observar en el parámetro de tiempo de enfriamiento ya que durante la elaboración de las piezas se pudo observar que en el tiempo planteado en la simulación la pieza tenía algunas fallas superficiales y al modificarse se consiguió que el acabado sea mejor y los botadores no dejen marcas en el ladrillo plástico.

**Tabla 3-4:** Comparación de los parámetros de inyección

Parámetro	Experimental	Simulado
Presión	39 Mpa	35 Mpa
Tiempo de llenado	1.5 s	1.71 s
Tiempo de empaquetado	2.3 s	5.53 s
Temperatura de fusión	220 °C	240 °C
Temperatura de molde	40 °C	30 °C
Tiempo de enfriamiento	45 s	12.2 s
Tiempo de ciclo	48.3 s	19.44 s

Realizado por: Palacios David, 2021

## CONCLUSIONES

Mediante el estudio del arte se ha comprendido que el polipropileno es uno de los plásticos que mejores propiedades mecánicas presenta, su facilidad de reciclaje y su índice de fluidez de 1.6g/10mi determinó ser excelente para este proceso de inyección de polímeros. El diseño del ladrillo plástico se basa en la norma NTE INEN 317 que establece la medida de 28x14x7cm para este producto. Del análisis de tecnología de paredes se estableció la necesidad de que el ladrillo contemple un diseño monolítico, que se apile de forma aparejada, tenga un buen agarre y de fácil acoplamiento al mismo tiempo que tenga la función de pared decorativa. Por otra parte, al revisar la literatura del diseño del molde se contempla soportar una presión en la cavidad de 35 MPa y una fuerza de cierre de 337 kN con lo que fue posible una correcta selección de la maquina inyectora. Con ese estudio previo se comprendió como diseñar los ladrillos plásticos y como construir su molde.

El diseño del ladrillo plástico fue realizado como un producto de ensamble usando dos partes idénticas que se unen por dos colas de milano, cada una con una dimensión de 14x14x7cm y un espesor de pared de 1.6mm. Asimismo, el diseño incluye 4 pines cuadrados en la parte superior que aseguran un buen agarre y una estructura simétrica de forma cuadrada para conseguir el fácil acoplamiento. Se ha estimado que este diseño se ha hecho para soportar una carga de 87.7N al incluir los elementos requeridos en la construcción de una pared común que fueron verificados mediante la simulación. Se comprobó que con la carga estimada se genera un esfuerzo a la compresión de 0.56 MPa, y un esfuerzo a la flexión 9.05 MPa. El diseño propuesto se ha validado con ingeniería aditiva (impresión 3d) llegando a obtener una pieza de 0.137 Kg sin presentarse ningún cambio adicional en el diseño.

El molde de inyección se diseñó para soportar una presión interna de 35 MPa, mediante simulación de algunos elementos importantes se obtuvo una deformación en la placa cavidad fija de  $3.65 \times 10^{-3}$  mm, la placa cavidad móvil  $5.64 \times 10^{-2}$  mm y la placa de expulsión  $4.02 \times 10^{-3}$  mm. La deformación crítica se ha presentado en la placa expulsión determinando que los elementos que se encuentran distantes del punto de inyección son propensos flexionar. La simulación permitió validar el diseño del molde usando un modelo realizado con el software Inventor para luego realizar la manufactura, las piezas fueron mecanizadas en acero AISI 1045 para las cavidades, acero AISI 1010 para placas de respaldo y paralelas, finalmente las guías, bebedero y expulsores en acero plata usado máquinas CNC.

En el protocolo de pruebas del molde de inyección se empleó la maquina Inyectora Haitian MA1600 con un gramaje de inyección 253gr, por lo que se pudo definir algunos parámetros

experimentales como: precalentamiento del molde a 40°C, presión de inyección 39MPa, temperatura del material de 210°C y un ciclo de inyectado de 48.3s con gramaje de inyección de 143gr. De esa manera se obtuvo los ladrillos plásticos en polipropileno reciclado con dimensiones de 140x140x70mm con espesor de pared 1.5mm de aspecto negro brillante y con fácil acoplamiento.

Los ladrillos plásticos obtenidos se ensayaron en el Centro de Fomento Carrocero del Gobierno Provincial de Tungurahua y se logró determinar sus propiedades mecánicas y físicas. Los ensayos de compresión y flexión fueron no normalizados realizados con la máquina universal de ensayos Metrotest 1500KN modelo STH-1500 calibrada por el Laboratorio Nacional de Metrología del INEN el 12/06/2019, esto da confiabilidad a los resultados para evaluar la capacidad a compresión y flexión del ladrillo plástico. El ensayo a compresión determinó soportar una fuerza de compresión máxima de 2.60kN correspondiente a un esfuerzo máximo de 14.384MPa, en cuanto a la flexión el ladrillo soporta una fuerza máxima de 4.5 kN, lo que deriva en un esfuerzo máximo de 444,58 MPa. Se revisó la dureza del ladrillo plástico en base a la norma ASTM D2240-15 obteniendo un grado dureza de 68.50 Shore D cercano a los estimados por el polipropileno. Además, el ensayo de inflamabilidad ejecutado bajo la norma ISO 11925-2, para revisar su reacción al fuego concluye que el ladrillo tiene una inflamabilidad de grado medio debido a que la flama no superó los límites del ensayo, pero si mostró una afección superficial. Esta característica de inflamabilidad no determinó que el producto sea riesgoso al usarse en las paredes sino de la precaución que se debe tener en caso de exposición al fuego.

Finalmente se concluye que se obtuvo ladrillos plásticos funcionales, resistentes, ecológicos de fácil acoplamiento que pueden implementarse en la construcción de paredes.

## **RECOMENDACIONES**

Mejorar el diseño del ladrillo plástico específicamente el dimensionamiento, cambiando el tamaño de ladrillo plástico a bloque plástico refiriendo la norma INEN 638 para bloques huecos sugiriendo las dimensiones de 40x20x20cm.

Emplear otro plástico diferente al polipropileno siendo tal vez el Polietileno de Alta densidad HDPE un material recomendado por sus características mecánicas, su facilidad para reciclar y su buen índice fluidez para un proceso inyección.

Para mejorar la eficiencia del ciclo de inyección en el diseño del molde se recomienda incorporar un sistema mecánico para el desmoldeo del producto, una opción es implementar corredera y patín o como segunda opción un sistema hidráulico por pistón. Adicional mejorar el sistema de expulsión para que no se usen pines sino mediante placa esto mejorará notablemente el proceso de inyección de plástico.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACEROS, Otero.** *Barra de acero carbono AISI/SAE 1045* [en línea]. [Consulta: 20 Abril 2021]. Disponible en: <https://oteroindustrial.cl/barra-de-acero-carbono-aisi-sae-1045-c-12.html#:~:text=El%20acero%20AISI%20%2F%20SAE%201045,buena%20maquinabilidad%20y%20excelente%20forjabilidad.>

**ACEROSCOL.** *Composición química y propiedades mecánicas de acero SAE 1010* [en línea]. marzo de 2018. [Consulta: 15 Abril 2021]. Disponible en: <https://www.aceroscol.com/wp-content/uploads/2018/03/SAE-1010.pdf>

**ALTAMIRANO SOREQUE, Alfredo; et al.** *Fabricación de moldes de inyección de plástico con base en sistemas CNC y CAD-CAM* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional, Culhuacán, México. 2010. pp. 1-145. [Consulta: 12 Abril 2021]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/7899>

**ARANDES, José M.; et al.** "Reciclado de Residuos Plásticos". *Revista Iberoamericana de Polímeros* [en línea], 2004, (Argentina) 5 (1), pp. 28-45. [Consulta: 02 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www.arpet.org/docs/Reciclado-de-residuos-plasticos-Revista-Iberoamericana-de-Polimeros.pdf>

**ASKELAND, Donald R.; & WRIGHT, Wendelin J.** *Ciencia e ingeniería de materiales* [en línea]. 7ª ed. México: Cengage Learning, 2016. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/42140323/Ciencia\\_e\\_ingenieria\\_de\\_materia\\_Askeland\\_Donald\\_R\\_Wright\\_We\\_Not\\_mine\\_](https://www.academia.edu/42140323/Ciencia_e_ingenieria_de_materia_Askeland_Donald_R_Wright_We_Not_mine_)

**ASTM D 2240-15.** *Ensayo de dureza shore D*

**BS EN ISO 11925.** *Ensayo de inflamabilidad*

**BUDYNAS, Richard G.; & NISBETT, Keith J.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* [en línea]. 8ª ed. Monterrey - México: Mc Graw Hill, 2008. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/34313355/Dise%C3%B1o\\_en\\_ingenier%C3%ADa\\_mec%C3%A1nica\\_de\\_Shigley\\_8va\\_Edici%C3%B3n\\_Richard\\_G\\_Budynas\\_FREELIBROS\\_ORG](https://www.academia.edu/34313355/Dise%C3%B1o_en_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica_de_Shigley_8va_Edici%C3%B3n_Richard_G_Budynas_FREELIBROS_ORG)

**CADENA RUEDA, César Leonardo; & MEZA MARTÍNEZ, Alejandro.** *Diseño de una máquina inyectora de plástico* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico - Mecánicas, Escuela de Ingeniería

Mecánica. Bucaramanga - Colombia. 2006. pp. 1 -119. [Consulta: 12 Abril 2021]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124274.pdf>

**CAREAGA, Juan Antonio.** *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes* [en línea] 4ª ed. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, 1993. [Consulta: 12 Abril 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Manejo\\_y\\_reciclaje\\_de\\_los\\_residuos\\_de\\_en.html?id=SUjbgQyyxdEC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Manejo_y_reciclaje_de_los_residuos_de_en.html?id=SUjbgQyyxdEC&redir_esc=y)

**CHEMICAL, Safety Facts.** *Retardantes de llamas* [en línea]. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/retardantes-de-llamas/>

**CONCEPTOS, Plásticos.** *Conceptos Plásticos* [en línea]. 2020. [Consulta: 15 Febrero 2020]. Disponible en: <http://conceptosplasticos.com/conceptos-plasticos.html>

**EASYBRICK.** *Una nueva forma de construir* [en línea]. 2020. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <http://easy-brick.com/#como-construir>

**EVERBLOCK.** *Frequently Asked Questions about EverBlock* [en línea]. 2020. [Consulta: 10 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.everblocksystems.com/faq>

**FERNÁNDEZ, Henry M.; et al.** *Normas para materiales termoplásticos por procesos* [en línea]. 1ª ed. Cali - Colombia: SENA, 1997. [Consulta: 15 Enero 2020]. Disponible en: [http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/issue/view/159](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/issue/view/159)

**FERNÁNDEZ BARROSO, Janire.** *Diseño de un molde de inyección de una pieza plástica* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao. Bilbao - España.2014. pp. 1 -17 [Consulta: 15 Junio 2021]. Disponible en: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/13373/3%20CALCULOS.pdf?sequence=20>

**FLORES, Laura.** *Cómo solucionar problemas en piezas moldeadas por inyección* [en línea]. Octubre de 2021. [Consulta: 15 Diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.plastico.com/temas/Como-solucionar-problemas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion+100321?pagina=2>

**FUENTES, Josselyn.** *¿Qué es el polipropileno?* [en línea]. 8 de Diciembre de 2019. [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: <https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/profiles/blogs/3002100000-polipropileno>

**CONSTRUMÁTICA.** *Tecnología de la construcción. Paredes, cerramientos y divisiones interiores* [en línea]. 2016. [Consulta: 20 Enero 2020]. Disponible en:

[https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Construcci%C3%B3n.\\_Paredes,\\_Cerramientos\\_y\\_Divisiones\\_Interiores:\\_Comportamiento\\_Estructural\\_de\\_una\\_Pared\\_de\\_Carga](https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnolog%C3%ADa_de_la_Construcci%C3%B3n._Paredes,_Cerramientos_y_Divisiones_Interiores:_Comportamiento_Estructural_de_una_Pared_de_Carga)

**GMBH, Wittmann Kunststoffgeräte.** *Molinos y Trituradores* [en línea]. Septiembre de 2017. [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: <https://www.wittmann-group.com/es/granulators>

**GOBIERNO DEL ECUADOR.** *Vivienda de interés social y público* [en línea]. 28 de Marzo de 2019. [Consulta: 12 Noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.clave.com.ec/vivienda-interes-social-publico/>

**GOBIERNO DEL ECUADOR.** *Habitat y Vivienda* [en línea]. 2019. [Consulta: 2 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/mas-de-255-000-viviendas-entregadas-en-seis-anos/>

**GOBIERNO VASCO.** *Diseño de moldes para transformación de polímeros* [en línea] 31 de Marzo de 2020. [Consulta: 15 Febrero 2021]. Disponible en: [https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DM\\_PP/DMPP03/es\\_DFM\\_DMPP03\\_Contenidos/website\\_42\\_sistema\\_de\\_alimentacin.html](https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DM_PP/DMPP03/es_DFM_DMPP03_Contenidos/website_42_sistema_de_alimentacin.html)

**GONZÁLES, Jeanette.** *Variables en el proceso de inyección* [en línea]. Universidad Simón Bolívar, 2011. [Consulta: 26 Diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jeanettegonzalez71868/variables-inyeccion>.

**GUTIÉRREZ VALENCIA, Tania Milena; et al.** "Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia". Universidad del Cauca [en línea], 2019, (Colombia) 1ª ed, pp. 13 - 22. [Consulta: 15 Febrero 2021]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctvpv50fz>

**IIRSACERO.** *Acero W-1* [en línea]. Enero de 2021. [Consulta: 24 Abril 2021]. Disponible en: <http://iirsacero.com.mx/acero-w1/>

**INEN.** *Ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción* [en línea]. Enero de 2014. [Consulta: 28 Junio 2021]. Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_11925\\_2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11925_2.pdf)

**INEN.** *Bloques huecos de hormigón* [en línea]. Octubre de 2014. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=HKyt7OeS6AGvSpdetlVqXsIX2kvlaTo-prEqTB-tPRc,>

**INNOVE.** *Cuatro factores que afectan la calidad del moldeo por inyección de plástico* [en línea]. 2017. [Consulta: 27 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.cn-cajas.com/cuatro-factores-esenciales-que-afectan-la-calidad-del-moldeo-por-inyeccion-de-plastico/>

**INTELÁNGELO, R.; & BENATO, A.** *Fundición y moldeo* [en línea]. Universidad Nacional de Rosario. 1ª ed. España: Departamento de formación tecnológica, 2018. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/14246/9201-19%20TALLER%20Fundici%C3%B3n%20y%20Moldeo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**HAITIAN.** *Haitain Mars Series 2* [en línea]. 2013. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.acwei.com/wp-content/uploads/2012/07/Mars-II-Technical-Specifications-2013.pdf>

**LA HORA.** *31% de ecuatorianos no tiene casa propia* [en línea]. 2019. [Consulta: 2 Diciembre 2019]. Disponible en: [https://lahora.com.ec/noticia/1102211859/31\\_-de-ecuatorianos-no-tiene-casa-propia](https://lahora.com.ec/noticia/1102211859/31_-de-ecuatorianos-no-tiene-casa-propia).

**LOPEZ ROMERO, Juan Manuel.** *Transformación de materiales termoplásticos* [en línea]. 1ª ed. Quito - Ecuador: IC Editorial, 2014. [Consulta: 2 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/read/405750953/Transformacion-de-materiales-termoplasticos-QUIT0209>

**MACHUCA SÁNCHEZ, David Ignacio; & HERVÁS TORRES, Miriam.** *Configuración de moldes, matrices y cabezales de equipos para la transformación de polímeros* [en línea]. 1ª ed. Quito - Ecuador: IC Editorial, 2014. [Consulta: 2 Diciembre 2019]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Configuraci%C3%B3n\\_de\\_moldes\\_matrices\\_y\\_cabe.html?id=iU4pEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books/about/Configuraci%C3%B3n_de_moldes_matrices_y_cabe.html?id=iU4pEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

**MARÍN HERNANDEZ, Asiel Marcel.** Procedimiento para el diseño de moldes plásticos por inyección usando el software inventor [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica, Departamento de Ingeniería Mecánica. Santa Clara - Ecuador. 2014. pp. 1 - 91 [Consulta: 16 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2769/Asiel%20Mar%c3%adn%20Hern%c3%a1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**MARTINEZ ESCOBAR, Daniel Felipe.** *Diseño de un molde de inyección de Plástico-Polipropileno para la fabricación de un comedero para perros* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de América, Facultad de Ingeniería. Bogota - Colombia. 2017. pp. 1 -

114 [Consulta: 16 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6489/1/4112400-2017-2-IM.pdf>

**MAYA ORTEGA, Enrique.** *Diseño de moldes de inyección de plástico con ingeniería recurrente* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México - México. 2007. pp. 1 - 117 [Consulta: 16 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16404/Dise%C3%83%C2%B1o%20de%20moldes%20de%20inyecc%C3%83%C2%B3n%20de%20pl%C3%83%C2%A1stico%20con%20Ingenier%C3%83%C2%ADa%20concurrente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**MÉNDEZ, Adrián.** *Reciclado químico: una alternativa de valor dentro de la economía circular de los plásticos* [en línea]. 1 de Agosto de 2020. [Consulta: 16 Octubre 2021.] Disponible en: <https://www.pt-mexico.com/articulos/reciclado-quimico-una-alternativa-de-valor-dentro-de-la-economia-circular-de-los-plasticos>.

**MENGES, G.; & MOHREN, G.** *Moldes para inyección de plásticos* [en línea]. 3ª ed. Ciudad de México - México: Calypso S.A., 1983. [Consulta: 16 Octubre 2021.] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/246679112/49090840-MOLDES-PARA-INYECCION-DE-PLASTICOS-MENGES-MOHREN-pdf>

**MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.** *Habitat y vivienda* [en línea]. 2020. [Consulta: 13 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/modelos-de-gestion/>

**MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.** *Habitat y vivienda* [en línea]. Febrero de 2019. [Consulta: 15 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Acuedo-No-004-19-Reglamento-para-validacion-de-tipologias-planes-masa-proyectos-de-vivienda-interes-social-1.pdf>

**OJEDA, Mariano.** *Tecnología de los Plásticos* [en línea]. 15 Marzo de 2011. [Consulta: 25 Julio 2021]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/coloracion-de-plasticos.html>

**OMNEXUS.** *Polypropilene (PP) Plastic: Types, properties, uses & structure info* [en línea]. 2018. [Consulta: 20 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>

**OMNEXUS.** *Flammability UL94* [en línea]. 2018. [Consulta: 25 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/flammability-ul94?id=339>

**ORTIZ, Juan Pedro.** *Unión cola de milano* [en línea]. Diciembre de 2015. [Consulta: 15 Abril 2021]. Disponible en: <http://glosario.ldr.webs.upv.es/postout/1291/unin-cola-de-milano>

**POLYEXCEL.** *¿Qué son los pigmentos para plásticos y cuáles son los principales?* [en línea]. 2020. [Consulta: 25 Agosto 2021.] Disponible en: <https://polyexcel.com.br/es/productos/que-son-los-pigmentos-para-plasticos-y-cuales-son-los-principales/>

**PRADA OSPINA, Ricardo; & ACOSTA PRADO, Julio César.** "El moldeo en el proceso de inyección de Plásticos". SCielo [en línea], 2017, (Colombia) 15(1), pp. 1 - 23. [Consulta: 25 Agosto 2021.] Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-85632017000100226#:~:text=El%20moldeo%20por%20inyecci%C3%B3n%20es%20una%20de%20las%20t%C3%A9cnicas%20m%C3%A1s,forma%20\(Garc%C3%ADa%202012\)](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632017000100226#:~:text=El%20moldeo%20por%20inyecci%C3%B3n%20es%20una%20de%20las%20t%C3%A9cnicas%20m%C3%A1s,forma%20(Garc%C3%ADa%202012))

**Prodavant. 2018.** *¿Cómo solucionar los rechupes en la inyección de plásticos?* [en línea]. 28 Diciembre 2018. [Consulta: 15 Agosto 2021]. Disponible en: <https://www.prodavant.com/blog/2018/12/28/como-solucionar-los-rechupes-en-la-inyeccion-de-plasticos/>

**RIALPLASTICS.** *Polipropileno (peletizado)* [en línea]. 2020. [Consulta: 20 Octubre 2021]. Disponible en: <https://rialplastic.com/project/pp-peletizado/>

**ROMAYPLAST.** *Métodos utilizados para la separación de plásticos* [en línea]. 2015. [Consulta: 26 Octubre 2021]. Disponible en: <http://roymaplast.com/metodos-utilizados-para-la-separacion-de-plasticos/>

**ROSATO, Dominick V.; et al.** *Injection Molding Handbook* [en línea]. 1ª ed. Springer : Springer Science, 1985. [Consulta: 26 Octubre 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=4VHxBwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

**ROYMAPLAST.** *Reciclaje mecánico del polipropileno* [en línea]. 14 Diciembre 2020. [Consulta: 15 Septiembre 2021]. Disponible en: <http://roymaplast.com/reciclaje-mecanico-del-polipropileno/>

**SALÁN BALLESTEROS, María Nuria.** *Tecnología de proceso y transformación de materiales* [en línea]. 1ª ed. Catalunya - España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2009. [Consulta: 15 Septiembre 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36673>

**SÁNCHEZ, Jaime.** Metodología para el diseño de moldes de inyección de plástico de colada caliente [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Monterrey - México. 2001. pp. 1 - 204 [Consulta: 15 Septiembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628419/CEM184391.pdf?sequence=1>

**SANTIS, David; & SANTIS, Daniel.** Diseño de molde para inyección de plásticos de la cubierta del ventilador de pedestal utilizando herramientas CAD/CAE/CAM [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) universidad Central Marta Abreli de las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Departamento de Ingeniería Mecánica. Santa Clara -Ecuador. 2017. pp. 1 - 137 [Consulta: 15 Septiembre 2021]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8544/Santis%20Soto%2c%20David%20y%20%20Santis%20Soto%2c%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SEÑORANS GORGA, Luis José.** Análisis del proceso de moldeo por inyección utilizando un software comercial [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería en materiales. Mar del Plata -Argentina. 2018. pp. 1 - 62 [Consulta: 15 Septiembre 2021]. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/133/LJSe%c3%bloransGorga-TFG-IM-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SERRANO, Carlos.** *Plástico* [en línea]. Junio de 2005. [Consulta: 12 Enero 2020]. Disponible en: <http://www.plastico.com/temas/Agregue-valor-con-retardantes-de-llama+3040369>

**TEXTOS CIENTÍFICOS.** *Polipropileno* [en línea]. 14 de Agosto de 2015. [Consulta: 15 Marzo 2021]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno>

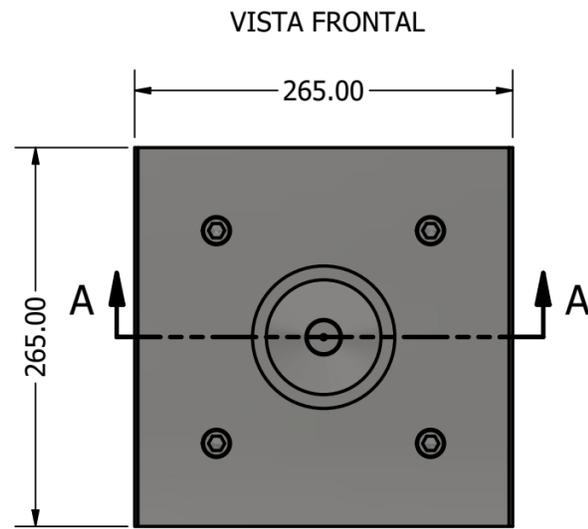
**TWENERGY.** *¿Cómo se realiza el reciclaje de plásticos?* [en línea]. 30 Mayo 2019. [Consulta: 12 Enero de 2020]. Disponible en: <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/reciclaje/reciclado-de-plasticos-542/>

**QUILODRAM, Jose.** *Moldeo por inyección* [en línea]. 2012. [Consulta: 26 Diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.academia.edu/30254513/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION?auto=download>

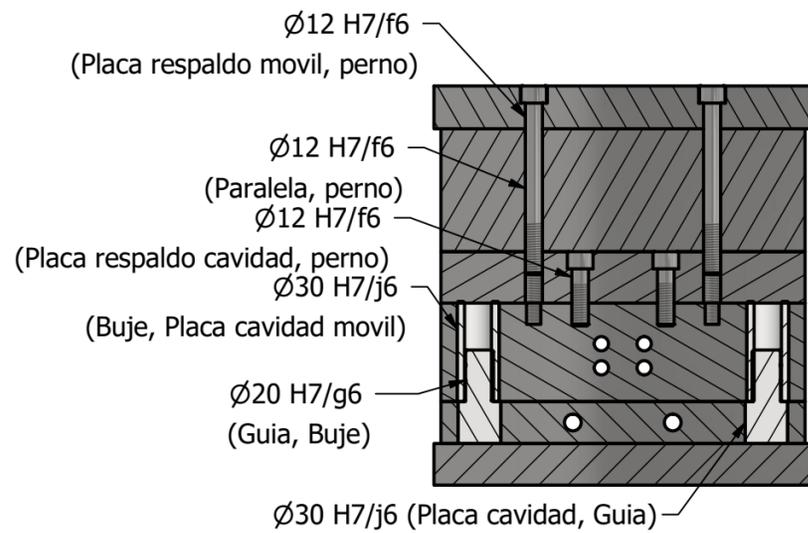
**WOLFGANG WINTER.** *Pigmentos orgánicos en pintura en polvo* [en línea]. 15 de Mayo de 2006. [Consulta: 29 Julio 2021]. Disponible en:

<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/13856-Pigmentos-organicos-en-pintura-en-polvo.html>

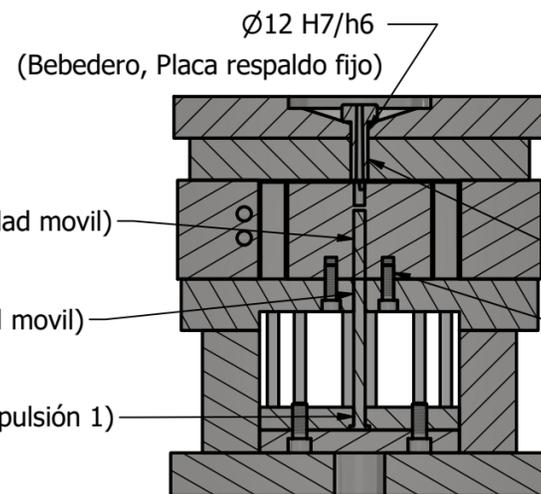
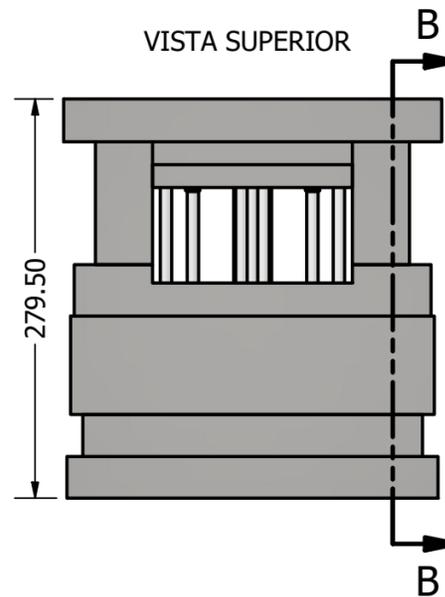
AJUSTES APLICADOS EN MOLDE



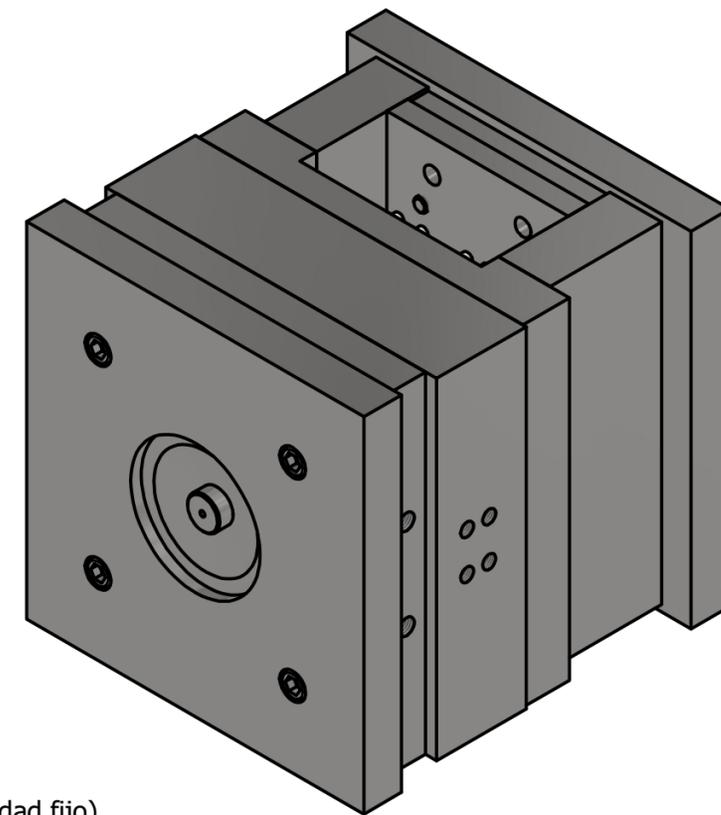
VISTA LATERAL DERECHA



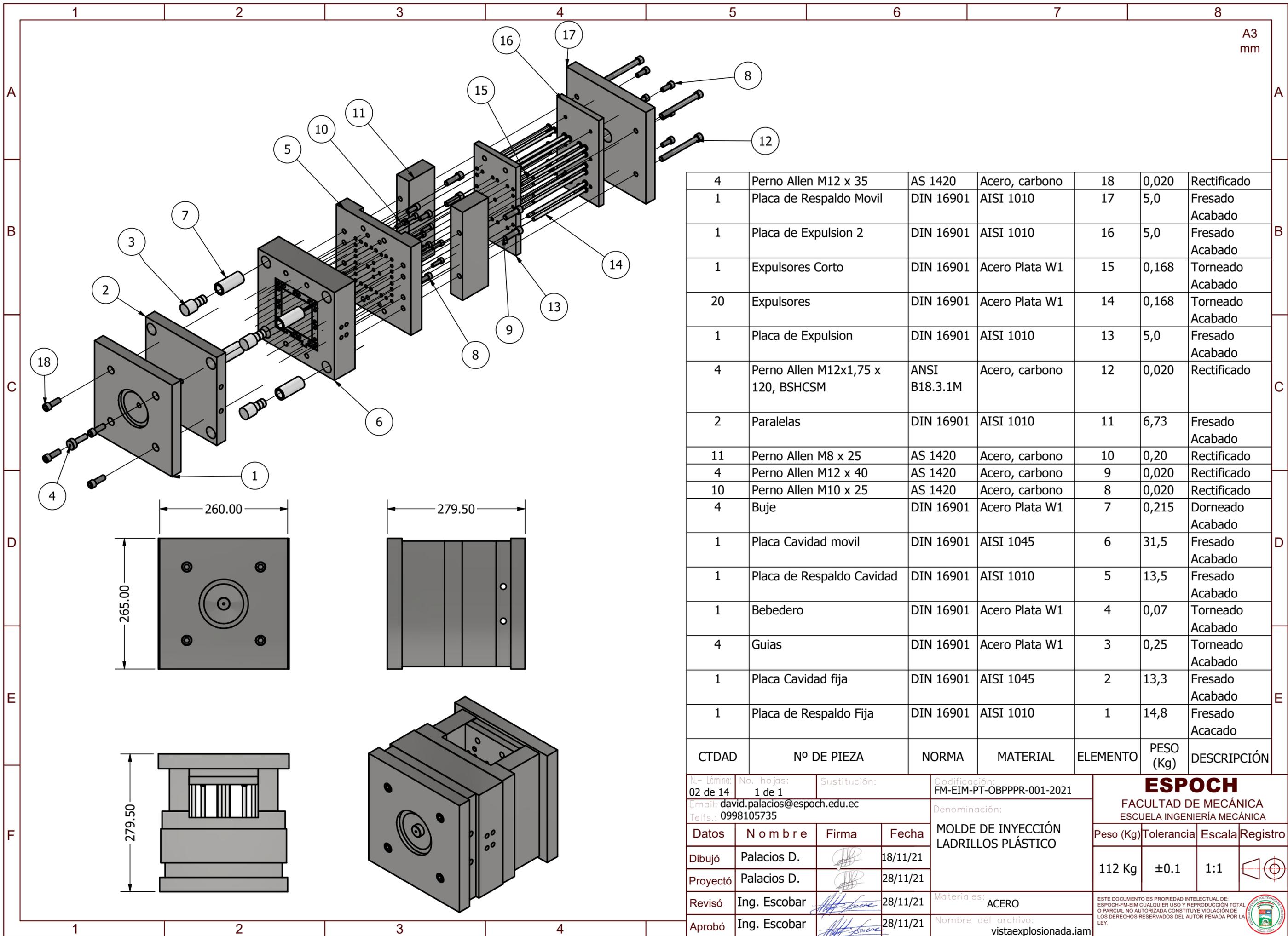
SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 / 4,5



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 4,5



N.º Lámina: 01 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@epoch.edu.ec				Telfs.: 0998105735		Denominación: CONJUNTO MOLDE DE INYECCIÓN LADRILLOS PLÁSTICO					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO		Nombre del archivo: conjuntomolde.iam		112 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.							
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21								



4	Perno Allen M12 x 35	AS 1420	Acero, carbono	18	0,020	Rectificado
1	Placa de Respaldo Movil	DIN 16901	AISI 1010	17	5,0	Fresado Acabado
1	Placa de Expulsion 2	DIN 16901	AISI 1010	16	5,0	Fresado Acabado
1	Expulsores Corto	DIN 16901	Acero Plata W1	15	0,168	Torneado Acabado
20	Expulsores	DIN 16901	Acero Plata W1	14	0,168	Torneado Acabado
1	Placa de Expulsion	DIN 16901	AISI 1010	13	5,0	Fresado Acabado
4	Perno Allen M12x1,75 x 120, BSHCSM	ANSI B18.3.1M	Acero, carbono	12	0,020	Rectificado
2	Paralelas	DIN 16901	AISI 1010	11	6,73	Fresado Acabado
11	Perno Allen M8 x 25	AS 1420	Acero, carbono	10	0,20	Rectificado
4	Perno Allen M12 x 40	AS 1420	Acero, carbono	9	0,020	Rectificado
10	Perno Allen M10 x 25	AS 1420	Acero, carbono	8	0,020	Rectificado
4	Buje	DIN 16901	Acero Plata W1	7	0,215	Dorneado Acabado
1	Placa Cavidad movil	DIN 16901	AISI 1045	6	31,5	Fresado Acabado
1	Placa de Respaldo Cavidad	DIN 16901	AISI 1010	5	13,5	Fresado Acabado
1	Bebedero	DIN 16901	Acero Plata W1	4	0,07	Torneado Acabado
4	Guias	DIN 16901	Acero Plata W1	3	0,25	Torneado Acabado
1	Placa Cavidad fija	DIN 16901	AISI 1045	2	13,3	Fresado Acabado
1	Placa de Respaldo Fija	DIN 16901	AISI 1010	1	14,8	Fresado Acacado
CTDAD	Nº DE PIEZA	NORMA	MATERIAL	ELEMENTO	PESO (Kg)	DESCRIPCIÓN

N.º Lámina: 02 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec				Denominación: MOLDE DE INYECCIÓN LADRILLOS PLÁSTICO							
Telfs.: 0998105735				Materiales: ACERO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Nombre del archivo: vistaexplosionada.iam				Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Dibujó	Palacios D.		18/11/21					112 Kg	±0.1	1:1	
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21								

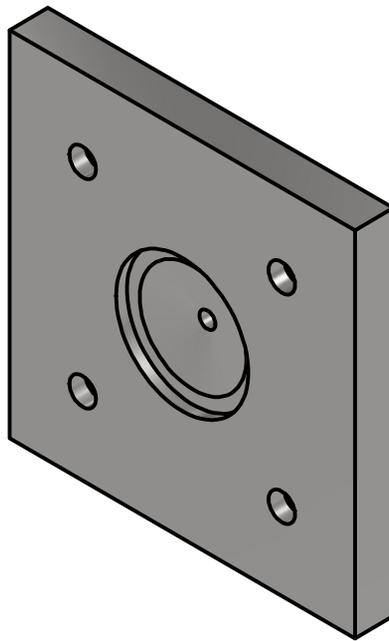
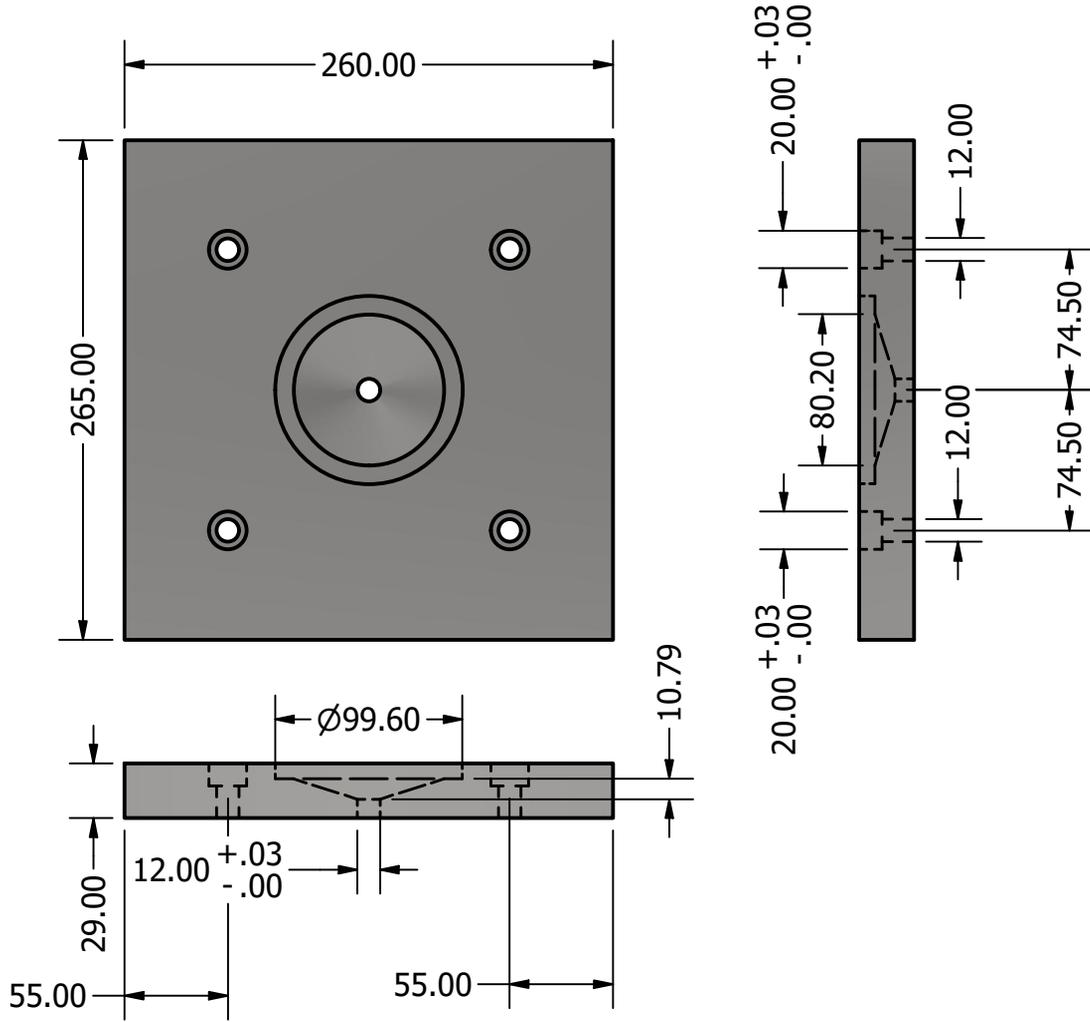
A3 mm

N6 Fresado

En todas las superficies, salvo indicaciones en contra.

A4 mm

A  
B  
C  
D  
E



N.- Lámina: 03 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>PLACA DE RESPALDO FIJA</b>				14.8 Kg	$\pm 0.1\text{mm}$	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales:		AISI 1010		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		placarespaldofija.iam					

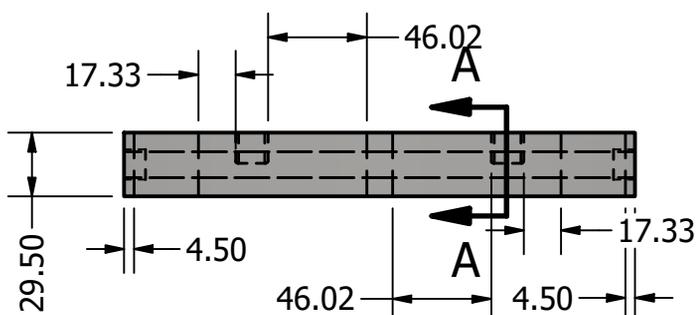
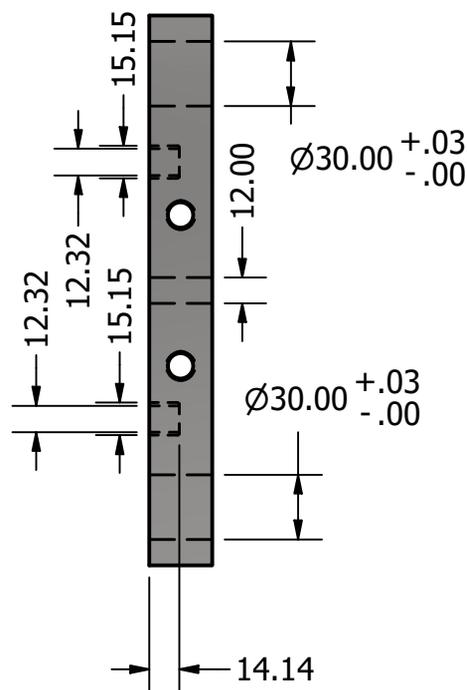
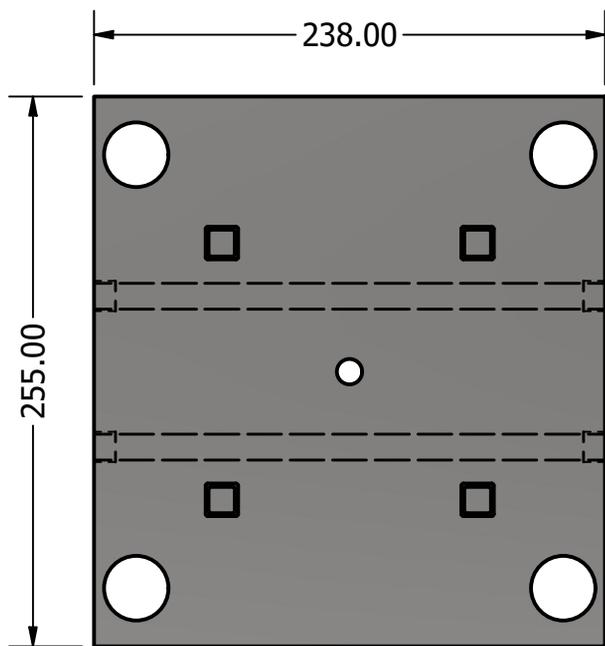


N6 Fresado

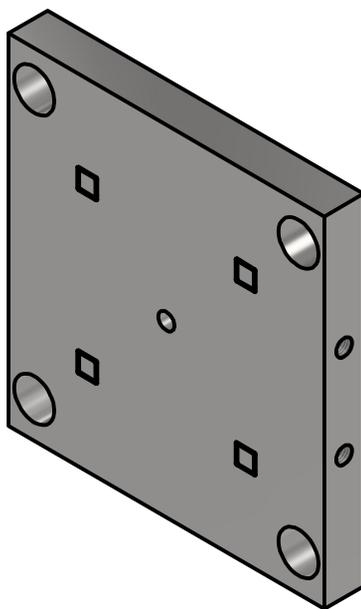
En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

A4  
mm

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 3.5



N.- Lámina: 04 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>PLACA DE CAVIDAD FIJA</b>				13.3 Kg	±0.1	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales:		AISI 1045		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		placacavidadfija.iam					

1

2

3

4

A4  
mm

Torneado  
N6

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

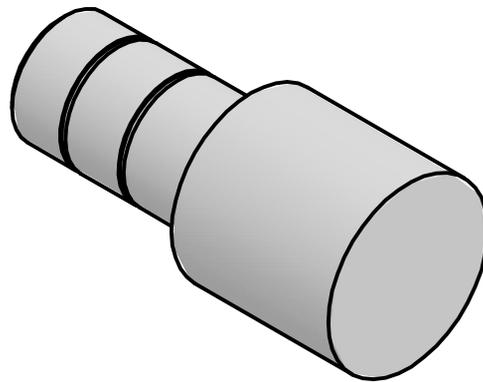
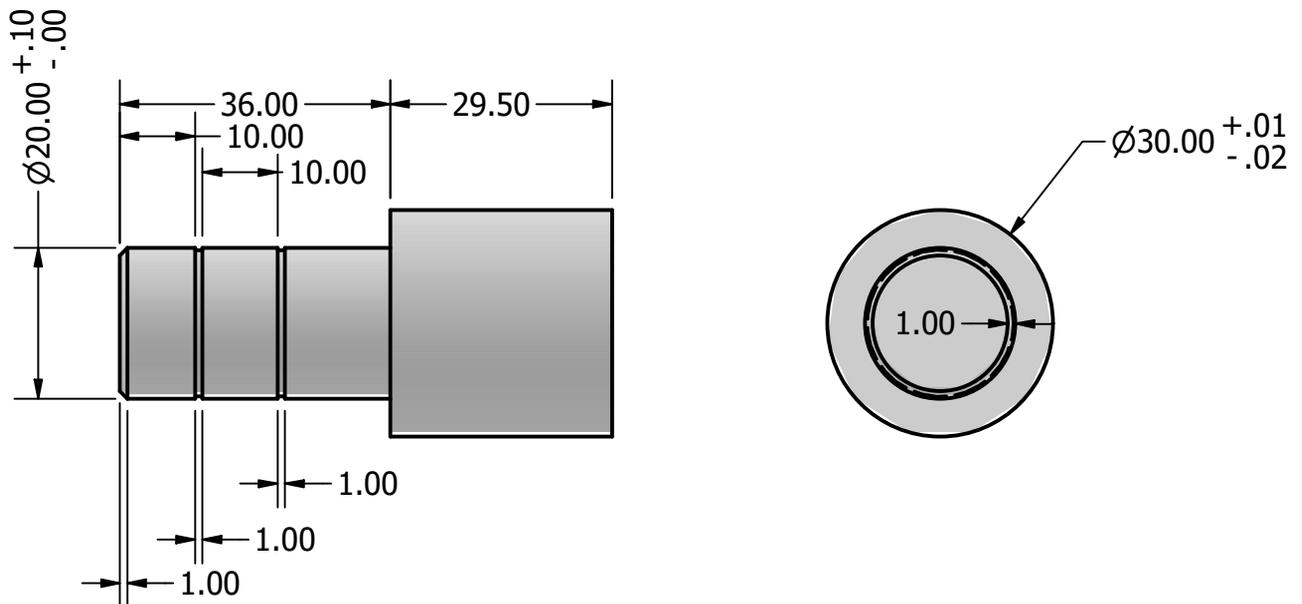
A

B

C

D

E



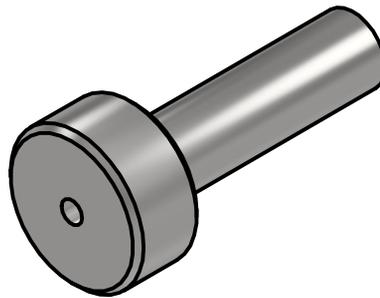
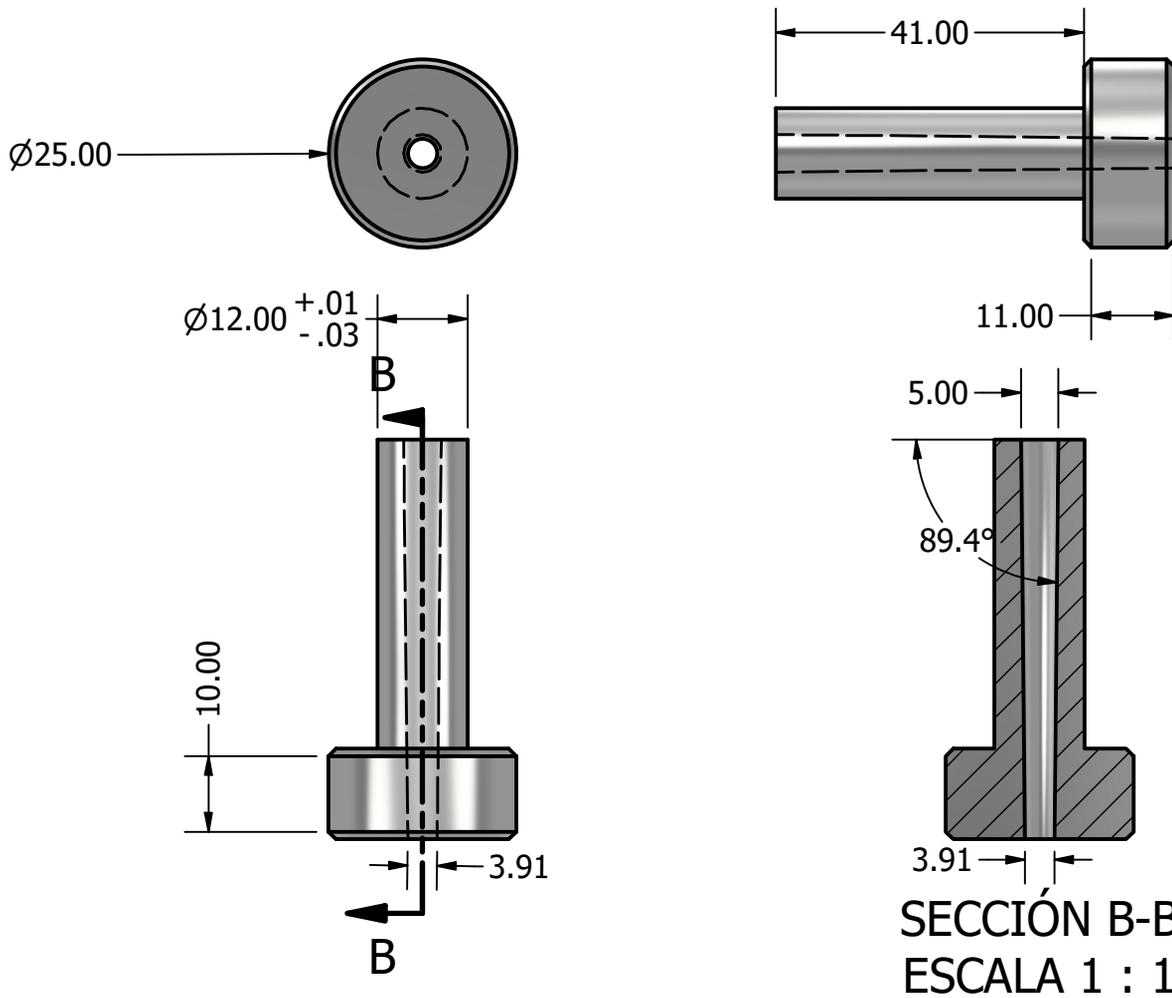
N.- Lámina: 05 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@epoch.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>GUIAS</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: <b>ACERO PLATA W1</b>				0.25 Kg	±0.1	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo: guia.iam		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					



N6 Torneado

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

A4  
mm



N.- Lámina: 06 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@espoch.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>BEBEDERO</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					0.07 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales: <b>ACERO PLATA</b>		Nombre del archivo: bebedero.iam		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			

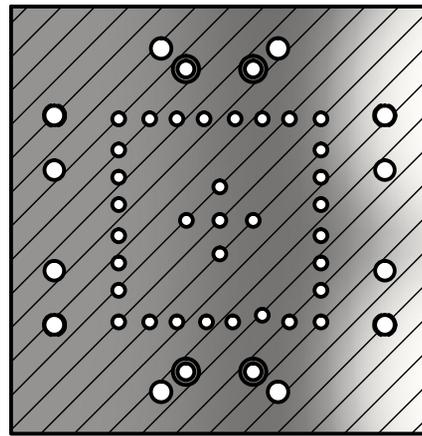
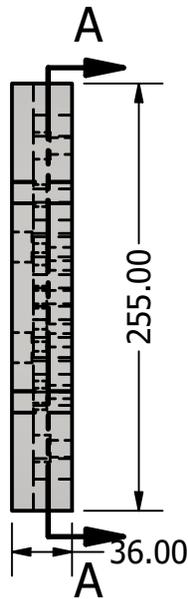
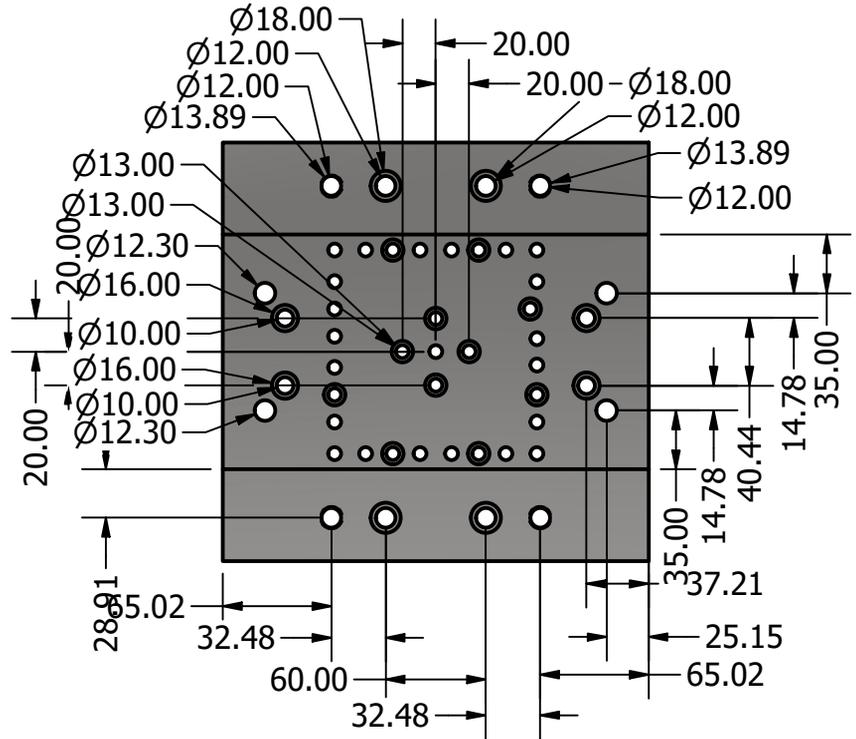
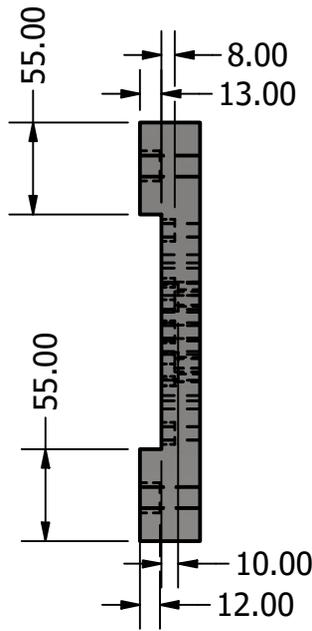


N6 Fresado

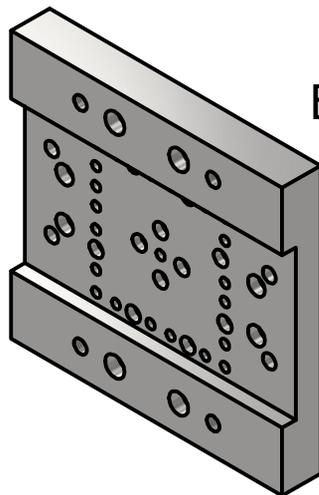
En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

A4  
mm

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 4,5



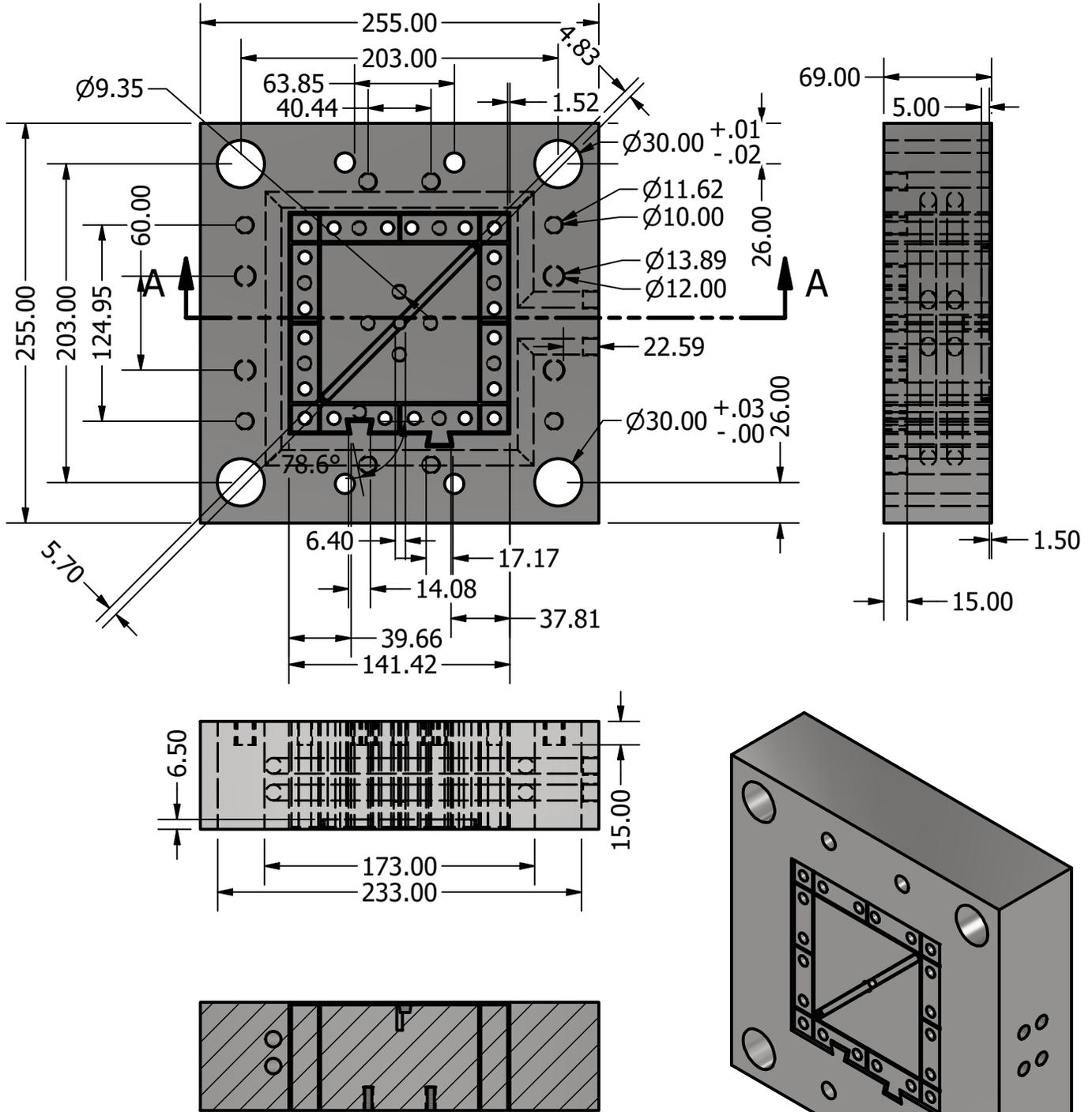
N.º Lámina: 07 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>PLACA DE RESPALDO CAVIDAD</b>				13,5Kg	±0.05mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales: AISI 1010		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo: placarespaldocavidadmovi.iam							



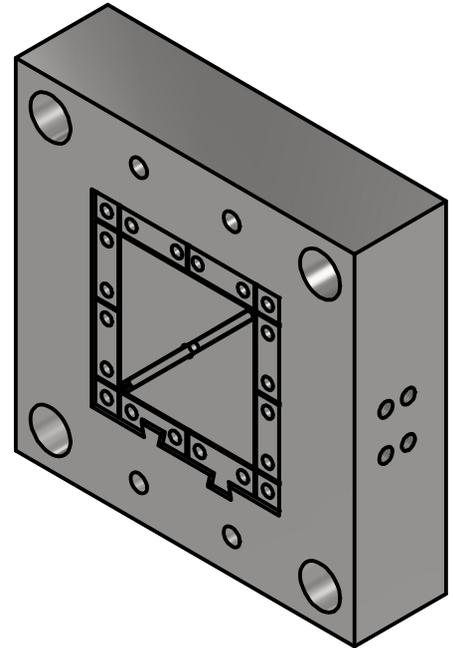
Fresado  
N6

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 3.8



N.- Lámina: 08 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>PLACA CAVIDAD MOVIL</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 1045 Nombre del archivo: placacavidadmovi.iam		31,5Kg	$\pm 0.05\text{mm}$	1:1			
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21			ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					

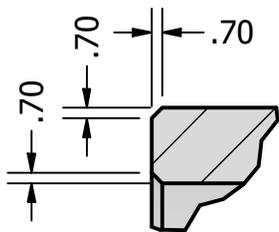
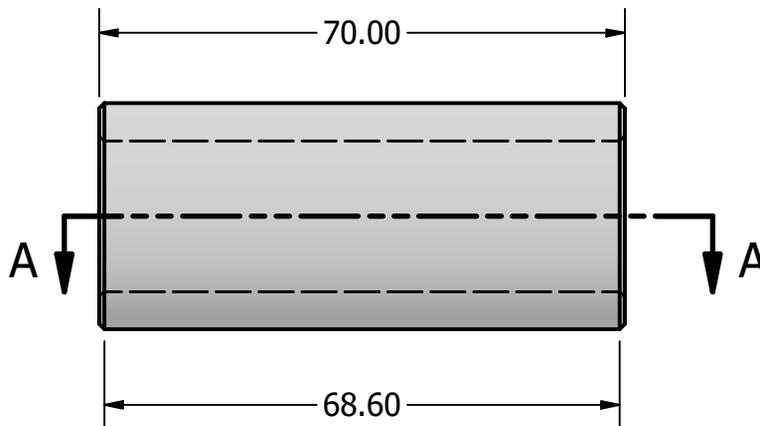
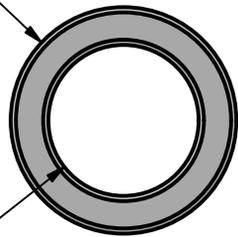


Torneado  
N6

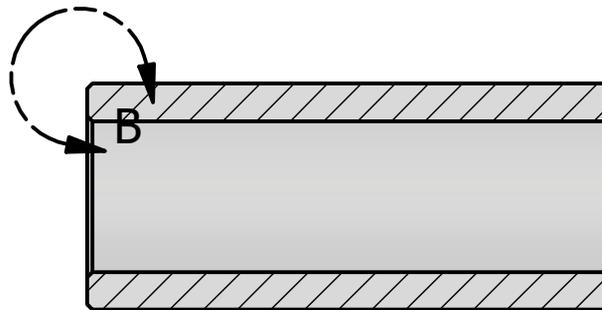
En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

$\varnothing 30.00^{+.01}_{-.03}$

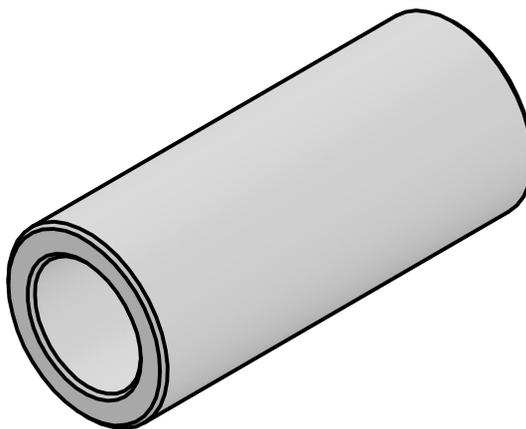
$\varnothing 20.00^{+.01}_{-.00}$



DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1



N.- Lámina: 09 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>BUJE</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					0.215Kg	±0.05mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales:		ACERO PLATA W1		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		bujes.iam					

1

2

3

4

A4  
mm

N6 Torneado

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

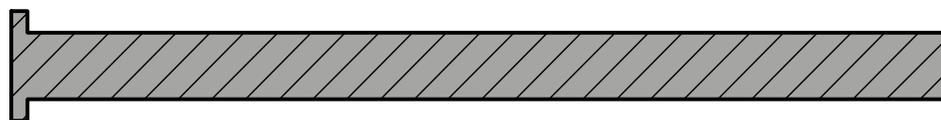
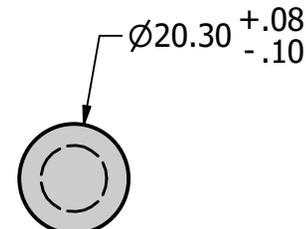
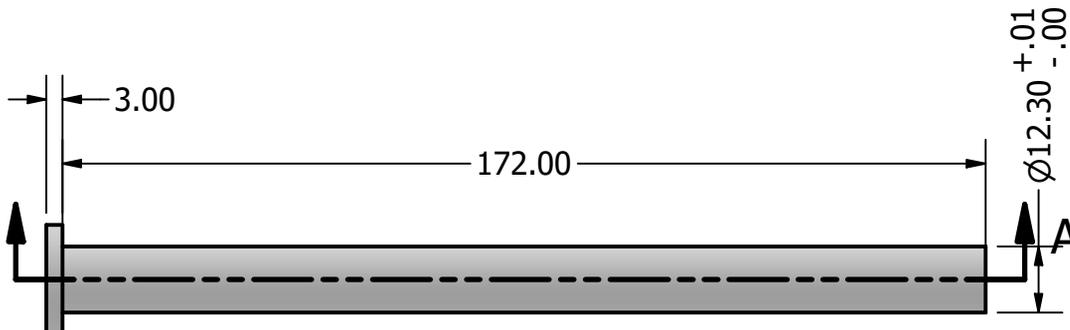
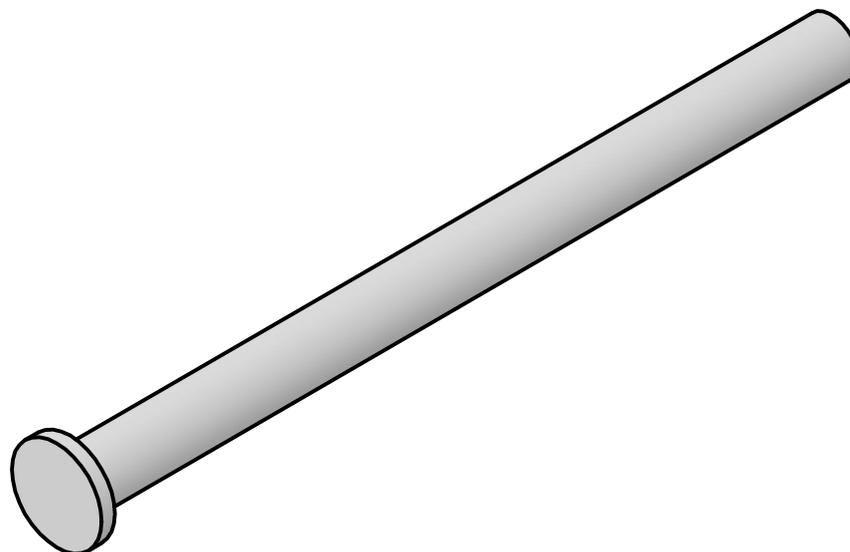
A

B

C

D

E

SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 1,4

N.- Lámina: 10 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@epoch.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>EXPULSORES</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					0.168Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales: ACERO PLATA W1		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.					
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo: expulsores.iam							



1

2

3

4

A4  
mm

Fresado  
N6

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

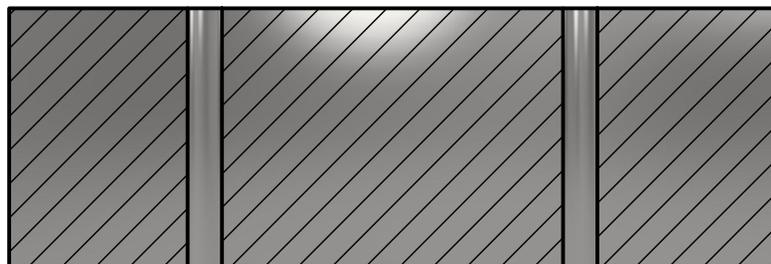
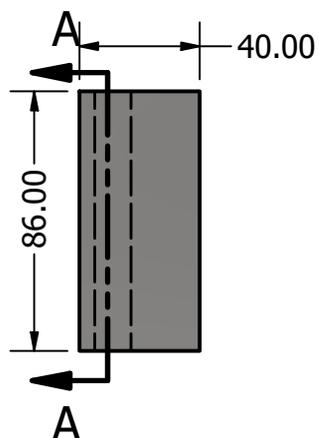
A

B

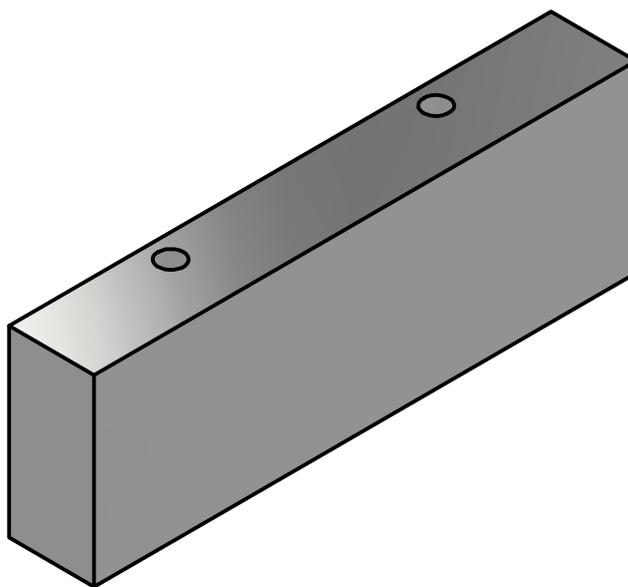
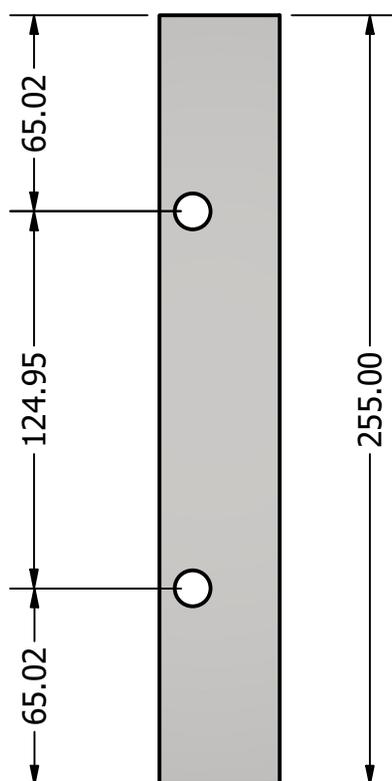
C

D

E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 2,5



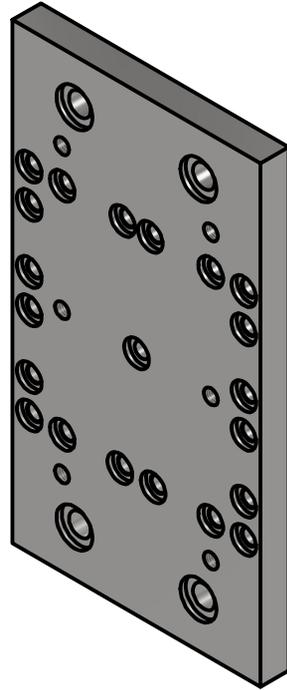
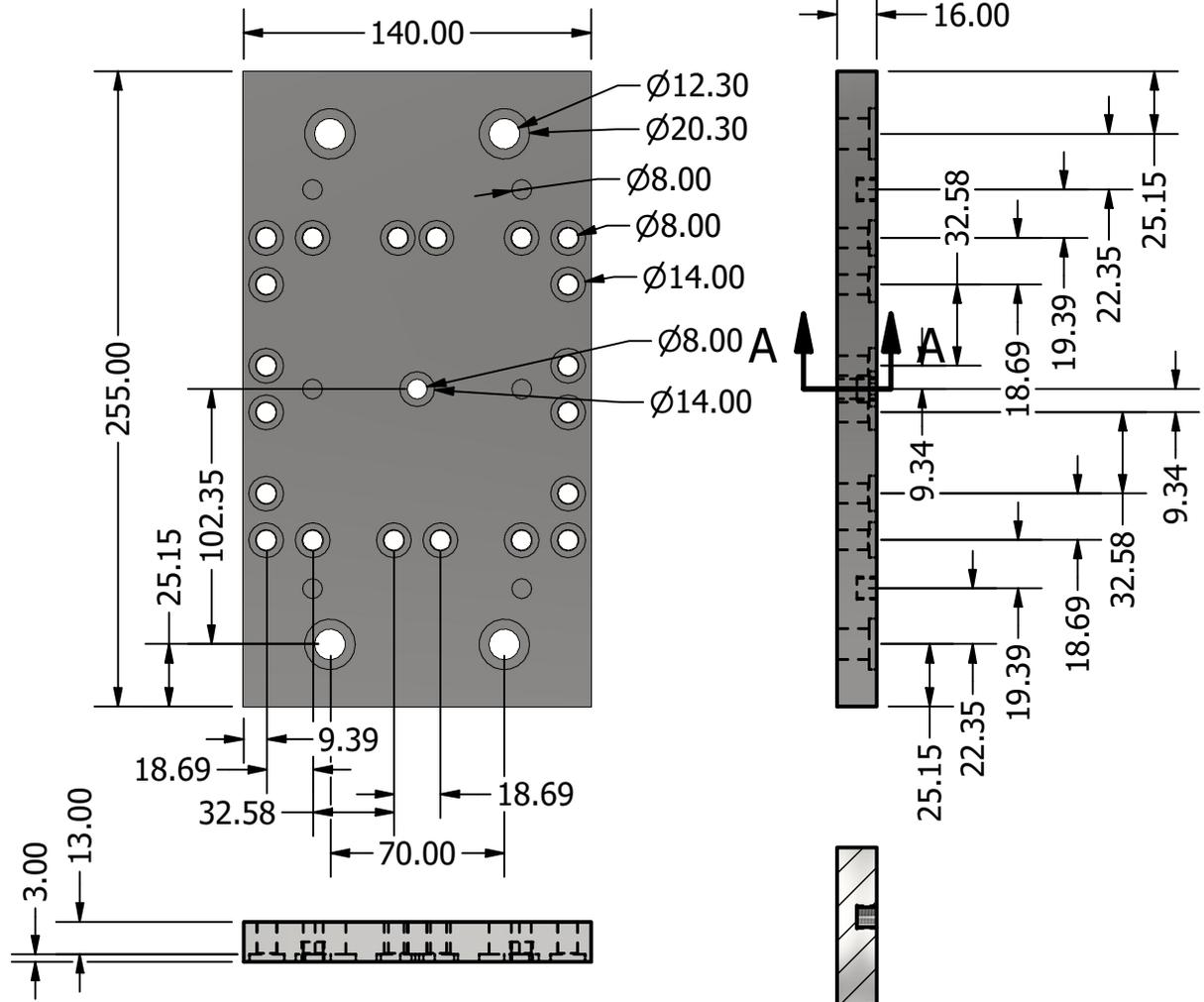
N.- Lámina: 11 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@epoch.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>PARALELAS</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					6,73 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales:		AISI 1010		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		paralela.iam					

N6 Fresado

En todas las superficies, salvo indicaciones en contra.

A4 mm

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 3

N.- Lámina: 12 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>PLACA DE EXPULSIÓN 1</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					5 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales: ACERO 1010							
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo: placaexpulsion1.iam							

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.

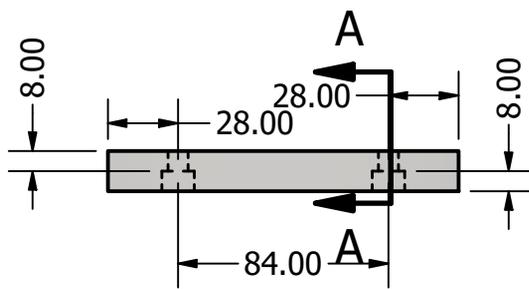
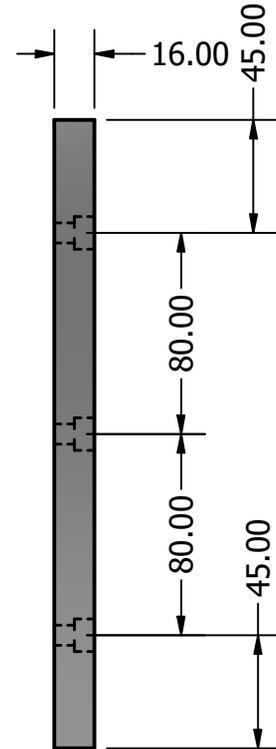
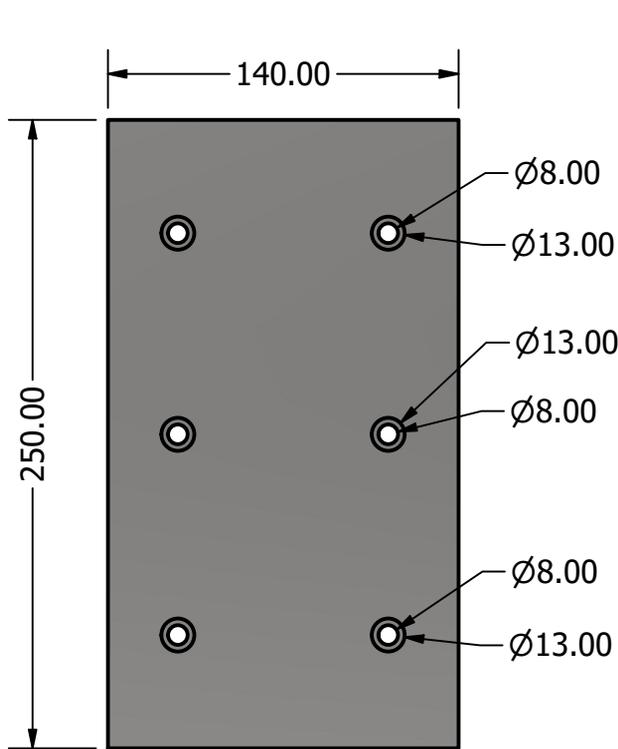


N6 Fresado

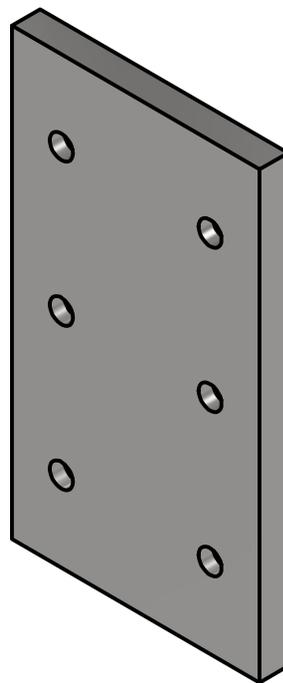
En todas las superficies, salvo indicaciones en contra.

A4 mm

A  
B  
C  
D  
E



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 3



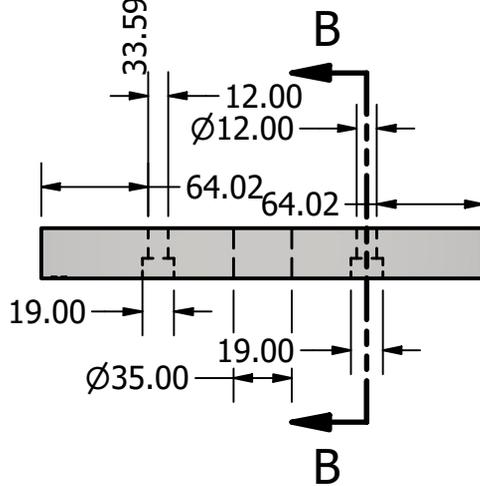
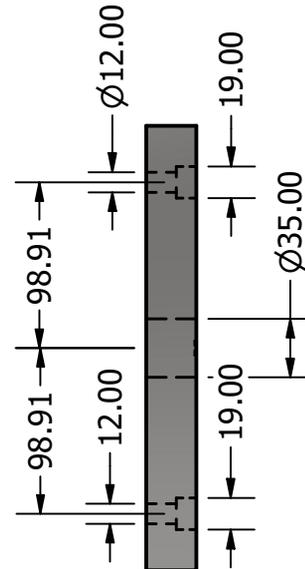
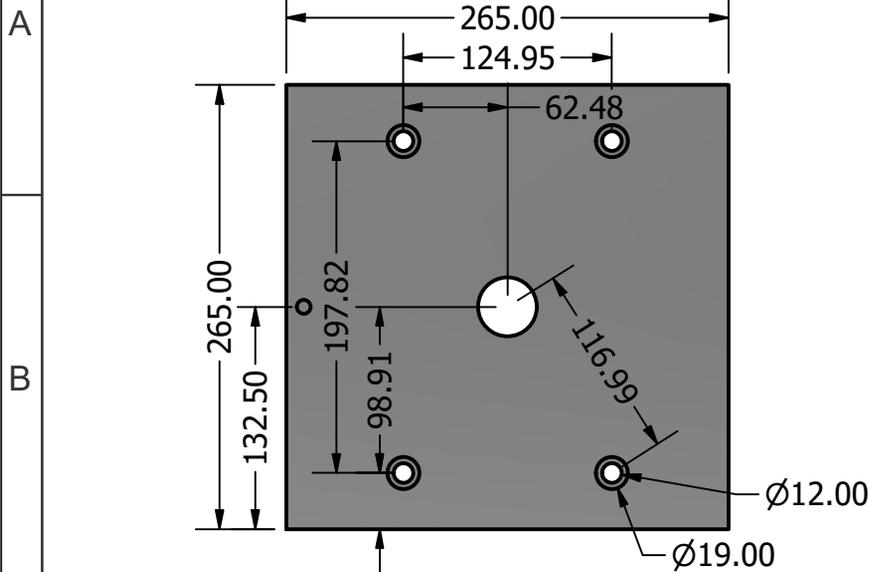
N.- Lámina: 13 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>PLACA DE EXPULSIÓN 2</b>				5 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21	Materiales:		AISI 1010		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		placaexpulsion2.aim					



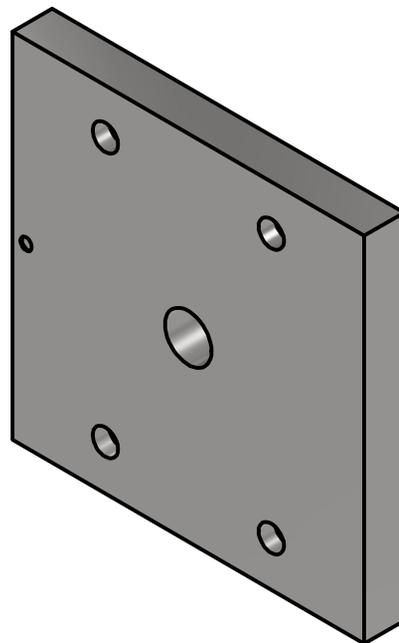
N6 **Fresado**

En todas las superficies,  
salvo indicaciones en contra.

A4  
mm

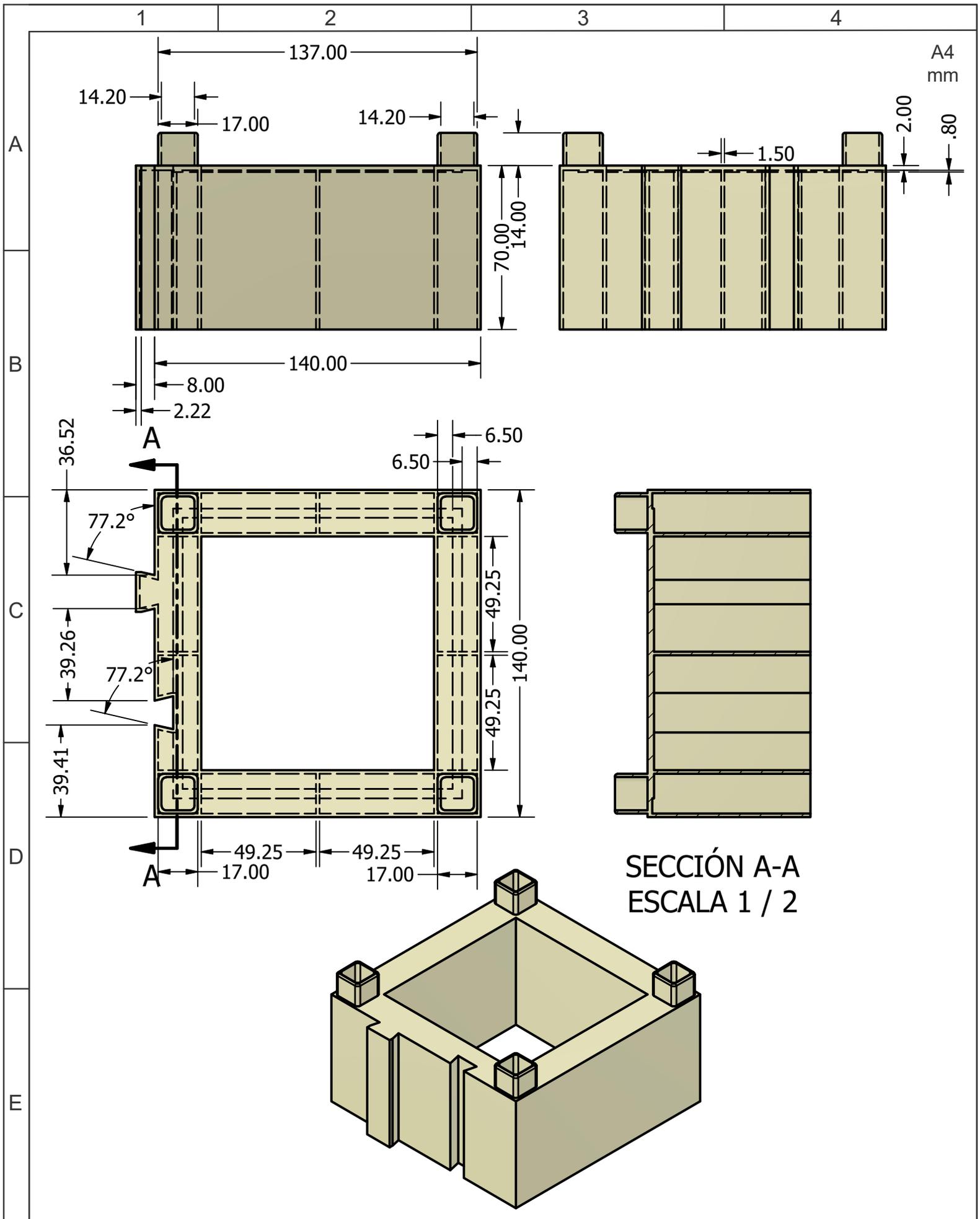


SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 / 4,5



N.- Lámina: 14 de 14		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación: <b>PLACA DE RESPALDO MÓVIL</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 1010  Nombre del archivo: placarespaldomovil.iam				16,15 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.							





SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 2

N.º Lámina: 01 de 01		No. hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-PT-OBPPPR-001-2021		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: david.palacios@esPOCH.edu.ec Telfs.: 0998105735						Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>LADRILLO PLÁSTICO</b>		Materiales: <b>Polipropileno Reciclado</b>		0.134 Kg	±0.1mm	1:1	
Dibujó	Palacios D.		18/11/21								
Proyectó	Palacios D.		28/11/21								
Revisó	Ing. Escobar		28/11/21								
Aprobó	Ing. Escobar		28/11/21	Nombre del archivo:		ladrilloplastico.iam		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE: ESPOCH-FM-EIM CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			

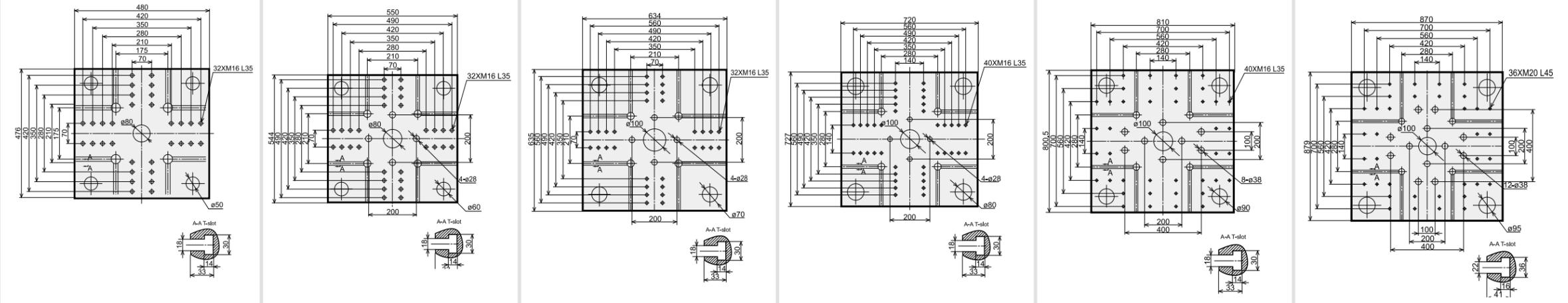


# Specification

		MA600 II /130			MA900 II /300			MA1200 II /410			MA1600 II /600			MA2000 II /770			MA2500 II /1000		
		A	B		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>INJECTION UNIT</b>																			
Screw diameter	mm	24	28		32	36	40	36	40	45	40	45	50	45	50	55	50	55	60
Screw L/D ratio	L/D	23.3	20		22.5	20	18	23.3	21	18.7	22.5	20	18	22.2	20	18.2	22	20	18.3
Shot size (theoretical)	cm <sup>3</sup>	50	68		121	153	188	173	214	270	253	320	395	334	412	499	471	570	679
Injection weight (PS)	g	46	62		110	139	171	157	195	246	230	291	359	304	375	454	429	519	618
Injection rate (PS)	g/s	57	78		85	108	133	112	139	176	131	165	204	160	198	239	216	261	311
Injection pressure	MPa	276	203		249	196	159	236	192	151	238	188	152	231	187	154	215	178	149
Plasticizing rate (PS)	g/s	6	8.6		12.7	16.8	20.3	17.6	21.3	28.4	21.2	28.1	35.3	25.7	32.2	39.4	36	44.1	52.2
Screw speed	rpm	0-310			0-290			0-270			0-255			0-215			0-235		
<b>CLAMPING UNIT</b>																			
Clamp tonnage	kN	600			900			1200			1600			2000			2500		
Toggle stroke	mm	270			320			360			430			490			540		
Space between tie bars	mm	310×310			360×360			410×410			470×470			530×530			580×580		
Max. mold height	mm	330			380			450			520			550			580		
Min. mold height	mm	120			150			150			180			200			220		
Ejector stroke	mm	70			100			120			140			140			150		
Ejector force	kN	22			33			33			33			62			62		
<b>OTHERS</b>																			
Max. pump pressure	MPa	16			16			16			16			16			16		
Pump motor power	kW	11			13			15			18.5			22			30		
Heater power	kW	5.2			6.3			9.95			9.95			14.3			17.1		
Machine dimension (l x w x h)	m	3.75×1.05×1.87			4.4×1.13×1.91			4.88×1.20×2.03			5.4×1.30×2.08			5.9×1.43×2.16			6.42×1.48×2.18		
Machine weight	t	2.5			3.5			4.35			5.65			7.1			8.4		
Hopper capacity	kg	25			25			25			25			50			50		
Oil tank capacity	l	170			190			255			300			350			455		

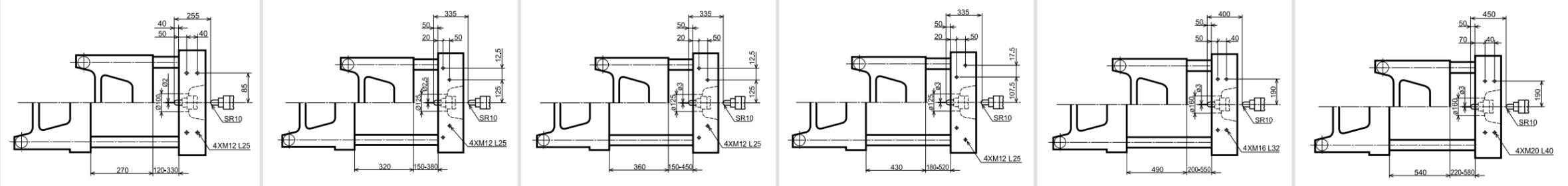
## Platen dimensions

Moving platen



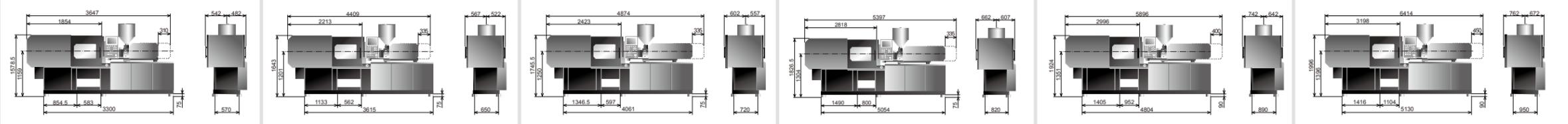
## Platen dimensions

Mounting hole for robot/sprue picker top view from fixed platen



## Machine dimensions

We reserve the right to make changes as a result of further technical advantages.



m

D

C

B

A

## HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS

ESPOCH / FM / IEM

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE



Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

Hoja #1

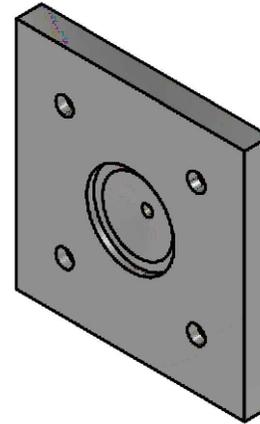
2021/12/20

Escala 1:10

Palacios D.

Rev: Ing Escobar

## PLACA DE RESPALDO FIJA



Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo							
				Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones	
1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03		295	Los dos extremos
2	PERFORADO CENTROS (EXTREMOS)		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1		0	
3	PERFORADO (EXTREMOS)		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca 12.5mm	CALIBRADOR	Afilado	1	2200	2.5	0.05	30	0	Realizar al final
4	PERFORADO DE ALOJAMIENTO Y BEBEDERO		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 10mm Plana	CALIBRADOR	Afinado	1	2200	1.4	0.05		0	

1

2

3

4

Hoja #1

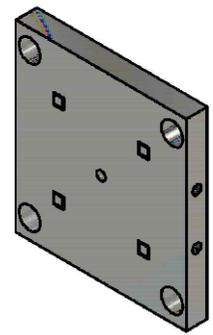
2021/12/20

HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS			
Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

**ESPOCH / FM / IEM**  
**PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE**



## PLACA CAVIDAD FIJA



Escala	Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo							
					Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones	
1:10	1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03	295	Los dos extremos	
Palacios D.	2	PERFORADO CENTROS (EXTREMOS)		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1	0		
Rev: Ing Escobar	3	PERFORADO GUIAS Y BEBEDERO (EXTREMOS)		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 1/2in	CALIBRADOR	Desbaste	1	1800	1.3	0.01	30	0	Realizar al final
	4	TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECTIFICADO		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 10mm Plana	CALIBRADOR	Afinado	1	2200	1.4	0.05	0		
	5	EROSIÓN		ELECTRO EROSIÓN	Electrodo de Grafito	CALIBRADOR	Afinado	1	4 amp	90 hz	0.001	0		

1  
2  
3  
4

Hoja #1

2021/12/20

**HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS**

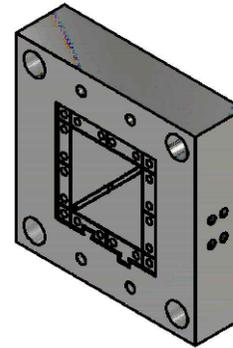
**ESPOCH / FM / IEM**

**PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE**



Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

## PLACA CAVIDAD MOVIL



Escala	Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo						
					Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones
Palacios D.	1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03	295	Los dos extremos
	2	PERFORADO CENTROS (EXTREMOS)		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1	0	
	3	CORTE HILO DEL PERFIL		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 1/2in	CALIBRADOR	Desbaste	1	1800	1.3	0.01	30	0
Rev: Ing Escobar	4	TRATAMIENTO Y ALOJAMIENTO DE PERNOS POSTIZOS		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 10mm Plana	CALIBRADOR	Afinado	1	2200	1.4	0.05	0	
	5	MACHUELADO POSTIZOS		MACHUELO MANUAL	Machuelo M10 paso 1.25	CALIBRADOR							

1  
  
2  
  
3  
  
4

Hoja #1

2021/12/20

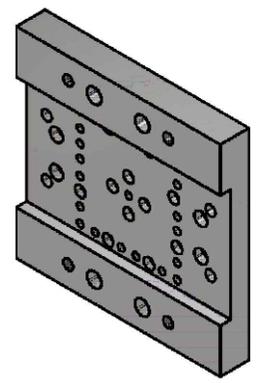
HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS

Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

ESPOCH / FM / IEM  
 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE



PLACA RESPALDO CAVIDAD MOVIL



Escala	Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo						
					Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones
1:10	1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03	295	Los dos extremos
Palacios D.	2	PLANEADO PLACA EXPULSIÓN		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03	295	Los dos extremos
	3	PERFORADO DE PERNOS Y EXPULSORES		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1	0	
Rev: Ing Escobar	4	PERFORADO DE ALOJAMIENTO DE PERNOS		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 10mm Plana	CALIBRADOR	Afinado	1	2200	1.4	0.05	0	

1

2

3

4

m

D

C

B

A

## HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS

ESPOCH / FM / IEM

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

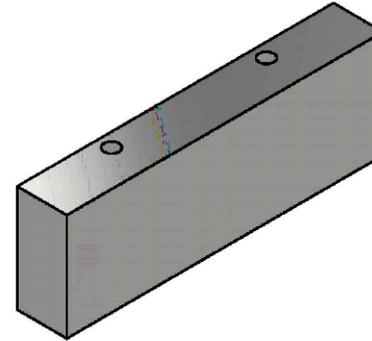


Hoja #1

Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

2021/12/20

## PLACAS PARALELAS



Escala 1:10

Palacios D.

Rev: Ing Escobar

Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo							
				Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones	
1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03		295	Los dos extremos
2	PERFORADO		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1		0	

1

2

3

4

m

D

C

B

A

## HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS

ESPOCH / FM / IEM

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

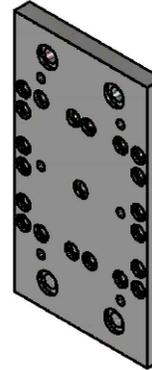


Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

Hoja #1

2021/12/20

## PLACAS EXPULSION 1



1

2

Escala 1:10

Palacios D.

Rev: Ing Escobar

Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo							
				Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones	
1	PLANEADO DE 2 PLACAS		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03		295	Los dos extremos
3	PERFORADO DE EXPULSORES PLACA #1		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1		0	
3	PERFORADO DE EXPULSORES PLACA #2		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1		0	
4	PERFORADO DE ALOJAMIENTO DE PERNOS PLACA #2		FRESADORA VERTICAL CNC	Fresa 10mm Plana	CALIBRADOR	Afinado	1	2200	1.4	0.05		0	

3

4



m

D

C

B

A

## HOJA DE PROCESOS MECÁNICOS

ESPOCH / FM / IEM

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

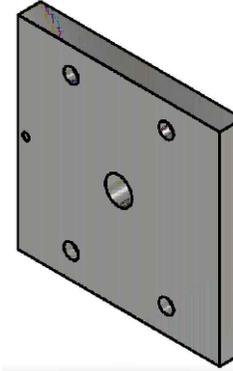


Número de pieza	Denominación	Material	Material en bruto (mm)
1	Placa	AISI 1010	260X265X30mm

Hoja #1

2021/12/20

## PLACA RESPALDO MOVIL



Escala 1:10

Palacios D.

Rev: Ing Escobar

Fase N°	Denominación	Croquis	Maquina	Utiles		Condiciones de Trabajo							
				Trabajo	Control	N°de pasadas	n(rpm)	F(mm/rpm)	ap(mm)	Øf	sobra (mm)	Observaciones	
1	PLANEADO		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03		295	Los dos extremos
2	PERFORADO DE AGUJERO EXPULSION Y DE PERNOS		FRESADORA VERTICAL CNC	FRESA Ø50 R6 Todas las caras	CALIBRADOR	Afinado	1	1700	1.5	0.03		295	Los dos extremos
3	PERFORADO DE ALOJAMIENTO PARA PERNOS		FRESADORA VERTICAL CNC	Broca de Centros	CALIBRADOR	Desbaste	1	480	1.5	0.1		0	

1

2

3

4

## EXTRACTO DEL CODIGO G

O1001

(T1 D=50. CR=0. - ZMIN=-19.5 - FRESADO DE CARA)

(T2 D=4.762 CR=0. TAPER=118DEG - ZMIN=-43. - TALADRO CENTRAL)

(T3 D=8. CR=0. - ZMIN=-43. - FRESA CON PUNTA PLANA)

(T5 D=12.7 CR=0. - ZMIN=-28. - FRESA CON PUNTA PLANA)

(T6 D=18. CR=0. - ZMIN=-19. - FRESA CON PUNTA PLANA)

N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80

N15 G21

N20 G28 G91 Z0.

N25 G90

(CARA3)

N30 T1 M06

N35 T2

N40 S1400 M03

N45 G54

N50 M08

N55 G00 X160. Y-107.808

N60 G43 Z15. H01

N65 G00 Z4.

N70 G18 G03 X155. Z-1. I-5. F240.

N75 G01 X127.5

N80 X-127.5

N85 G17 G02 Y-66.092 J20.858

N90 G01 X127.5

N95 G03 Y-24.375 J20.858

N100 G01 X-127.5

N105 G02 Y17.342 J20.858

N110 G01 X127.5

N115 G03 Y59.058 J20.858

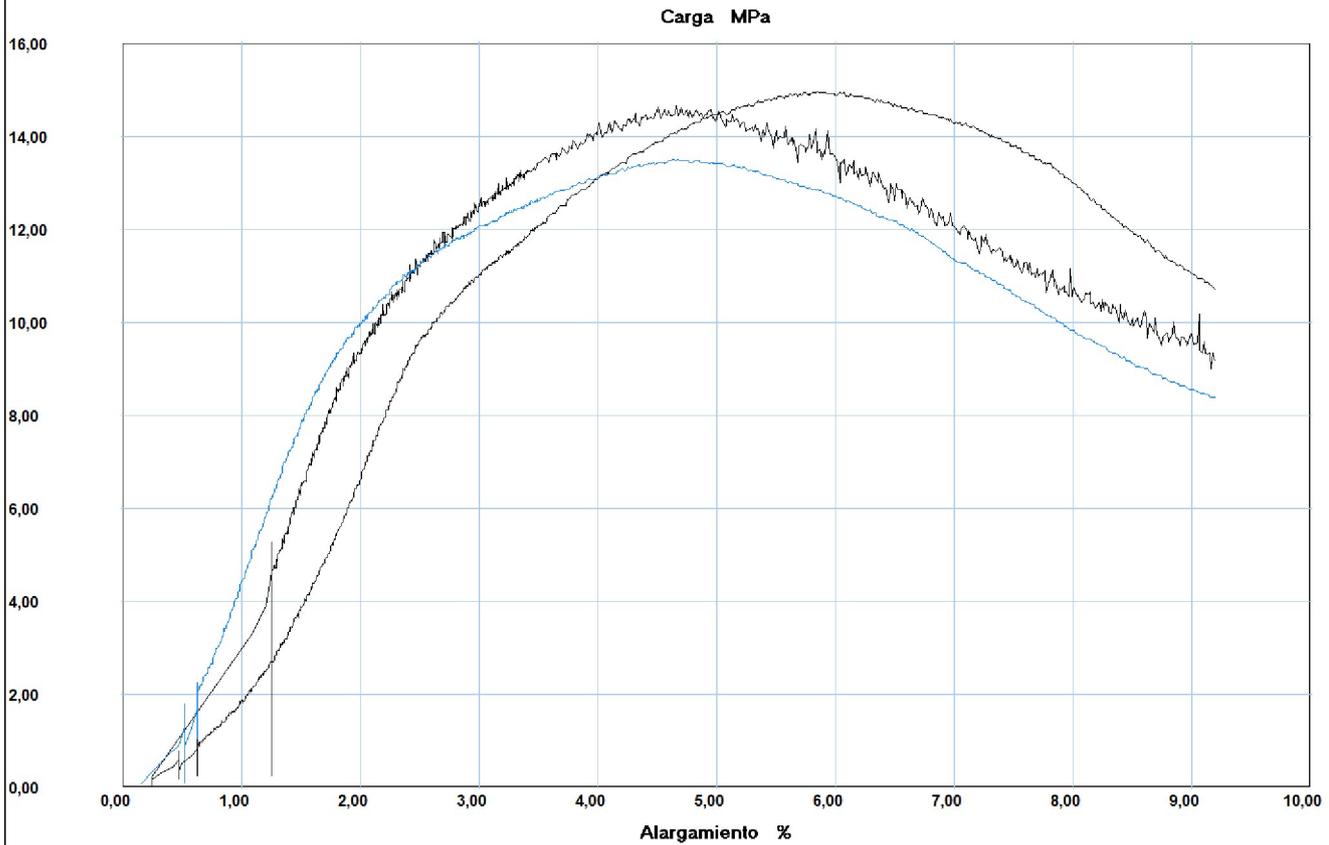
N120 G01 X-127.5  
N125 G02 Y100.775 J20.858  
N130 G01 X127.5  
N135 G18 G02 X132.5 Z4. K5.  
N140 G00 Z5.  
N145 X160. Y-107.808  
N150 Z3.  
N155 G03 X155. Z-2. I-5. F240.  
N160 G01 X127.5  
N165 X-127.5  
N170 G17 G02 Y-66.092 J20.858  
N175 G01 X127.5  
N180 G03 Y-24.375 J20.858  
N185 G01 X-127.5  
N190 G02 Y17.342 J20.858  
N195 G01 X127.5  
N200 G03 Y59.058 J20.858  
N205 G01 X-127.5  
N210 G02 Y100.775 J20.858  
N215 G01 X127.5  
N220 G18 G02 X132.5 Z3. K5.  
N225 G00 Z5.  
N230 X160. Y-107.808  
N235 Z2.  
N240 G03 X155. Z-3. I-5. F240.  
N245 G01 X127.5  
N250 X-127.5  
N255 G17 G02 Y-66.092 J20.858  
N260 G01 X127.5  
N265 G03 Y-24.375 J20.858  
N270 G01 X-127.5

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ECP 01**  
**COMPRESION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
 Cliente :  
 Calidad : RM\_2021\_032  
 Operario : A. Técnico  
 Norma : No Normalizado  
 Fecha : 18/11/2021  
 Hora : 15:42:34  
 Temperatura : 24,7  
 H.R.% : 54,5  
 Pedido : 180437418720211015



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
■ 1	26550,01	19700,00	14,67	10,88
■ 2	24450,00	19450,00	13,51	10,75
■ 3	27100,01	20150,00	14,97	11,13
Media	26033,340	19766,667	14,384	10,921
Mediana	26550,010	19700,000	14,669	10,884
Desv. Std	1398,517	354,730	0,773	0,196
Coef. V.	0,054	0,018	0,054	0,018
Máximo	27100,010	20150,000	14,973	11,133
Mínimo	24450,000	19450,000	13,509	10,746
Rango	2650,010	700,000	1,464	0,387
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	30228,890	20830,856	16,702	11,509
-3 Sigma	21837,790	18702,477	12,065	10,333

## Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	6,25	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

## Velocidades

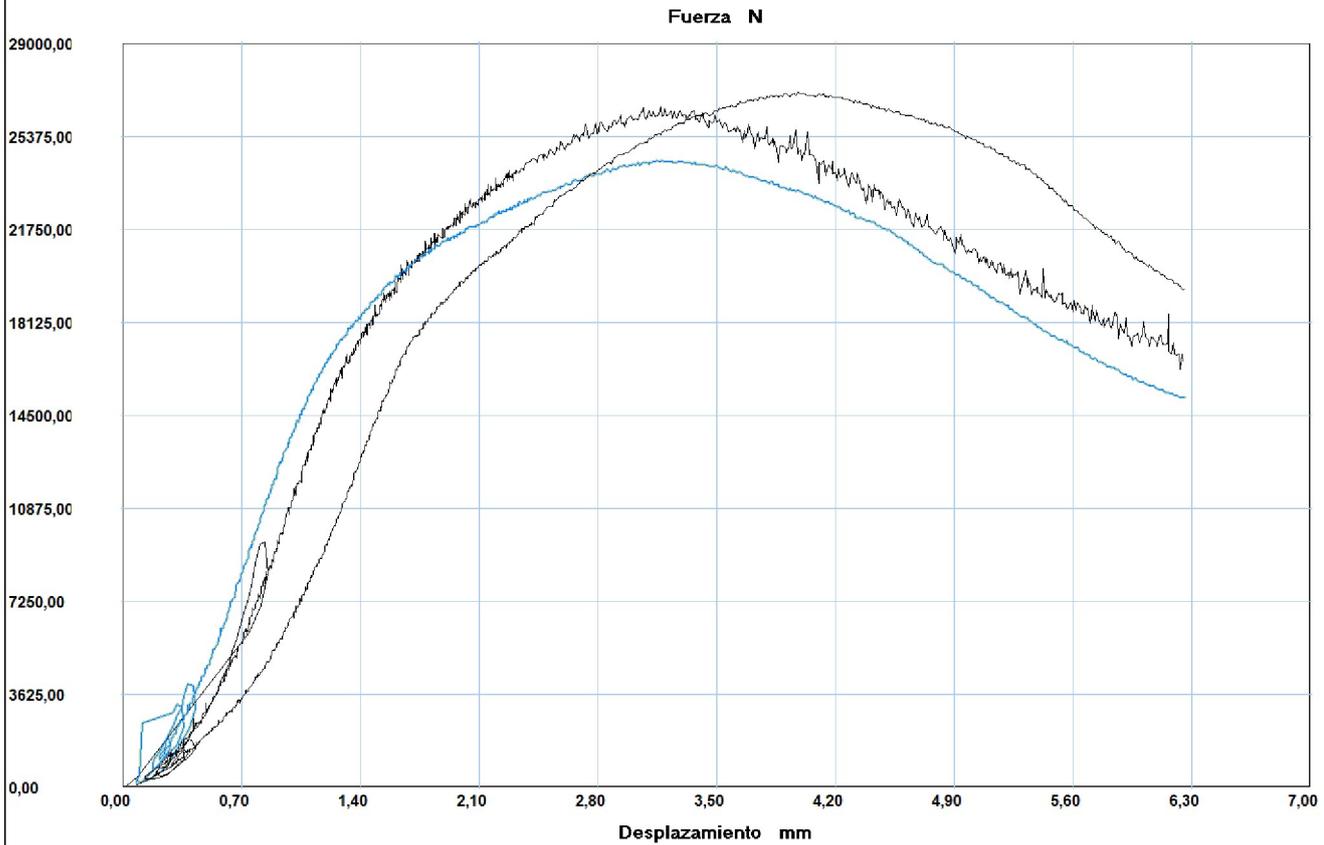
Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ECP 01**  
**COMPRESION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
 Cliente :  
 Calidad : RM\_2021\_032  
 Operario : A. Técnico  
 Norma : No Normalizado  
 Fecha : 18/11/2021  
 Hora : 15:42:34  
 Temperatura : 24,7  
 H.R.% : 54,5  
 Pedido : 180437418720211015



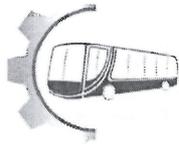
Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
■ 1	26550,01	19700,00	14,67	10,88
■ 2	24450,00	19450,00	13,51	10,75
■ 3	27100,01	20150,00	14,97	11,13
<b>Media</b>	<b>26033,340</b>	<b>19766,667</b>	<b>14,384</b>	<b>10,921</b>
<b>Mediana</b>	<b>26550,010</b>	<b>19700,000</b>	<b>14,669</b>	<b>10,884</b>
<b>Desv. Std</b>	<b>1398,517</b>	<b>354,730</b>	<b>0,773</b>	<b>0,196</b>
<b>Coef. V.</b>	<b>0,054</b>	<b>0,018</b>	<b>0,054</b>	<b>0,018</b>
<b>Máximo</b>	<b>27100,010</b>	<b>20150,000</b>	<b>14,973</b>	<b>11,133</b>
<b>Mínimo</b>	<b>24450,000</b>	<b>19450,000</b>	<b>13,509</b>	<b>10,746</b>
<b>Rango</b>	<b>2650,010</b>	<b>700,000</b>	<b>1,464</b>	<b>0,387</b>
<b>CPK</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>+3 Sigma</b>	<b>30228,890</b>	<b>20830,856</b>	<b>16,702</b>	<b>11,509</b>
<b>-3 Sigma</b>	<b>21837,790</b>	<b>18702,477</b>	<b>12,065</b>	<b>10,333</b>

## Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	1500000,00	N
Limite Desplazamiento	=	6,25	mm
Stop Ext	=	200,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

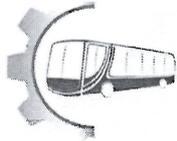
<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-ECP	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> David Palacios.	
<b>Dirección:</b> Calle California y Vía a Tisaleo.	
<b>Núm. de cédula/RUC:</b> 1804374187.	<b>Teléfono:</b> +593998105735.
<b>E-mail:</b> gelfresh.lab@gmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.
<b>Método de ensayo:</b> No Normalizado.

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Identificación	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-ECP 01	X	40 s	1
2	180437418720211015-ECP 02	XX	40 s	1
3	180437418720211015-ECP 03	XXX	30 s	1
			<b>Total</b>	<b>3</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y configuración es declarada por el cliente.

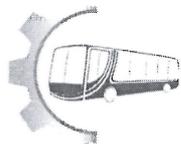


ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180437418720211015-ECP 01	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
2	180437418720211015-ECP 02	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
3	180437418720211015-ECP 03	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437418720211015-ECP**

**DATOS GENERALES**

**N° de proforma:** RM\_2021\_032.  
**Empresa / Cliente:** David Palacios.  
**RUC/C.I.:** 1804374187.  
**Dirección:** Calle California y Vía a Tisaleo.  
**Teléfono:** +593998105735. **Correo:** gelfresh.lab@gmail.com

**Datos del ensayo:**

**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.

**Dirección:** Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Río de Janeiro.

**Método de ensayo:** No Normalizado.

**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.

**Tipo de probeta:** Bloque.

**Equipo utilizado:** Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.

**Velocidad de ensayo:** 5 mm/min

**Precarga:** 50 N

**Fecha Inicio de Ensayo:** 2021/11/18. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/11/18.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.* Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Identificación del grupo	Identificación	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-ECP 01	X	40 s	1
2	180437418720211015-ECP 02	XX	40 s	1
3	180437418720211015-ECP 03	XXX	30 s	1
			<b>Total</b>	<b>3</b>

**Observaciones:** La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. David Romero C.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 22 de noviembre de 2021.

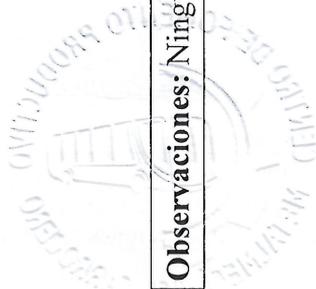
**N°. Factura:** 001-002-000011848.



**Resultados:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Área mm <sup>2</sup>	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
1	180437418720211015-ECP 01	24,7	54,5	1809,943	26550,01	19700,00	14,67	10,88
2	180437418720211015-ECP 02			1809,943	24450,00	19450,00	13,51	10,75
3	180437418720211015-ECP 03			1809,943	27100,01	20150,00	14,97	11,13
				Promedio $\bar{X}$	26033,340	19766,667	14,384	10,921
				Desviación estándar $S_{n-1}$	1398,517	354,730	0,773	0,196
				Coefficiente de variación CV	5,372	1,795	5,372	1,795

**Observaciones:** Ninguna





**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-ECP	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> David Palacios.	
<b>Dirección:</b> Calle California y Vía a Tisaleo.	
<b>Núm. de cédula/RUC:</b> 1804374187.	<b>Teléfono:</b> +593998105735.
<b>E-mail:</b> gelfresh.lab@gmail.com	

**DATOS INFORMATIVOS**

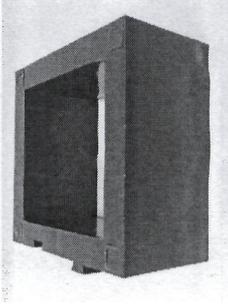
**Laboratorio:** Resistencia de Materiales.

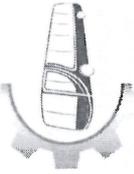
**Designación del material:**

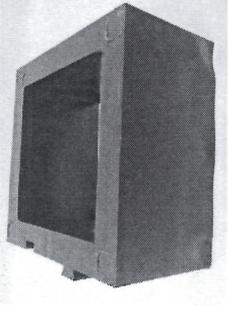
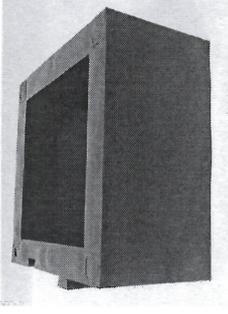
Material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.

**Método de ensayo:**

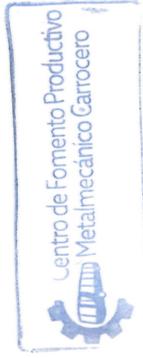
No Normalizado.

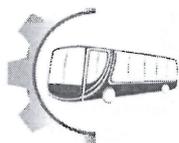
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180437418720211015-ECP 01	2021/11/17	2021/11/22	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180437418720211015-ECP 02	2021/11/17	2021/11/22	Cliente	Entrega al cliente	
7	180437418720211015-ECP 03	2021/11/17	2021/11/22	Cliente	Entrega al cliente	

Todas las muestras del grupo ensayado por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
	
Cliente	



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

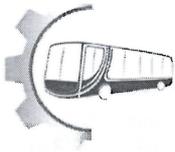
<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-EDSD	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> David Palacios.	
<b>Dirección:</b> Calle California y Vía a Tisaleo.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1804374187.	<b>Teléfono:</b> +593998105735.
<b>E-mail:</b> gelfresh.lab@gmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Análisis Metalográfico
<b>Designación del material:</b> Material polimérico: Bloque de Polipropileno.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D2240-15.- Método de prueba estándar para las propiedades del caucho. Dureza.

### Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación del grupo	Presión de Inyección	Temperatura de Inyección	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-EDSD 01	139 MPa	210 °C	40 s	3
<b>Total</b>					<b>3</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo, configuración y cantidad es declarada por el cliente.

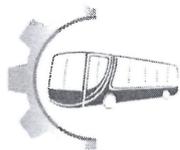


ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180437418720211015-EDSD 01-1	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
2	180437418720211015-EDSD 01-2	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
3	180437418720211015-EDSD 01-3	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



**LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO**

**ENSAYO DE DUREZA SHORE D**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437418720211015-EDSD**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos**

**N° de proforma:** AM\_2021\_009.

**Empresa / Cliente:** David Palacios.

**RUC/C.I.:** 1804374187.

**Dirección:** Calle California y Vía a Tisaleo.

**Teléfono:** +593998105735.

**Correo:** gelfresh.lab@gmail.com

**Datos del ensayo**

**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Análisis metalográfico.

**Dirección:** Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Rio de Janeiro.

**Método de ensayo:** ASTM D2240-15.- Método de prueba estándar para las propiedades del caucho. Dureza.

**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.

**Equipo utilizado:** Durómetro Shore **Tipo:** D **Número de serie:** 2806201802

**Medio de prueba:** Manual **Intervalo de tiempo de indentación:** 1s

**Fecha Inicio de Ensayo:** 2021/11/18. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/11/18.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de **material polimérico: Bloque de Polipropileno**. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del Centro Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas.**

N°	Identificación del grupo	Presión de Inyección	Temperatura de Inyección	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-EDSD 01	139 MPa	210 °C	40 s	3
<b>Total</b>					3

**Observaciones:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es responsabilidad del cliente.

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. David Romero C.	Ing. Jorge Rodas B. MEng
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y Fecha de emisión de Informe:** Ambato, 22 de noviembre de 2021.

**N°. Factura:** 001-002-000011849.





**Resultados:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
1	180437418720211015-EDSD 01-1	24,2	52,7	1,51	68,00
2	180437418720211015-EDSD 01-2			1,49	68,50
3	180437418720211015-EDSD 01-3			1,51	69,00
				Promedio $\bar{X}$	68,50
				Desviación estándar $S_{n-1}$	0,50
				Coficiente de variación $CV$	0,73

**Observaciones:** Ninguna.



**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-EDSD
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> David Palacios.
<b>DIRECCIÓN:</b> Calle California y Vía a Tisaleo.
<b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804374187.
<b>E-MAIL:</b> gelfresh.lab@gmail.com
<b>TELÉFONO:</b> +593998105735.

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Análisis Metalográfico

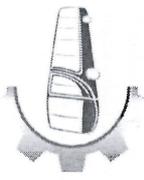
**Designación del material:**

Material polimérico: Bloque de Polipropileno.

**Método de ensayo:** ASTM D2240-15.- Método de prueba estándar para las propiedades del caucho. Dureza.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180437418720211015-EDSD 01-1	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	180437418720211015-EDSD 01-2	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	180437418720211015-EDSD 01-3	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	

Todas las muestras del grupo ensayado por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.



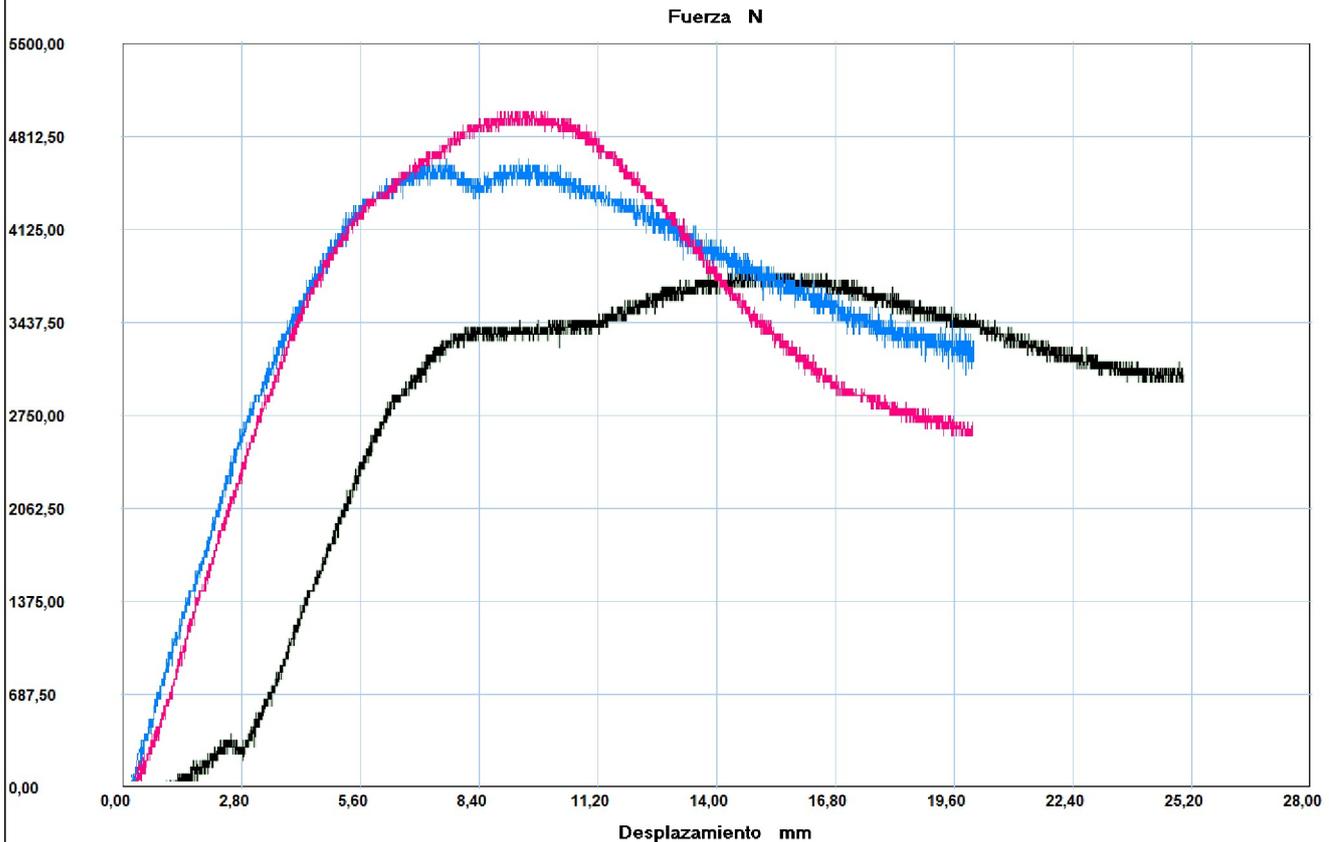
	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.	<b>Aprobado por:</b> Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">           Cliente         </div>	

INFORME :  
ENSAYO :

EFP 01  
FLEXION 3P



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad : RM\_2021\_032  
Operario : A. Técnico  
Norma : No Normalizado  
Fecha : 19/11/2021  
Hora : 11:32:33  
Temperatura : 24,5  
H.R.% : 54,5  
Pedido : 180437418720211015



Probeta	FMax N
■ 1	3850,00
■ 2	4650,00
■ 3	5000,00
Media	4500,000
Mediana	4650,000
Desv. Std	589,491
Coef. V.	0,131
Máximo	5000,000
Mínimo	3850,000
Rango	1150,000
CPK	0,000
+3 Sigma	6268,474
-3 Sigma	2731,526

## Parametros

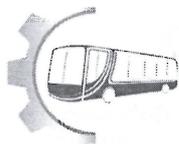
Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	1000000,00	N
Limite Desplazamiento	=	100,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	120,00	mm
------------------	---	--------	----



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

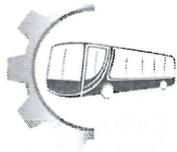
<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-EFP	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> David Palacios.	
<b>Dirección:</b> Calle California y vía a Tisaleo.	
<b>Núm. de cédula/RUC:</b> 1804374187.	<b>Teléfono:</b> +593998105735.
<b>E-mail:</b> gelfresh.lab@gmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.
<b>Método de ensayo:</b> No Normalizado.

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Identificación	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-EFP 01	X	30 s	1
2	180437418720211015-EFP 02	XX	40 s	1
3	180437418720211015-EFP 03	XXX	40 s	1
			<b>Total</b>	<b>3</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo, configuración y cantidad es declarada por el cliente.

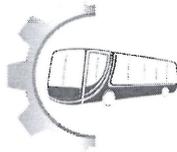


ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180437418720211015-EFP 01	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
2	180437418720211015-EFP 02	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17
3	180437418720211015-EFP 03	Cumple criterios dimensionales	2021/11/17

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS**  
**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437418720211015-EFP**

**DATOS GENERALES**

**N° de proforma:** RM\_2021\_032.  
**Empresa/Cliente:** David Palacios.  
**RUC/C.I.:** 1804374187. **Teléfono:** +593998105735.  
**Dirección:** Calle California y vía a Tisaleo.  
**E-mail:** gelfresh.lab@gmail.com

**DATOS DEL ENSAYO**  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catiglata, Santo Domingo y Rio de Janeiro.  
**Método de ensayo:** No Normalizado.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.  
**Tipo de probeta:** Bloque. **Distancia entre apoyos:** 120 mm.  
**Equipo utilizado:** Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.  
**Modelo:** STH-1500 S/C. **Serie:** 8802M001.  
**Velocidad de ensayo:** 5 mm/min. **Precarga:** 0 N.  
**Fecha Inicio de Ensayo:** 2021/11/19. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/11/19.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.* Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Identificación del grupo	Identificación	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-EFP 01	X	30 s	1
2	180437418720211015-EFP 02	XX	40 s	1
3	180437418720211015-EFP 03	XXX	40 s	1
			<b>Total</b>	<b>3</b>

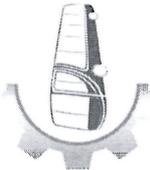
**Observaciones:** La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. David Romero C.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 22 de noviembre de 2021.

**N° Factura:** 001-002-000011848.



### Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Altura de Viga (mm)	Deflexión (mm)	Fuerza máxima (N)	Deformación máxima (%) (Calculado)
1	180437418720211015-EFP 01	25,4	54,5	68,14	14,539	3850,00	41,28
2	180437418720211015-EFP 02			68,41	7,005	4650,00	19,97
3	180437418720211015-EFP 03			68,63	8,836	5000,00	25,27
				Promedio $\bar{X}$		4500,000	28,838
				Desviación estándar $S_{n-1}$		589,491	11,095
				Coeficiente de variación CV		13,100	38,475

Observaciones: Ninguna



### HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180437418720211015-EFP
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa/Cliente:</b> David Palacios.
<b>Dirección:</b> Calle California y vía a Tisaleo.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1804374187.
<b>E-mail:</b> gelfresh.lab@gmail.com
<b>Teléfono:</b> +593998105735.

#### **DATOS INFORMATIVOS**

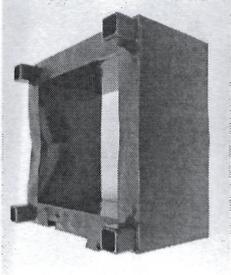
**Laboratorio:** Resistencia de Materiales.

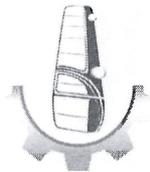
#### **Designación del material:**

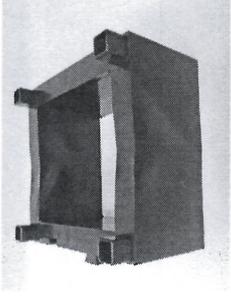
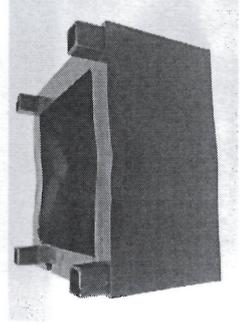
Material polimérico: Bloques de Polipropileno; fabricados por inyección a una presión de 139 MPa. y a temperatura de 210 °C.

#### **Método de ensayo:**

No Normalizado

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180437418720211015-EFP 01	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
3	180437418720211015-EFP 02	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	180437418720211015-EFP 03	2021/11/17	2021/11/23	Cliente	Se entrega al cliente.	

Todas las muestras de cada grupo ensayado por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
	
Cliente	



**LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO**  
**ENSAYO DE DUREZA SHORE D**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180437418720211015-EDSD**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos**

**N° de proforma:** AM\_2021\_009.

**Empresa / Cliente:** David Palacios.

**RUC/C.I.:** 1804374187.

**Dirección:** Calle California y Vía a Tisaleo. **Teléfono:** +593998105735.

**Correo:** gelfresh.lab@gmail.com

**Datos del ensayo**

**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Análisis metalográfico.

**Dirección:** Ambato/Catiglata. Santo Domingo y Rio de Janeiro.

**Método de ensayo:** ENSAYO BS EN ISO 11925.- Ensayos de reacción al fuego: inflamabilidad de productos sometidos al impacto directo de la llama.

**Tipo de ensayo:** Cualitativo.

**Equipo utilizado:** Mechero de Gas

**Medio de prueba:** Manual **Intervalo de tiempo de aplicación:** 15s

**Fecha Inicio de Ensayo:** 2021/12/15. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/12/17.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *material polimérico: Bloque de Polipropileno*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Análisis de Laboratorio Gelfresh

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas.**

N°	Identificación del grupo	Presión de Inyección	Temperatura de Inyección	Tiempo de enfriamiento	Probetas a Ensayar
1	180437418720211015-EDSD 01	139 MPa	210 °C	40 s	3
				<b>Total</b>	3

**Observaciones:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es responsabilidad del cliente.

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>
Ing. Diego Palacios.	David Palacios
Analista Técnico Área de Ensayos	Gerente de Gelfresh Laboratorios

**Lugar y Fecha de emisión de Informe:** Ambato, 17 de diciembre de 2021

**N°. Factura:**001-002-000011849.

Ensayo de Inflamabilidad según la norma UNE en ISO 11925-2

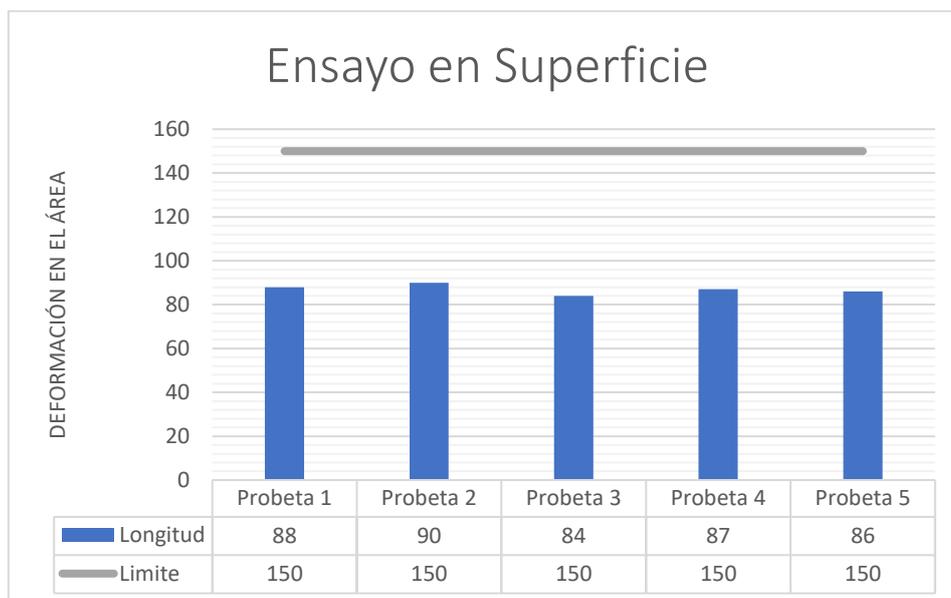
El ensayo requerido es de Reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad en productos de construcción expuestos a la acción directa de la llama. Las muestras se sostuvieron por una base metálica interna que sostuvo las probetas de forma vertical, de tal forma que la cara este expuesta a la llama a una distancia de 40mm del borde inferior y en el centro de la probeta. Se utilizó un espaciador de 16mm de la llama a la superficie y 5mm de exposición con la superficie. La altura de la llama debe ser máximo de 20mm. La exposición de la llama tiene que realizarse sobre la superficie con una duración de 30 segundos

- A) La llama se aplica sobre la superficie
- B) La llama se aplica sobre el borde de la superficie

## A) SUPERFICIE

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Tiempo (seg)	Longitud(mm)
1	180437418720211015-EDSD 01-1	16,0	49,0	30	88,00
2	180437418720211015-EDSD 01-2				90,00
3	180437418720211015-EDSD 01-3				84,00
4	180437418720211015-EDSD 01-4				87,00
5	180437418720211015-EDSD 01-5				86,00
Promedio $\bar{X}$					87,00
Desviación estándar $S_{n-1}$					2
Coeficiente de variación $CV$					0,022

**Observaciones:** No hubo gotas ni ignición de las probetas.



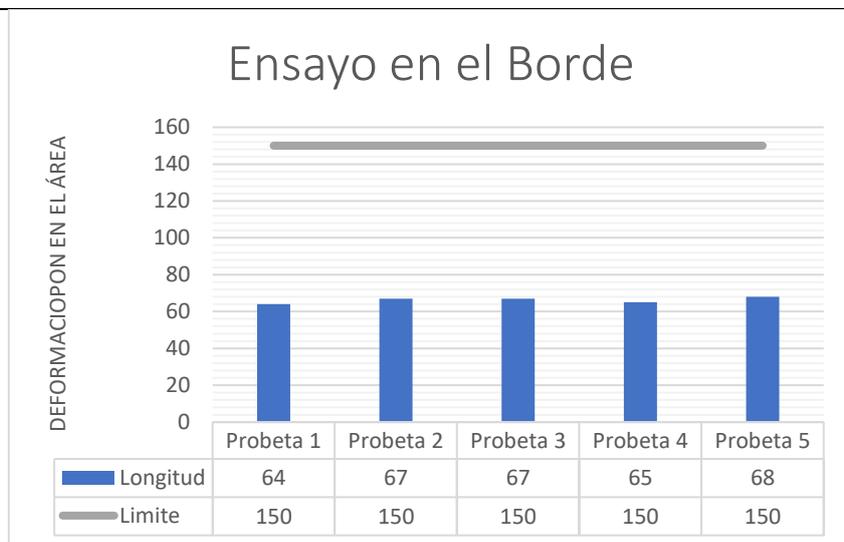
PROBETA		Ignición muestra	Propagación llama a 150 mm (FS)	Tiempo en el que se alcanza Fs	Ignición papel de filtro
Longitudinal	1	NO	NO	----	NO
	2	NO	NO	----	NO
	3	NO	NO	----	NO
	4	NO	NO	----	NO
	5	NO	NO	----	NO
Transversal	1	NO	NO	----	NO
	2	NO	NO	----	NO
	3	NO	NO	----	NO
	4	NO	NO	----	NO
	5	NO	NO	----	NO

Observación: NO HAY IGNICIÓN

## B) BORDE

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Tiempo (seg)	Longitud(mm)
1	180437418720211015-EDSD 01-1	16,0	49,00	15,0	64,00
2	180437418720211015-EDSD 01-2				67,00
3	180437418720211015-EDSD 01-3				67,00
4	180437418720211015-EDSD 01-4				65,00
5	180437418720211015-EDSD 01-5				68,00
Promedio $\bar{X}$					66,20
Desviación estándar $S_{n-1}$					1.46
Coeficiente de variación $CV$					0,022

**Observaciones:** No hubo gotas ni ignición de las probetas.



PROBETA		Ignición muestra	Propagación llama a 150 mm (FS)	Tiempo en el que se alcanza Fs	Ignición papel de filtro
Longitudinal	1	NO	NO	----	NO
	2	NO	NO	----	NO
	3	NO	NO	----	NO
	4	NO	NO	----	NO
	5	NO	NO	----	NO
Transversal	1	NO	NO	----	NO
	2	NO	NO	----	NO
	3	NO	NO	----	NO
	4	NO	NO	----	NO
	5	NO	NO	----	NO

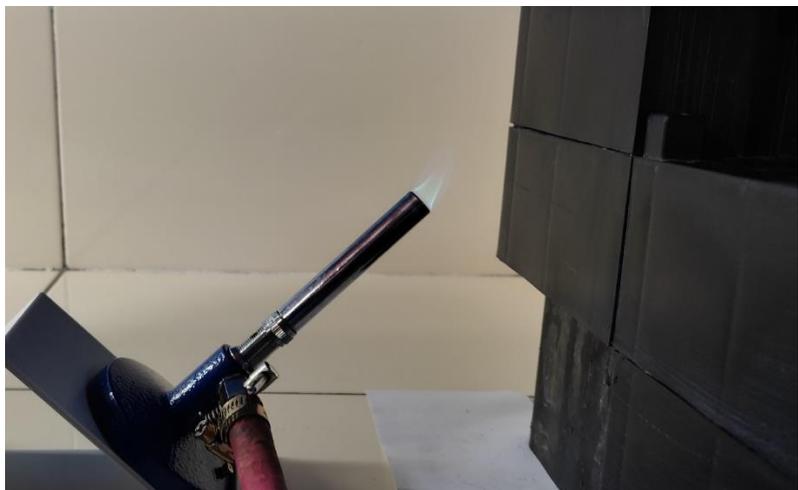
Observación: NO HAY IGNICIÓN

### RESULTADOS:

“Mediante los resultados obtenidos aplicados en la superficie y en el borde podemos considerar que debido a la aplicación de la llama en acción directa con las probetas, no hubo ignición, no hubo propagación de la llama mayor a 150mm, no hubo gotas de ignición en el papel filtro pero si hubo formación de gases de combustión y deformación superficial en las probetas por lo tanto se determina que es un producto de inflamación media debido a la ausencia de ignición. El Ensayo no intenta definir un criterio de valoración de riesgo del potencial de incendio que con lleva este producto”



1. Flama de 20mm



2. Posición de Ensayo



**Deformación Superficial en la Probeta Probeta**



**Temperatura Superficial en la**

# Moldex3D Report for Project

## **Run01 - Filling**

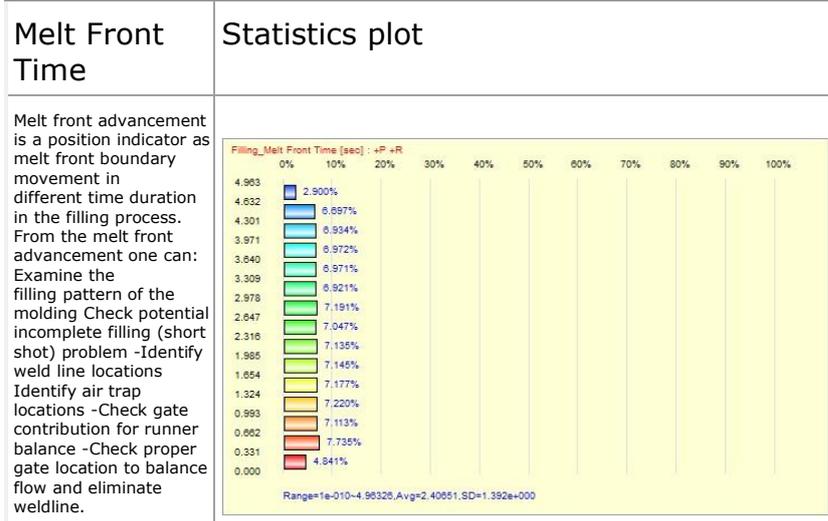
---



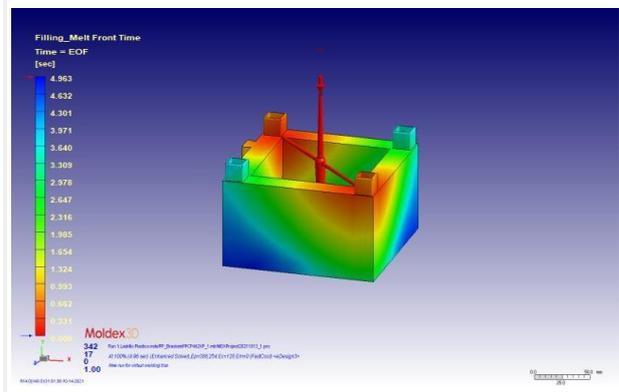
### 1. Table of content

- [Table of content](#)
- [Melt Front Time](#)
- [Melt Front Time 1](#) • [Melt Front Time 2](#) • [Melt Front Time 3](#) • [Melt Front Time 4](#) • [Melt Front Time 5](#) • [Melt Front Time 6](#) • [Melt Front Time 7](#) • [Melt Front Time 8](#)
- [Melt Front Time 9](#)
- [Melt Front Time 10](#)
- [Air Trap](#)
- [Weld Line](#)
- [Weld Line Meeting Angle](#)
- [Weld Line Temperature](#)
- [Gate Contribution](#)
- [Pressure](#)
- [Temperature](#)
- [Melt Front Temperature](#)
- [Velocity Vector](#)
- [Welding Angle](#)
- [Frozen Layer Ratio](#)
- [Max. Temperature](#)
- [Center Temperature](#)
- [Average Temperature](#)
- [Bulk Temperature](#)
- [Max. Volume Shrinkage](#)
- [Average Velocity Vector](#)
- [Filling-Animation](#)
- [XY Sprue Pressure](#)
- [XY Clamping Force](#)
- [XY Flow Rate](#)
- [XY Volume Fraction](#)
- [XY Total Weight](#)
- [XY Cavity Weight#1](#)
- [XY Flow Rate Gate 1-1](#)
- [XY Flow Rate Gate 1-2](#)

## 2. Melt Front Time

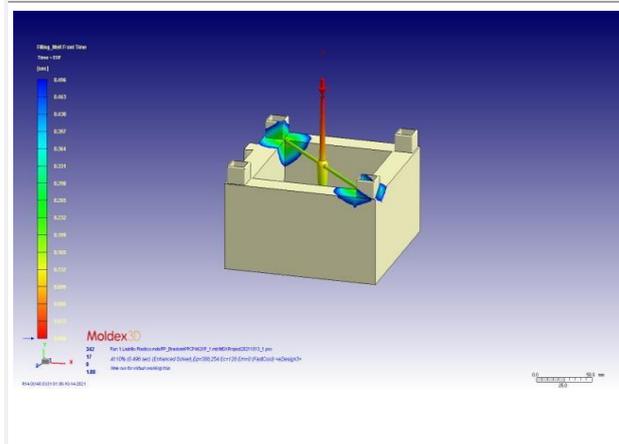


## Melt Front Time



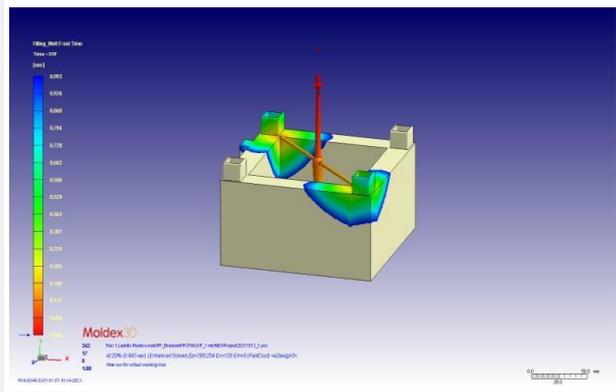
## 3. Melt Front Time\_1

### Melt Front Time ( 10% )



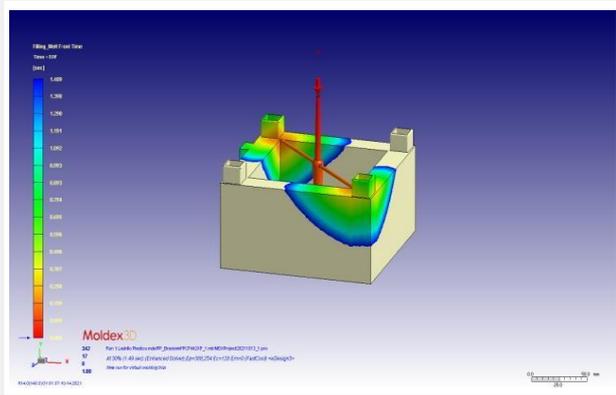
#### 4. Melt Front Time\_2

##### Melt Front Time ( 20% )



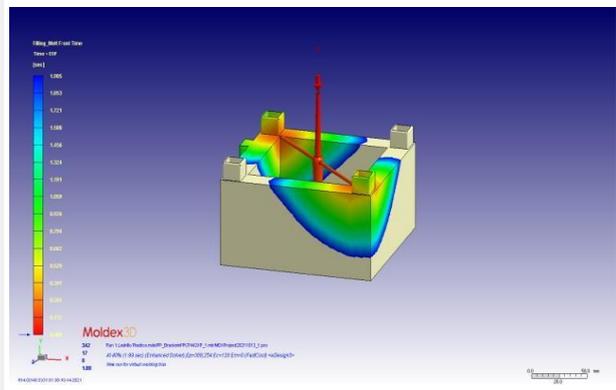
#### 5. Melt Front Time\_3

##### Melt Front Time ( 30% )



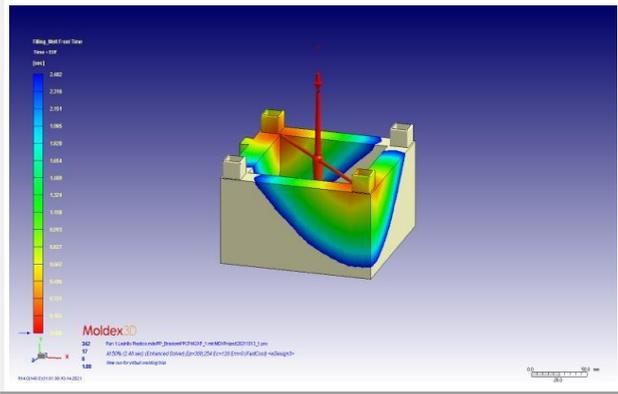
#### 6. Melt Front Time\_4

##### Melt Front Time ( 40% )



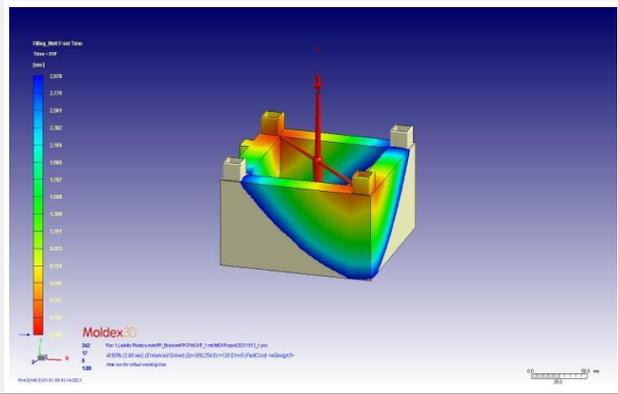
### 7. Melt Front Time\_5

#### Melt Front Time ( 50% )



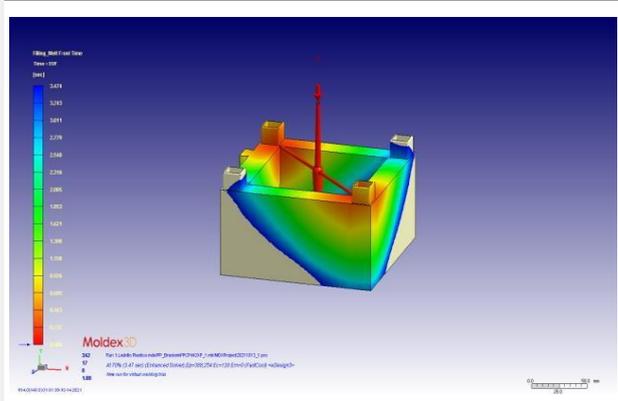
### 8. Melt Front Time\_6

#### Melt Front Time ( 60% )



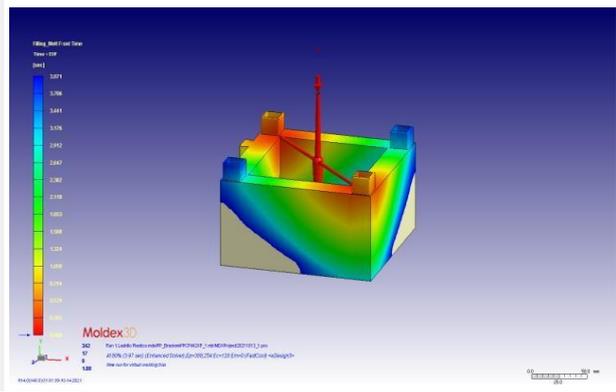
### 9. Melt Front Time\_7

#### Melt Front Time ( 70% )



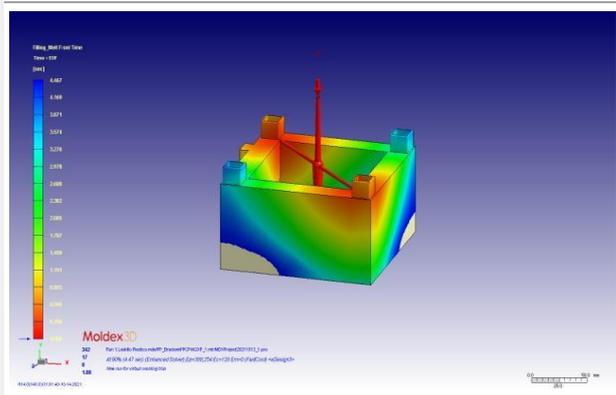
### 10. Melt Front Time\_8

#### Melt Front Time ( 80% )



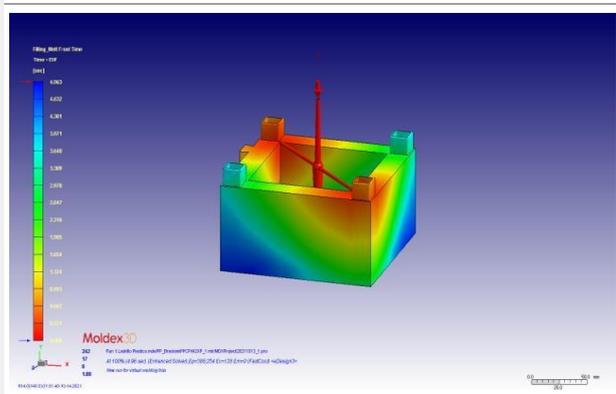
### 11. Melt Front Time\_9

#### Melt Front Time ( 90% )

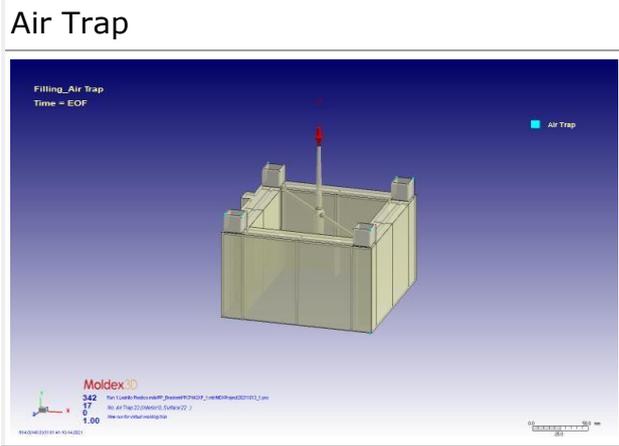


### 12. Melt Front Time\_10

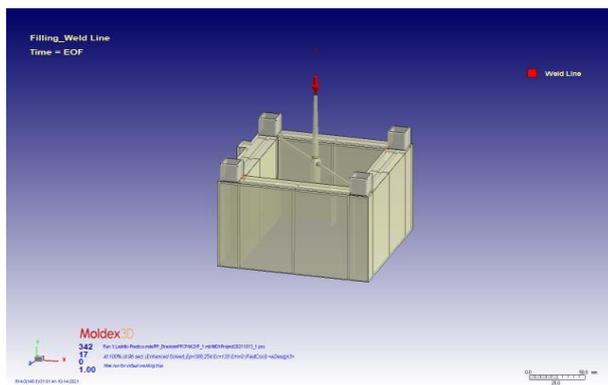
#### Melt Front Time ( 100% )



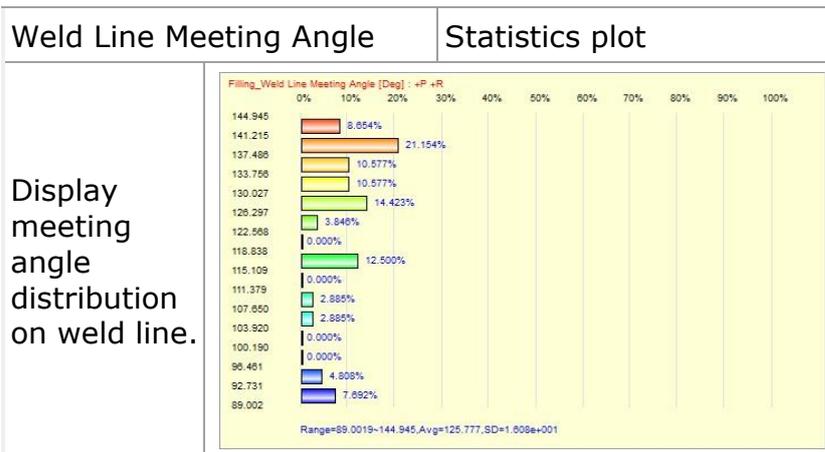
### 13. Air Trap



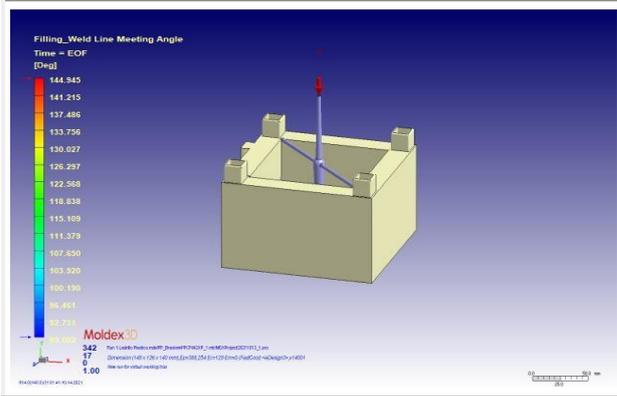
### 14. Weld Line



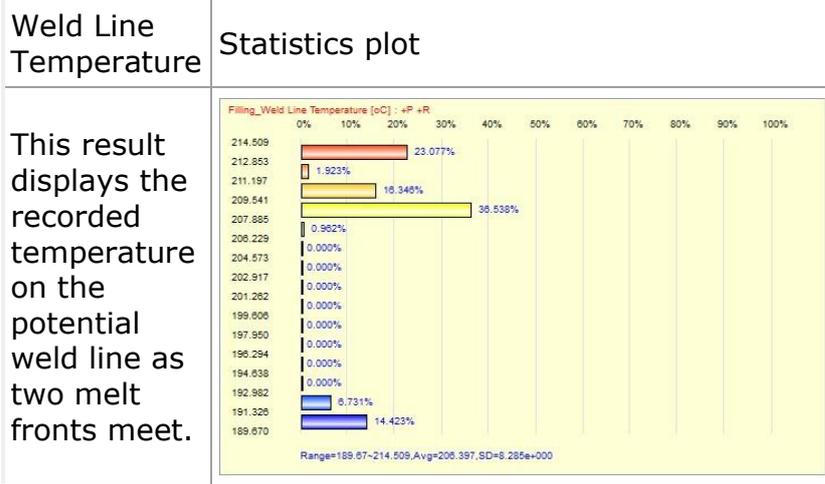
### 15. Weld Line Meeting Angle



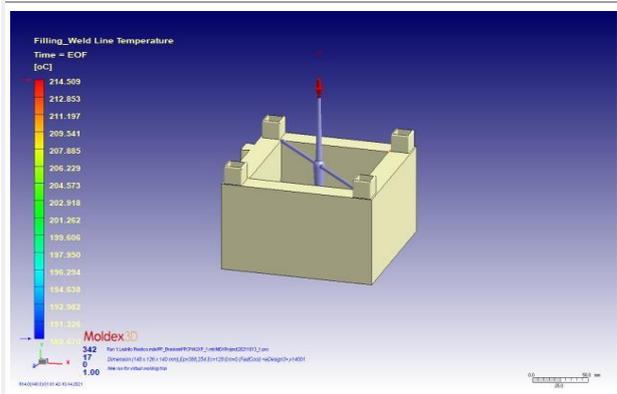
## Weld Line Meeting Angle



## 16. Weld Line Temperature

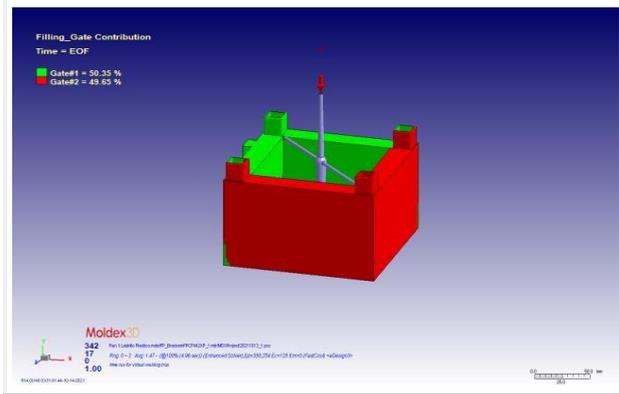


## Weld Line Temperature

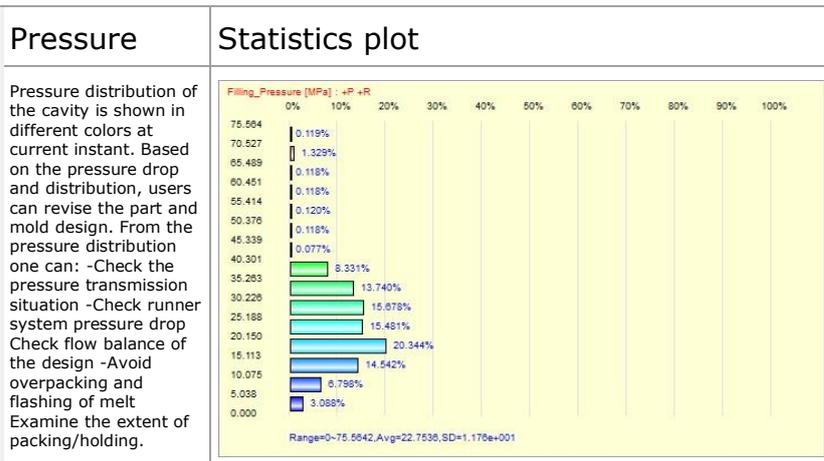


## 17. Gate Contribution

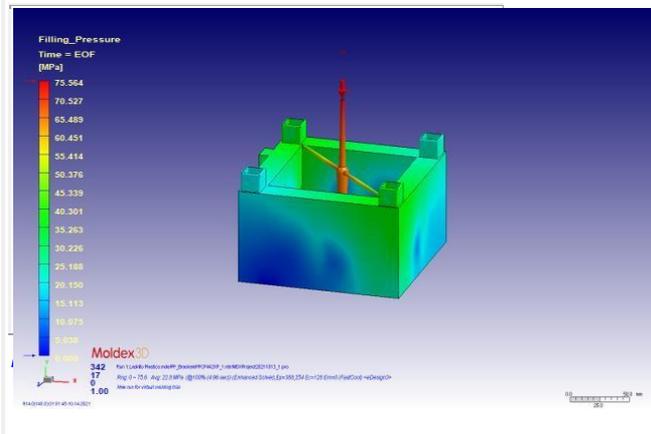
### Gate Contribution



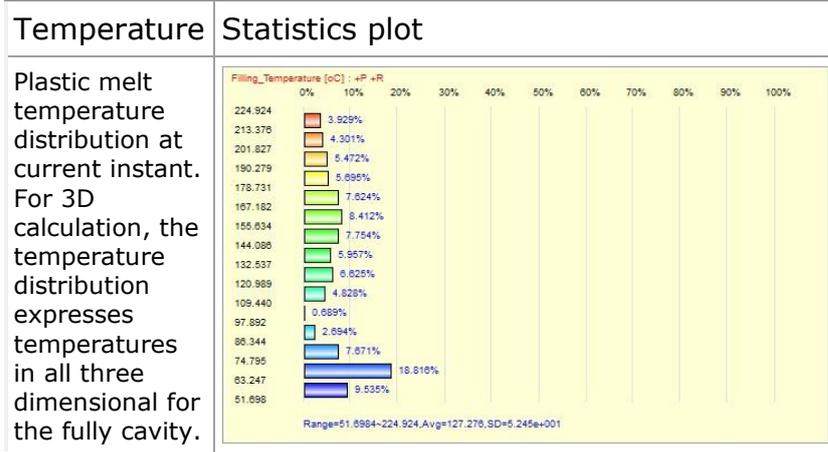
## 18. Pressure



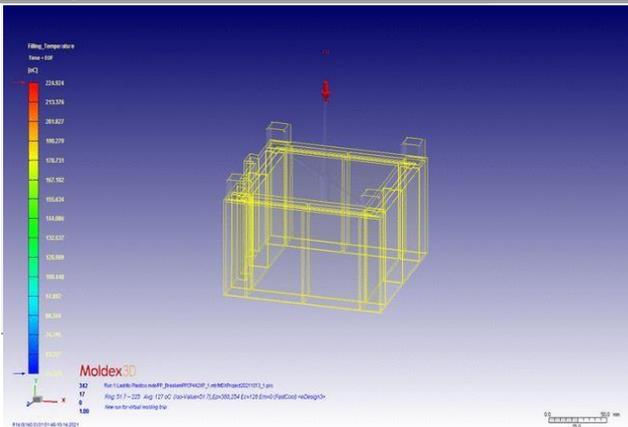
## Pressure



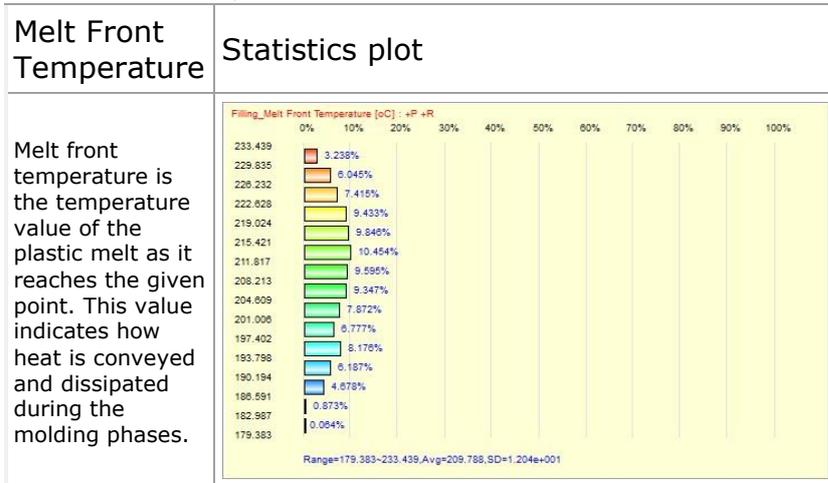
## 19. Temperature



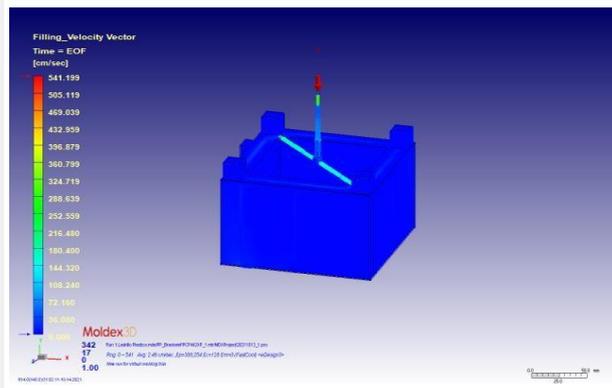
## Temperature



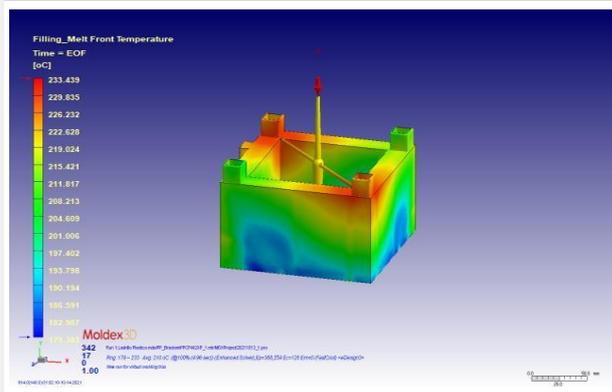
## 20. Melt Front Temperature



## Velocity Vector



## Melt Front Temperature

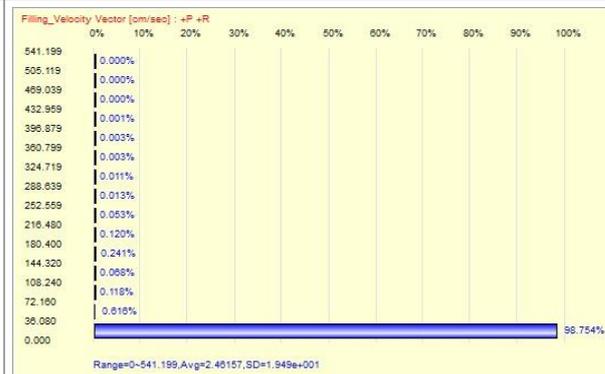


## 21. Velocity Vector

Velocity Vector

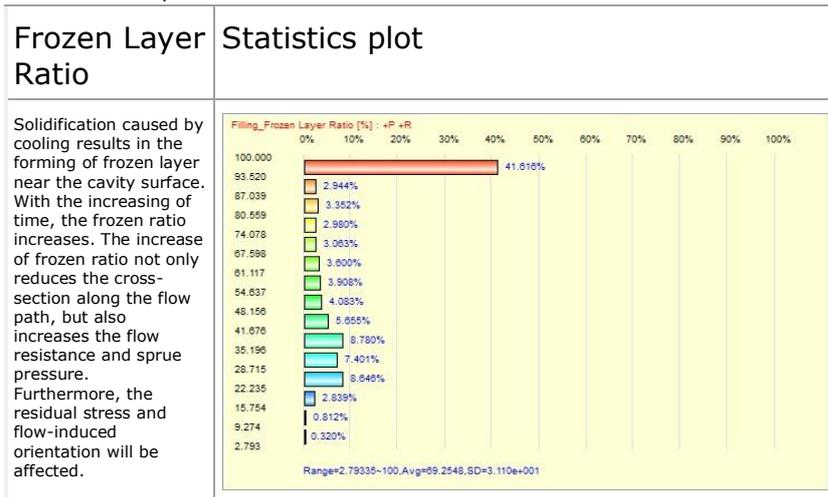
Statistics plot

Velocity vector is the vector plot of the velocity vector at current instant.

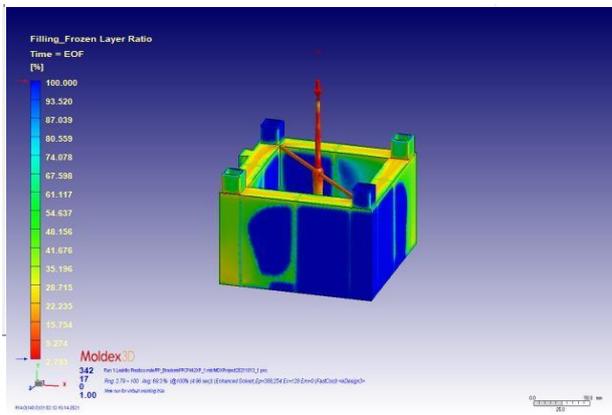




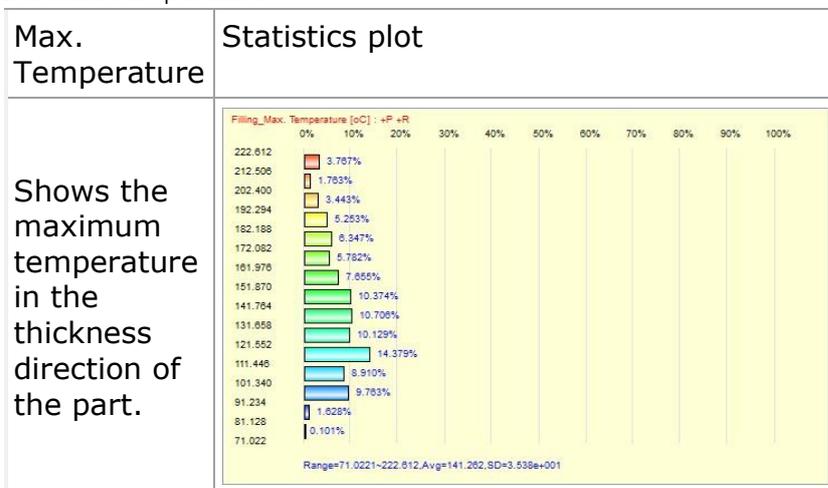
### 23. Frozen Layer Ratio



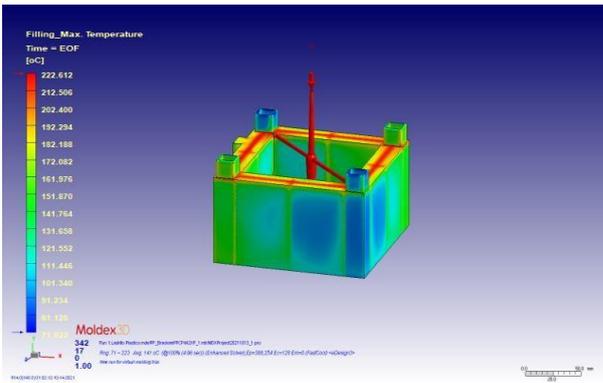
### Frozen Layer Ratio



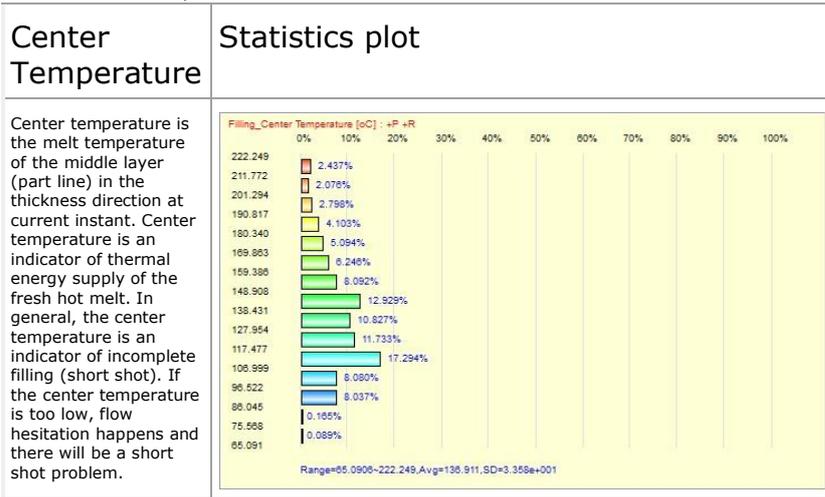
### 24. Max. Temperature



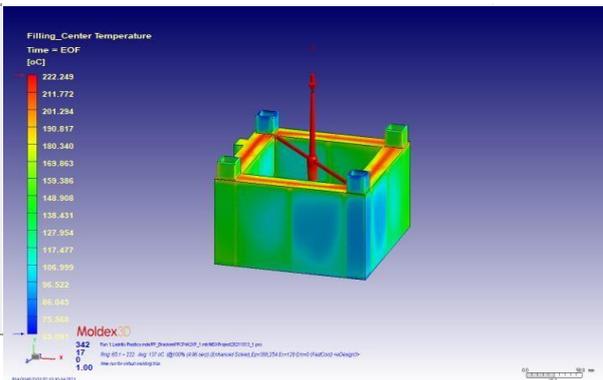
### Max. Temperature



## 25. Center Temperature



## Center Temperature

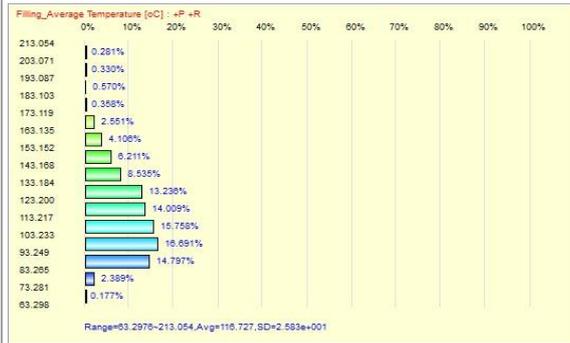


## 26. Average Temperature

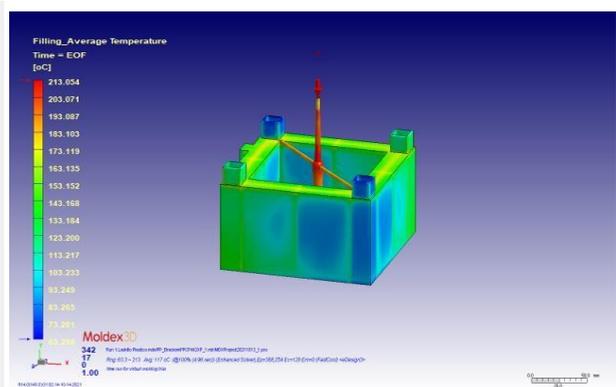
## Average Temperature

Average temperature is the averaged temperature across the part thickness at current instant. It considers the effect of mold cooling and viscous heating of melt. Therefore, average temperature is representative for the part temperature. This data can be used to check the combined effect of viscous heating of polymer melt and mold cooling. One should examine if there is any hot spot that will cause burning problem and the possibility of short shot due to flow hesitation

## Statistics plot



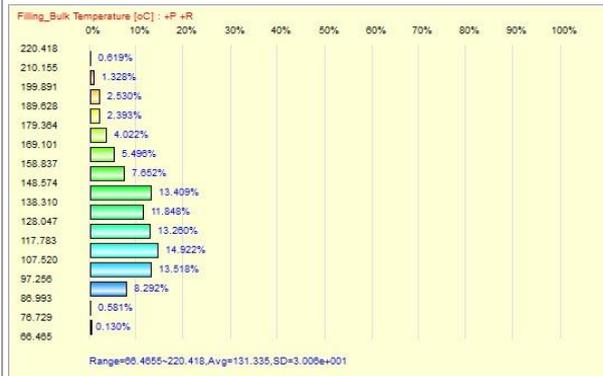
## Average Temperature



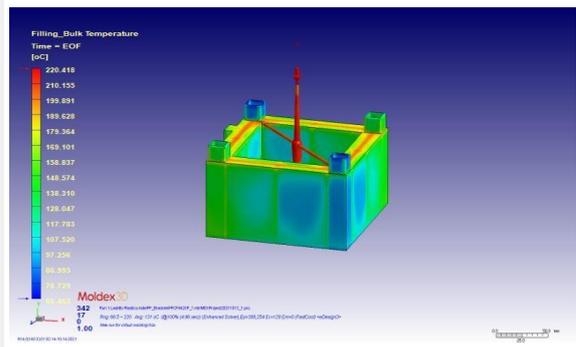
## Bulk Temperature

Bulk temperature is a velocityweighted averaged temperature of plastic melt across the thickness at current instant. The contribution from frozen layer that is stationary is ignored in this data. The effect of heat convection and viscous heating can be displayed from this data. Therefore, it can apparently demonstrate how heat convection affects the melt temperature and the temperature distribution of hesitation area and viscous

## Statistics plot



## Bulk Temperature

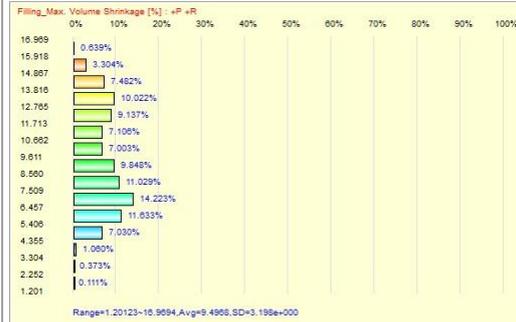


## 28. Max. Volume Shrinkage

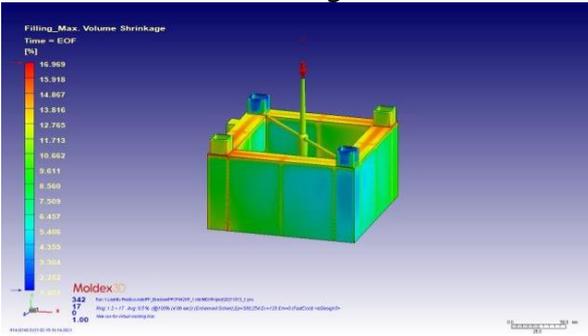
### Max. Volume Shrinkage

Shows the maximum volume shrinkage across the part thickness at current instant. High positive value represents big volume shrinkage, which may lead to sink mark or void.

### Statistics plot



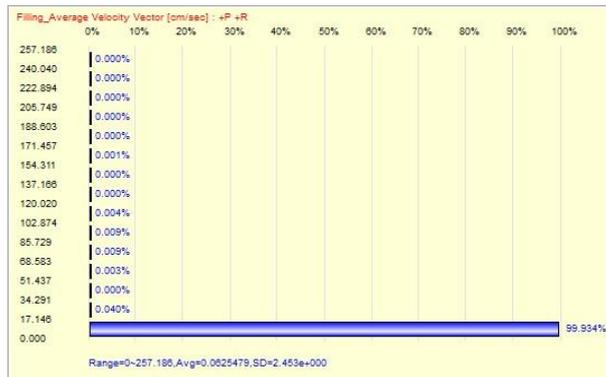
### Max. Volume Shrinkage



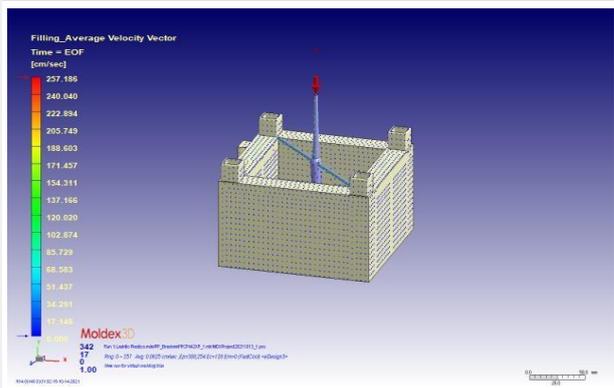
### Average Velocity Vector

Show the averaged velocity across the part thickness at current instant.

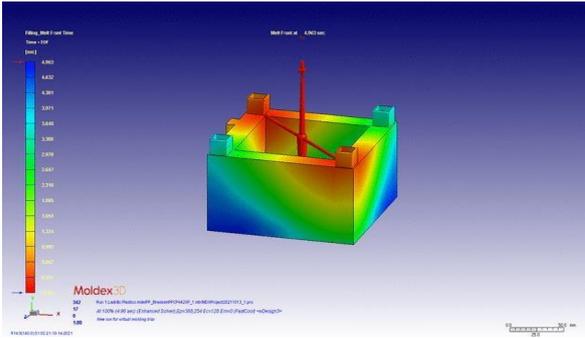
### Statistics plot



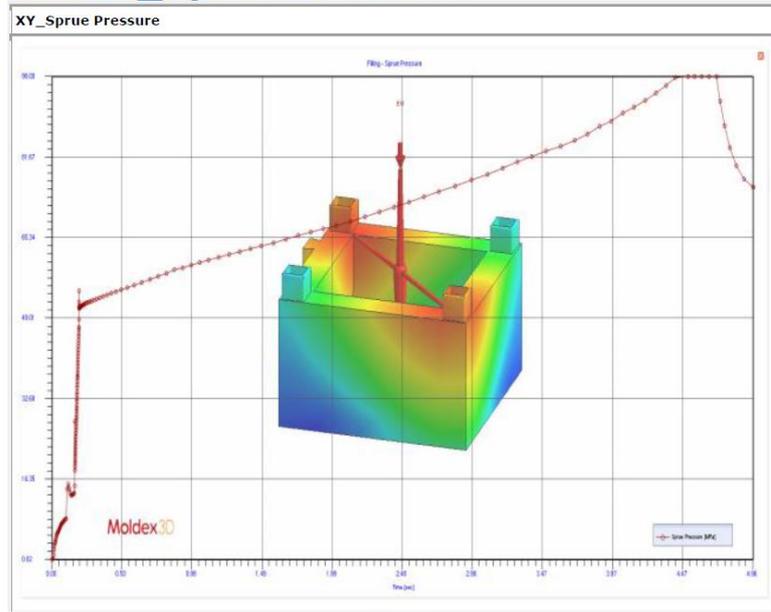
### Average Velocity Vector



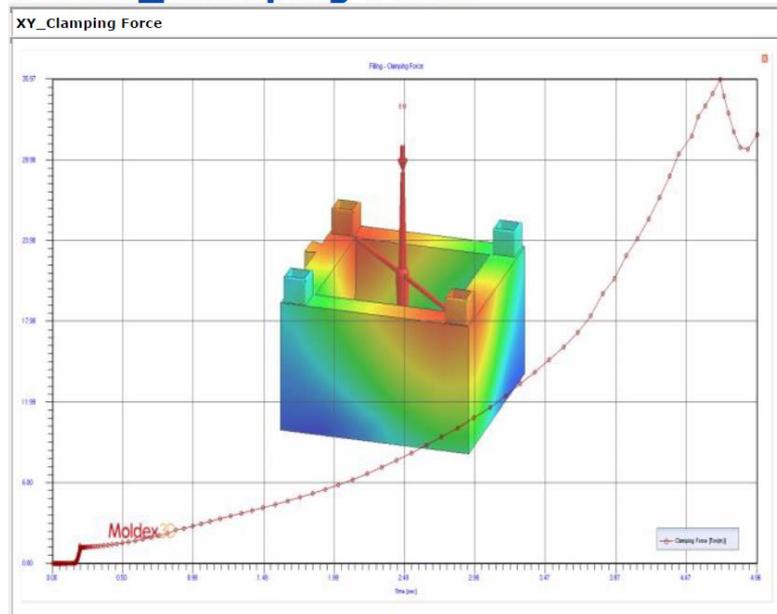
### 30. Filling-Animation



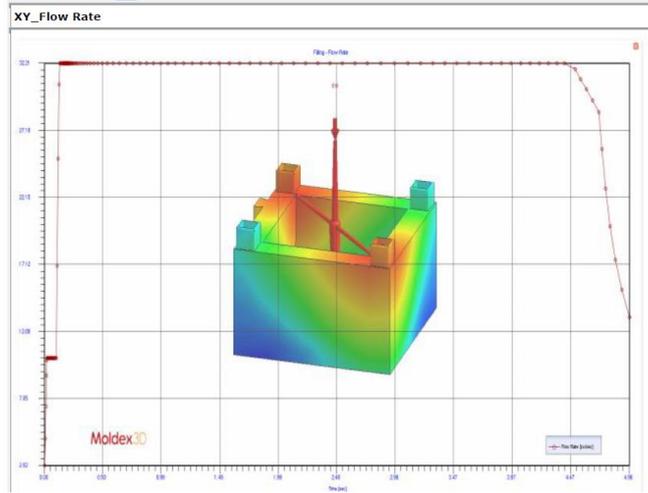
### 31. XY\_Sprue Pressure



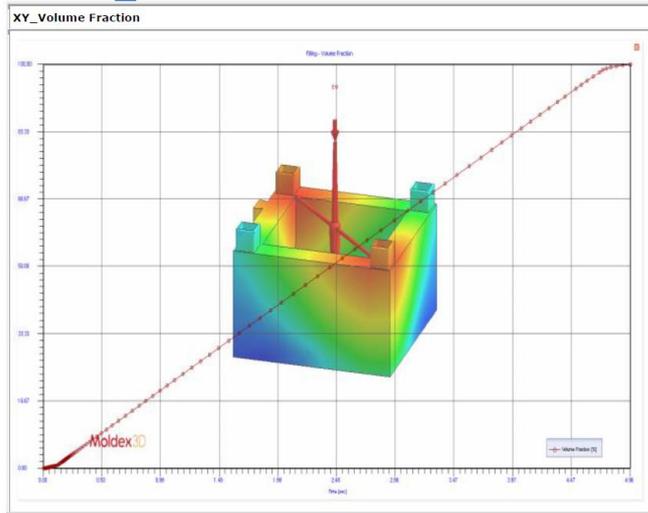
### 32. XY\_Clamping Force



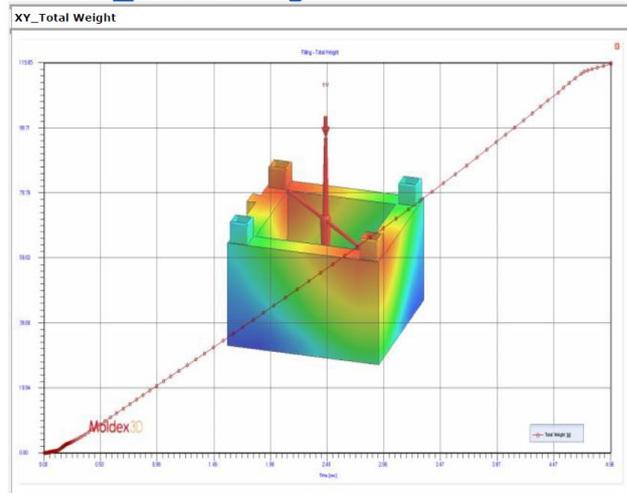
### 33. XY\_Flow Rate



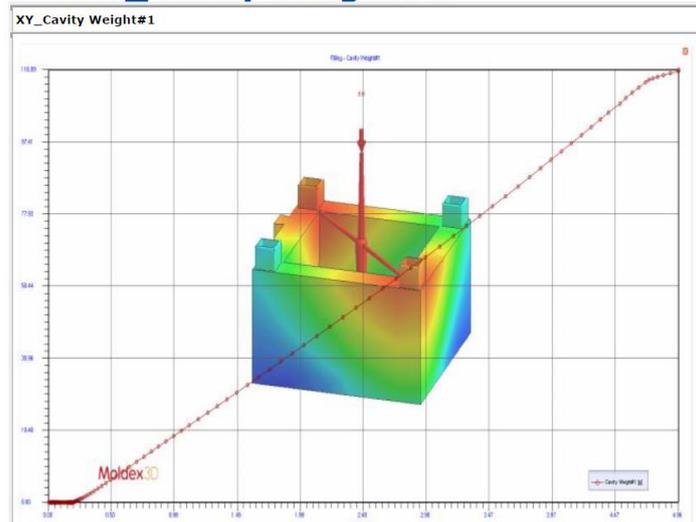
### 34. XY\_Volume Fraction



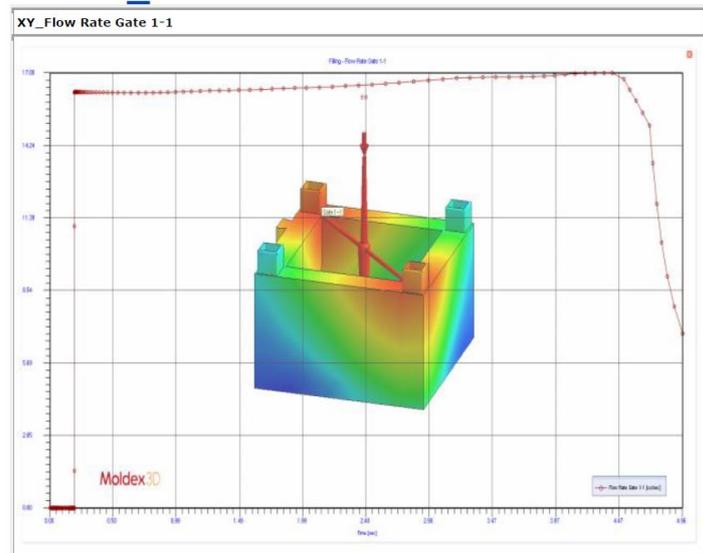
### 35. XY\_Total Weight



### 36. XY\_Cavity Weight#1



### 37. XY\_Flow Rate Gate 1-1



### 38. XY\_Flow Rate Gate 1-2

