



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA:

**“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y ELABORACIÓN
DE UN VASO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”**

AUTORES: Julio Armando López Yánez

Jorge Raúl Tasigchana Chango

TUTOR: Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

AMBATO – ECUADOR

Junio – 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y ELABORACIÓN DE VASO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”**, elaborado por los señores Julio Armando López Yáñez portador de la cédula de ciudadanía: Cl. 180443115-1 y Jorge Raúl Tasigchana Chango portador de la cédula de ciudadanía: Cl. 180394403-0, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2022

Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Julio Armando López Yánez con C.I. 1804431151 y Jorge Raúl Tasigchana Chango con C.I. 1803944030 declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y ELABORACIÓN DE VASO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2022

.....
Julio Armando López Yánez
C.I.180443115-1
AUTOR

.....
Jorge Raúl Tasigchana Chango
C.I. 180394403-0
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de nuestro Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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

Ambato, Junio 2022

.....
Julio Armando López Yánez

C.I.180443115-1

AUTOR

.....
Jorge Raúl Tasigchana Chango

C.I. 180394403-0

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Julio Armando López Yáñez y Jorge Raúl Tasigchana Chango de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y ELABORACIÓN DE VASO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”**.

Ambato, Junio 2022

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui
Miembro Calificador

.....
Ing. Mg. Oscar Ivan Analuiza Maiza
Miembro Calificador

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Tasigchana y Nancy Chango quienes son los pilares fundamentales en mi vida ya que sin su apoyo no hubiera hecho realidad mis sueños. Sus consejos y sabiduría me dieron la fuerza para culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermano Bryan, mi tía Mercedes, por sus consejos y aspiraciones que prospere en la vida.

A mi hija Camila Katherine quien ha sido mi motivación diaria y ha esperado este ansioso momento, compartiendo como propio cada logro en mi vida.

A toda mi familia y personas que me ayudaron a culminar este trabajo de titulación.

Jorge Raúl Tasigchana Chango

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo de titulación a mis padres y familiares, en especial al inmenso esfuerzo y sacrificio de mi madre Dora Elizabeth Yáñez Pintado quien es la verdadera artífice de este logro por darme la fortaleza y confianza en cada decisión que he tomado y me apoyo incondicionalmente sin dejarme en ningún momento solo y confiar siempre en mí.

A mi hija Mirely Elizabeth quien desde el momento que llego a mi vida se convirtió en mi mayor motivación para nunca darme por vencido y siempre seguir adelante.

A mi familia por sus consejos y apoyo fundamental siempre.

Julio Armando López Yáñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la prestigiosa Universidad Técnica de Ambato, a todos sus docentes ya que gracias a sus conocimientos logran que día a día sea una de las mejores universidades del país.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica por sus consejos y enseñanzas que fueron muy importantes para mi trabajo de titulación.

A mi madre Nancy Chango quien con sus consejos y apoyo ha sido pilar fundamental para llegar a este logro.

A mis amigos quienes han hecho de esta carrera universitaria una experiencia llena de alegrías, aprendizaje y apoyo mutuo.

Jorge Raúl Tasigchana Chango

AGRADECIMIENTO

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, agradezco esta tesis de grado a Dios, a mi niño bendito y mi virgen del quinche, que me han acompañado y siempre me han levantado de mi continuo tropiezo, por haberme guiado en el camino del conocimiento y la sabiduría, por fortalecerme espiritualmente en los momentos de flaqueza dándome la salud y voluntad para poder llegar a cumplir mis desafíos, metas y por haberme bendecido con una gran familia e inolvidables amistades, a mis padres y toda mi familia por haberme forjado, guiado y ser mi pilar para seguir adelante.

De una manera especial también a todas las autoridades y cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, quienes hicieron posible la realización de mi tesis, y a su vez marcaron el camino para lograr terminarlo con éxito con sus enseñanzas y consejos.

A mi director de tesis Ing. Jorge Guamanquispe Mg, quien de una manera desinteresada guio con su experiencia y conocimiento el desarrollo del presente trabajo.

A mis amigos, quienes me brindaron su apoyo y amistad incondicional.

Julio Armando López Yáñez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría del trabajo de titulación	iii
Derechos de autor	iv
Aprobación del tribunal de grado	v
Dedicatoria	vi
Dedicatoria	vii
Agradecimiento	viii
Agradecimiento	ix
Índice general de contenidos	x
Índice de tablas	xiii
Índice de figuras	xv
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general:	2
1.2.2. Objetivos específicos:	2
1.3. Fundamentación teórica.....	2
1.3.1. Contaminación ambiental por plásticos	2
1.3.2. Materiales biodegradables.....	3
1.3.3. Almidón de maíz	4
1.3.4. Plásticos convencionales.....	5

1.3.5.	Empaques biodegradables.....	8
1.3.6.	Pruebas de resistencia	9
1.3.7.	Propiedades a compresión.....	10
1.3.8.	Resistencia a flexión	10
1.3.9.	Coeficiente de fricción estático y dinámico.....	11
1.3.10.	Proceso de inyección.....	11
1.3.11.	Molde de inyección	12
1.3.12.	Máquinas inyectoras.....	14
1.3.13.	Almidón de maíz	17
CAPÍTULO II.....		18
METODOLOGÍA		18
2.1.	Métodos.....	18
2.1.1.	Tipo de investigación	18
2.1.2.	Método de investigación	18
2.2.	Etapas de desarrollo del proyecto técnico	19
2.3.	Parámetros preliminares para obtención del almidón de maíz y desarrollo del material biodegradable.....	22
2.4.	Desarrollo del material biodegradable con base de almidón de maíz	25
2.5.	Selección del material biodegradable.....	31
2.6.	Elaboración de los ítems de ensayo.....	32
2.7.	Determinación de las propiedades mecánicas del material	33
2.8.	Diseño del modelo para vasos en material biodegradable con base de almidón de maíz.....	33
2.8.1.	Diseño de vaso 1	33
2.8.2.	Diseño de vaso 2	34
2.8.3.	Diseño de vaso 3	34

2.9. Proceso de inyección del material biodegradable	35
CAPÍTULO III	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
3.1. Análisis y discusión de los resultados	38
3.1.1. Resultados del desarrollo de láminas biodegradables con base de almidón de maíz	38
3.1.2. Especificaciones técnicas de láminas de material biodegradable a partir de almidón de maíz.....	42
3.1.3. Especificaciones técnicas del producto	49
3.1.4. Diseño del molde para inyección	50
3.1.4.1. Datos de la pieza a inyectar.....	50
3.1.4.2. Cálculo de la fuerza de cierre.....	53
3.1.4.3. Selección de materiales	55
3.1.4.4. Cálculo del cono del bebedero	58
3.1.4.5. Resistencia de los expulsores al pandeo	60
3.1.4.6 Selección de resortes poliméricos para expulsión del producto terminado.....	61
3.1.4.7 Tiempo de enfriamiento	63
3.1.4.8. Molde y producto obtenido	67
3.1.5 Comparación con otros materiales útiles en la fabricación de vasos existentes en el mercado.....	68
CAPÍTULO IV	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
4.1 Conclusiones.....	74
4.2 Recomendaciones.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77

ANEXOS	82
--------------	----

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Características de los diferentes tipos de maíz	5
Tabla 2: Tipos de plástico	6
Tabla 3: Ejemplos de tiempos de degradación de plásticos	8
Tabla 4: Resumen de actividades para la fabricación de material biodegradable a partir de almidón de maíz.	30
Tabla 5: Composición de láminas de almidón de maíz.	32
Tabla 6: Resultados de las láminas del material biodegradable.	38
Tabla 7: Tasas de combustión del material Plástico vegetal en base de maíz	42
Tabla 8: Tasas de combustión del material plástico polipropileno	43
Tabla 9: Resumen probetas Plástico vegetal en base de almidón de maíz	45
Tabla 10: Resultados probetas Polipropileno	46
Tabla 11: Resultados de ensayos a tracción en probetas de plástico vegetal con base en almidón de maíz	48
Tabla 12: Resultados de ensayos a tracción en probetas de polipropileno	48
Tabla 13: Especificaciones técnicas del plástico vegetal con base en almidón de maíz.	49
Tabla 14: Especificaciones técnicas Milacron a-s110iA	52
Tabla 15: Propiedades mecánicas acero AISI 1045	56
Tabla 16: Propiedades mecánicas acero AISI 1020	56
Tabla 17: Propiedades mecánicas del poliuretano	57
Tabla 18: Propiedades del acero AISI P20 para moldes	57
Tabla 19: Propiedades obtenidas experimentalmente de un polímero a base de almidón de maíz	64

Tabla 20: Tabla comparativa del polímero a base de almidón de maíz con el polipropileno.	68
Tabla 21: Resumen de los diferentes ensayos reportados por normas y manuales nacionales e internacionales para envases de plástico	69
Tabla 22: Protocolo para el control de calidad de rutina de materiales y envases de plástico	70
Tabla 23: Rangos de tolerancia para la prueba de determinación de peso	72
Tabla 24: Pesos de vasos de almidón de maíz y polipropileno.....	72
Tabla 25: Dimensiones de los diferentes vasos de polipropileno y almidón de maíz.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Toneladas anuales de producción de plástico	3
Figura 2: Crecimiento en la producción mundial de plásticos entre 1950 y 2014.....	3
Figura 3: Materiales biodegradables	4
Figura 4: Envase con base de yuca.	9
Figura 5: Ensayos a tracción del plástico	9
Figura 6: Ensayo de compresión.....	10
Figura 7: Resistencia a la flexión.....	10
Figura 8: Coeficiente de fricción estático y dinámico	11
Figura 9: Inyectora de plásticos	12
Figura 10: Molde de inyección plástica	13
Figura 11: Ejemplos de implementos plásticos	13
Figura 12: Máquina de inyección plástica	15
Figura 13: Unidad de potencia	16
Figura 14: Sistema de control máquina inyectora.	16
Figura 15: Empaques con fécula de maíz	17
Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de desarrollo del producto con material biodegradable.	19
Figura 17: Producción del bioplástico	23
Figura 18: Proceso de extracción de almidón	24
Figura 19: Maíz blanco 100 gr.....	26
Figura 20: Maíz en remojo.	26
Figura 21: Proceso de molienda.....	27
Figura 22: Separación de líquidos y sólidos.	27
Figura 23: Sedimentación de almidón.	28
Figura 24: Succión de agua.....	28

Figura 25: Almidón de maíz deshidratado.....	29
Figura 26. Diagrama secuencial del proceso de obtención del material biodegradable a partir de almidón de maíz.....	30
Figura 27: Diseño de vaso biodegradable #1.....	33
Figura 28: Diseño de vaso biodegradable #2.....	34
Figura 29: Diseño de vaso biodegradable #3.....	34
Figura 30: Unidad de inyección de polímeros	35
Figura 31: Ciclo de Inyección	36
Figura 32: Ensayo de inflamabilidad vaso plástico Polipropileno.	43
Figura 33: Muestra de plástico de polipropileno y plástico vegetal con base en almidón de maíz en compostaje.	44
Figura 34: Muestra de plástico de polipropileno y plástico vegetal con base en almidón de maíz en agua estancada.	45
Figura 35: Probetas para ensayos de tracción en probetas de plástico vegetal con base en almidón de maíz.	47
Figura 36: Probeta de ensayos de tracción en polipropileno.	47
Figura 37: Peso del vaso biodegradable.	50
Figura 38: Desarrollo del área proyectada del vaso.....	50
Figura 39: Esquema de desmolde del vaso.....	54
Figura 40: Geometría interior del bebedero.....	59
Figura 41: Diagrama de cuerpo libre del expulsor.	60
Figura 42: Diagrama de cuerpo libre del resorte del mecanismo expulsor.	62
Figura 43: Cálculo de la flecha del resorte (Distancia de expulsión).	62
Figura 44: Entalpía específica PLA	65
Figura 45: Diseño del Molde	67
Figura 46: Molde y vaso obtenidos.	67

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se detalló el proceso para la obtención de láminas del material biodegradable, se realizaron pruebas para darle un uso final al material con la fabricación de vasos.

Para la obtención del almidón de maíz se remojo el maíz tierno durante ocho horas, para dar paso al lavado y molienda húmeda, el resultado se dejó en reposo durante 24 horas sedimentando el almidón para retirar el agua y residuos, el almidón se deja reposar para que se elimine la humedad restante y al secarse obtener almidón de maíz.

El proceso para la fabricación de láminas de almidón de maíz se consiguió con la mezcla de almidón de maíz tierno, añadiendo aglutinantes, glicerina, ácido acético, agua destilada y calentándola hasta lograr una colada uniforme.

Las muestras obtenidas se enviaron a los laboratorios para los ensayos de tracción, inflamabilidad y dureza, con los datos se presentó la tabla de propiedades para el vaso plástico vegetal en base de almidón de maíz. Para la producción del vaso se implementó un diseño del vaso mediante un software CAD y el desarrollo de un molde para inyección del material.

Se concluyó con la entrega de la ficha técnica en la que se incluye la descripción del producto, aplicaciones y datos técnicos como la tasa de combustión que es de 117,43 mm/min, una dureza shore D 73,85 esfuerzo máximo a la tracción 16,85 MPa, módulo de elasticidad 756,439 MPa con un porcentaje de elongación 3,60 por ciento.

Palabras clave: Material biodegradable, Almidón de maíz, Plástico vegetal, Vaso desechable y Molde de inyección.

ABSTRACT

In this technical project the process for obtaining sheets of the biodegradable material was detailed, tests were carried out to give a final use to the material with the manufacture of glasses.

To obtain the corn starch, the tender corn was soaked for eight hours, to give way to washing and wet grinding, the result was left at rest for 24 hours, the starch settling to remove water and residues, the starch was left to rest to that the remaining humidity is eliminated and when it dries to obtain cornstarch.

The process for the manufacture of corn starch sheets was achieved with the mixture of tender corn starch, adding binders, glycerin, acetic acid, distilled water and heating it until obtaining a uniform casting.

The samples obtained were sent to the laboratories for tensile, flammable and hardness tests, with the data the properties table for the vegetable plastic cup based on corn starch was presented. To produce the cup, a design of the glass was implemented using CAD software and the development of a mold for injection of the material.

It concluded with the delivery of the technical sheet which includes the description of the product, applications and technical data such as the combustion rate which is 117,43 mm / min, a shore hardness D 73.85 maximum effort at the tensile 16,85 MPa, modulus of elasticity 756,439 MPa with a percentage of elongation 3.60 percent.

Keywords: Biodegradable Material, Corn Starch, Plant Plastic, Disposable Cup and Injection Mold.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

En la Universidad Nacional autónoma de México, Tomas Hernández presenta la tesis titulada “Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables” en el cual concluye que “La biodegradación de los envases de almidón de maíz es favorables a la degradación en suelo neutro, ácido y composta” [1].

En la tesis de grado de Blanca Gonzaba en la Universidad Estatal Península de Santa Elena se presenta bajo el tema “Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de vasos y contenedores térmicos a base de maíz en la provincia de Santa Elena” concluye que “Mediante la introducción del producto al mercado se mejorar la calidad ambiental ya que son productos biodegradables” [2].

En la revista Colon ciencias tecnologías y negocios Adriana Avellán, Dayana Díaz, Angie Mendoza. María Zambrano y Yuli Zambrano defendieron en el año 2020 el artículo que titula “Obtención de bioplástico a partir de almidón de Maíz” que indica que “El almidón de maíz es un 89,4 % más biodegradable que el plástico para un periodo de 42 días de experimentación, siendo el ultimo muy satisfactorio comparada con los rendimientos internacionales” [3].

En México en el instituto Politécnico Nacional, Diego Maya presenta la tesis “Estudio y aplicación de almidón de maíz” en la que determinan la temperatura de elongación y el índice de degradabilidad que tiene en comparación con el plástico tradicional, también estudian la degradación a altas temperaturas [4].

García L. en la Universidad de Piura presenta “Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz” [5], que indica en sus conclusiones la contaminación ambiental causada por los plásticos convencionales y sus derivados, y concluye también que las bandejas biodegradables a partir de la fécula de maíz es

una alternativa que contribuye al medio ambiente y deja el diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

Elaborar un vaso biodegradable de 8 oz que tenga como base almidón de maíz.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Detallar el proceso adecuado para la obtención del material biodegradable.
- Realizar pruebas necesarias para determinar las propiedades del material.
- Especificar el proceso utilizado en la elaboración de un vaso biodegradable.
- Diseñar un molde y construir una matriz para realizar la inyección del vaso.
- Realizar pruebas de aceptación del producto.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Contaminación ambiental por plásticos

En la revista “La nueva economía de los plásticos, repensar el futuro de los plásticos” desarrollado por el foro económico mundial, reconoce que los plásticos son elementos que están en la economía global y ofrecen beneficios en su tiempo de vida, este foro también señala que los envases plásticos en su mayoría son de un solo uso, para el 2050 las estadísticas indican que el océano tendrá más plástico que peces en peso, en la Figura 1 se muestra la producción anual de plásticos y la distribución porcentual del destino final de los desechos que se generan a partir de estos [6].

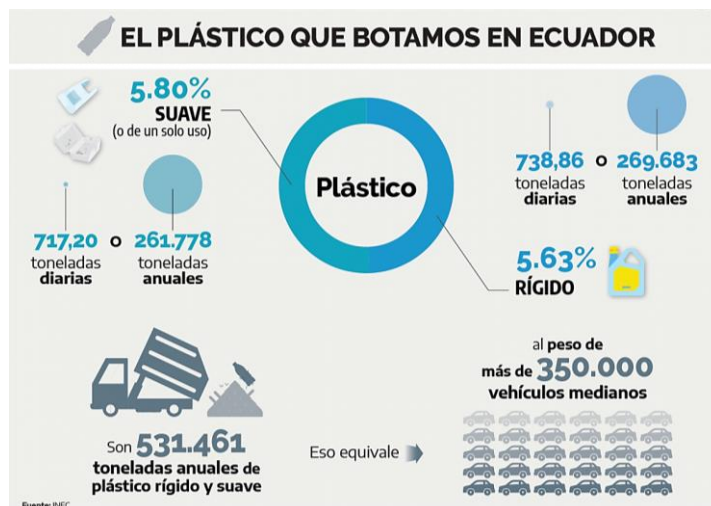


Figura 1: Toneladas anuales de producción de plástico [6].

En el Foro Económico Mundial y la Fundación Ellen indican que el crecimiento en el consumo del plástico entre el año 1950 y 2014 aumentó veinte veces, con una tendencia similar para los próximos años, como se muestra en la Figura 2.

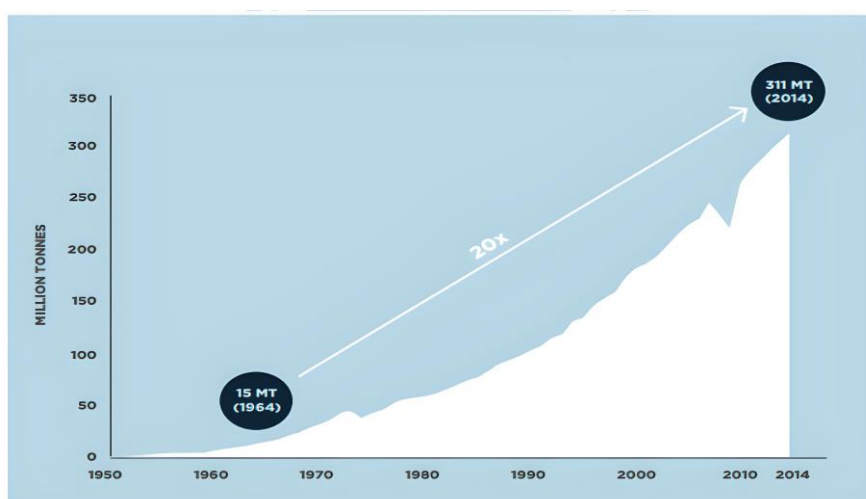


Figura 2: Crecimiento en la producción mundial de plásticos entre 1950 y 2014 [7].

1.3.2. Materiales biodegradables

Son aquellos que en su composición se presenta la mayor parte de origen natural, suelen ser orgánicos o contienen elementos de este tipo en su mayor porcentaje de composición, estos materiales se pueden degradar con facilidad o se reciclan sin necesidad de la intervención de la parte humana [8].

El material biodegradable bajo el sol, la lluvia, humedad y temperaturas aceleran su degradación, las bacterias pueden ser un agente que ayuda en su gran parte a su descomposición para desaparecer en el ecosistema sin causar cambios o daños. En la Figura 3 se presenta el proceso de degradación de estos materiales [8].

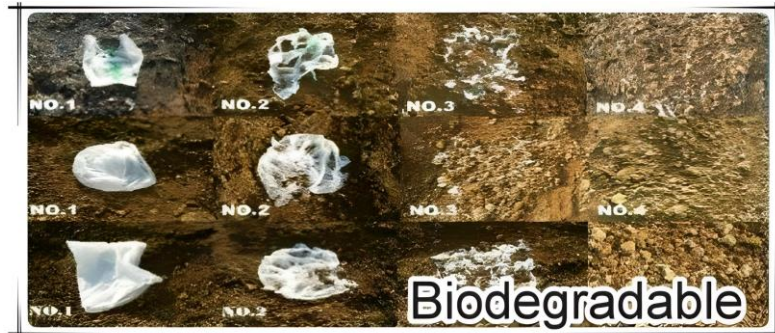


Figura 3: Materiales biodegradables [8].

Existen varios parámetros que se derivan de la importancia del uso de los materiales biodegradable, entre los más representativos se puede nombrar a los siguientes:

- No afecta al medio ambiente.
- Tiene el mismo fin que los plásticos comunes.
- Producidos con materiales naturales, no alergénicos para los humanos.
- No contamina suelo, agua o medio ambiente.
- Sirven de alimento para la tierra, consumen las plastas.
- Los productos son del mismo precio o a su vez un poco menor del precio [8].

1.3.3. Almidón de maíz

El maíz también llamado ZEA MAYS, de la familia de las gramíneas, tiene sus inicios hace 12 mil años, este producto es un cereal que actualmente es el más cultivado en el mundo [9].

En la Tabla 1 se presentan diferentes características de disponibilidad y usos de la materia prima de los diferentes tipos de maíces que se producen en el Ecuador. De acuerdo con el tipo de maíz se puede obtener almidón de diferentes tipos.

Tabla 1: Características de los diferentes tipos de maíz [9].

TIPOS DE MAÍZ	CARACTERÍSTICAS
MAÍZ DURO	<ul style="list-style-type: none">• Mazorca conformada por granos duros y redondos.• Grano en su mayoría contiene almidón.• Sembrado en climas fríos y húmedos.• Fuerte y resistente a plagas.• Utilizada para la elaboración de la Maicena o fécula de maíz.
MAÍZ DULCE	<ul style="list-style-type: none">• El proceso de cultivo es más susceptible a plagas.• Granos son relativamente blandos.
MAÍZ REVENTADOR O REVENTÓN	<ul style="list-style-type: none">• Grano redondo y duro.• Su uso principal es el de palomitas de maíz.
MAÍZ DENTADO	<ul style="list-style-type: none">• Maíz que más se cultiva.• Grano está compuesto por más almidón blando que los maíces duros.• tiende a ser susceptible a enfermedades.
MAÍZ HARINOSO	<ul style="list-style-type: none">• Granos más blandos.• uso principal es en la alimentación humana.• su cultivo es muy débil.
TIPO DE MAÍZ CEROSO	<ul style="list-style-type: none">• Grano ceroso y un poco opaco.• Es utilizado como alimento.• Constituido por amilo pectina.• Útil para deportistas ya que es un elemento que el organismo humano absorbe rápido, evitando así molestias estomacales.

1.3.4. Plásticos convencionales

Los plásticos son elementos compuestos por celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y por supuesto el petróleo, entre otros, tienen las propiedades variadas que pueden ser usadas desde el ámbito alimenticio hasta el ámbito de la industria. Su fabricación varía de acuerdo con el fin que se lo necesite [10]. Una clasificación de los principales plásticos se la muestra a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2: Tipos de plástico [10].








TIPO DE PLÁSTICO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS
 <p>Polietileno Tereftalato</p>	<p>Producido a base de Ácido Tereftálico y el Etilenglicol por policondensación.</p> <p>Grado textil y botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Barrera a los gases. • Transparente. • Irrompible. • Liviano. • Impermeable. • No tóxico. • Inerte (al contenido).
 <p>Polietileno de Alta Densidad</p>	<p>Es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del Etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diferentes maneras: inyección, soplado, extrusión o roto moldeo [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente a las bajas temperaturas. • Irrompible. • Liviano. • Impermeable. • Inerte (al contenido). • No tóxico.
 <p>Policloruro de Vinilo</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: 43 % gas y 57 % sal común. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos a totalmente flexibles. Se transforma por inyección, extrusión o soplado [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ignífugo. • Resistente a la intemperie. • Transparente. • No tóxico. • Inerte (al contenido). • Impermeable. • Irrompible.
 <p>Polietileno de Baja Densidad</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, extrusión, soplado. Su transparencia, flexibilidad hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No tóxico. • Flexible. • Liviano. • Transparente. • Inerte (al contenido). • Impermeable. • Económico.

Tabla 2: Tipos de plástico [10] (Continuación).

TIPO DE PLÁSTICO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS
 Polipropileno	<p>Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inerte (al contenido). • Resistente a la temperatura (hasta 135 °C). • Barrera a los aromas. • Impermeable. • Irrompible. • Brilloso. • Liviano. • Transparente en películas. • No tóxico.
 Poliestireno	<p>PS Cristal: es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo.</p> <p>PS Alto Impacto: es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de inyección, extrusión, termoformado y soplado [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brilloso. • Ignífugo. • Liviano. • Irrompible. • Impermeable. • Inerte y no tóxico. • Transparente. • Fácil de limpiar.
 Otros Plásticos	<p>En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como Policarbonato (PC), Poliamida (PA), ABS, SAN, EVA, Poliuretano (PU), Acrílico (PMMMA) entre otros. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistentes a la corrosión. • Flexibles. • Livianos. • No tóxicos. • Altísima resistencia a la temperatura, propiedades mecánicas y productos químicos.

El uso masivo del plástico se ha dado por varias razones, entre las principales están las siguientes:

- Ahorro de energía: Esto se aplica en el transporte y fabricación de los productos al ser compactos y livianos.
- Aislante de temperatura: Aísla un gran porcentaje de la temperatura de los líquidos o solidos a temperaturas altas que se encuentren en el contenedor.
- Durabilidad: La durabilidad del plástico viene dada de acuerdo con su espesor, tipo de plástico y composición [10].

El tiempo de degradación de los plásticos o su durabilidad varía dependiendo del tipo de plástico con el que se fabrican, en la Tabla 3 se muestran unos ejemplos de productos y el tiempo de degradación.

Tabla 3: Ejemplos de tiempos de degradación de plásticos [11].

Plástico	Tiempo de degradación
Vasos de plástico	65 a 75 años
Botella de plástico	500 años
Bolsa de plástico	50 años
Cubiertos de plástico	400 años
Globos plásticos	6 meses

También se puede mencionar que el plástico es mucho más degradable frente a los productos fabricados con vidrio que se ha estudiado un tiempo promedio de degradación de 4000 años [11].

1.3.5. Empaques biodegradables

Los empaques biodegradables son recipientes fabricados con materiales de fácil desintegración, que al final de su vida útil desaparecen en el medio ambiente o se los usa para alimento al suelo y plantas [12]. Estos empaques están fabricados por materiales de origen natural en su totalidad o mayor porcentaje [12].

El grupo de investigación CYTBIA lideró un proyecto en el cual se convocó a un concurso de productos y subproductos de yuca en el desarrollo de envases o empaques para consumo y comercialización, esta iniciativa es una de las tantas que promueven los gobiernos para la aplicación de normas y conservación del planeta. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la aplicación de los biopolímeros a base de yuca para la elaboración de envases [12].

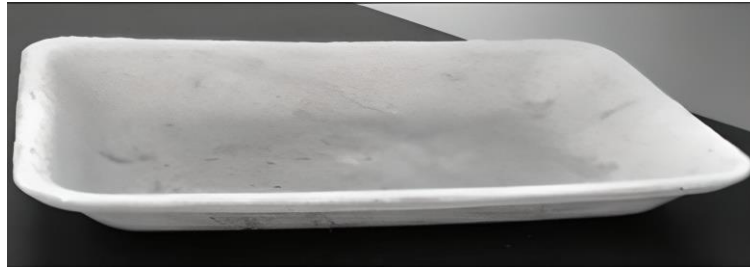


Figura 4: Envase con base de yuca [12].

1.3.6. Pruebas de resistencia

En estas pruebas se determina propiedades mecánicas de los materiales a fabricarse, su comportamiento en distintos escenarios. En los materiales plásticos se aplican pruebas de deformación que acaban en la rotura de acuerdo con el tipo de comportamiento del material, esta prueba se conoce como tracción.

El ensayo de tracción consiste en aplicar la norma general para materiales plásticos y es la UNE-EN ISO 527. En la Figura 5 se presenta un ejemplo de una probeta de plástico sometida al ensayo de tracción [13].

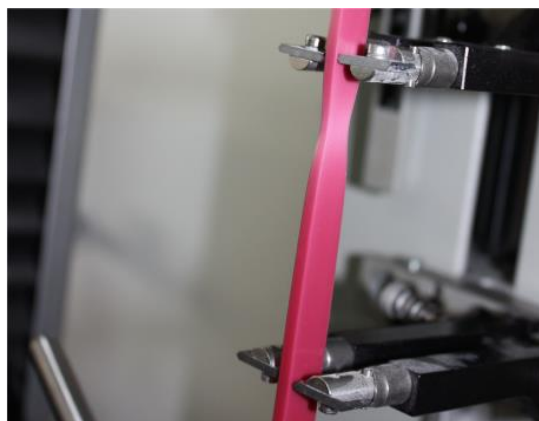


Figura 5: Ensayos a tracción del plástico [13].

1.3.7. Propiedades a compresión

La norma general para materiales plásticos es la UNE-EN ISO 604. Esta norma se aplicará para el desarrollo de toma de datos y realización de informes para la entrega de resultados de las propiedades en cada plástico analizado, como se presenta en la Figura 6 [13].

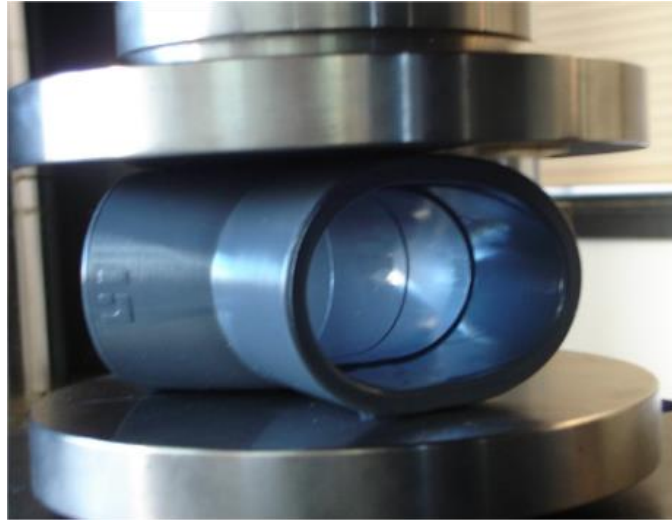


Figura 6: Ensayo de compresión [13].

1.3.8. Resistencia a flexión

Es la capacidad del material a soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente se analiza mediante ensayos de resistencia a flexión, un ejemplo de esto se presenta en la Figura 7 [13].

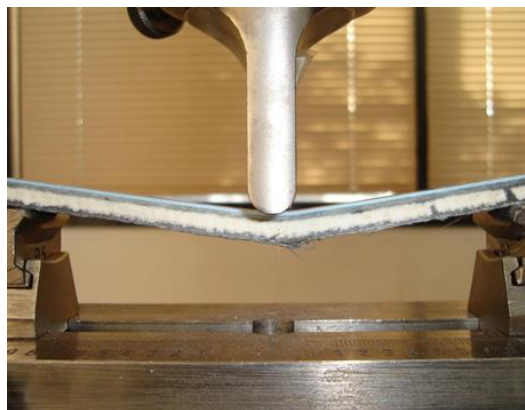


Figura 7: Resistencia a la flexión [13].

1.3.9. Coeficiente de fricción estático y dinámico

Son la relación entre la fuerza de tracción necesaria para iniciar o continuar el deslizamiento entre dos superficies y la fuerza de gravedad que actúa perpendicular sobre las mismas, en la Figura 8 se presenta un ejemplo de este ensayo [13].



Figura 8: Coeficiente de fricción estático y dinámico [13].

1.3.10. Proceso de inyección

La fabricación de envases plásticos se los puede realizar por varios métodos:

- Impresión 3D.
- Mecanizado CNC.
- Fundición de polímeros.
- Moldeo por rotación.
- Moldeo en vacío.
- Moldeo por inyección.
- Extrusión.
- Moldeo por soplado [13].

Cada uno tiene una finalidad y dependiendo del producto podrán ser utilizados. Los vasos plásticos comúnmente fabricados de polímeros sintéticos, también pueden ser

polímeros naturales o polímeros artificiales. Los polímeros sintéticos son utilizados para la fabricación de vasos plásticos y su base está dada por el petróleo y carbón [14].

En los vasos plásticos, normalmente fabricados por inyección plástica, ingresa la materia prima en forma de bolitas o pellet para ser fundido en un cañón y depositado en un molde para tomar la forma del molde que se lo coloque, como se muestra en la Figura 9 [14].

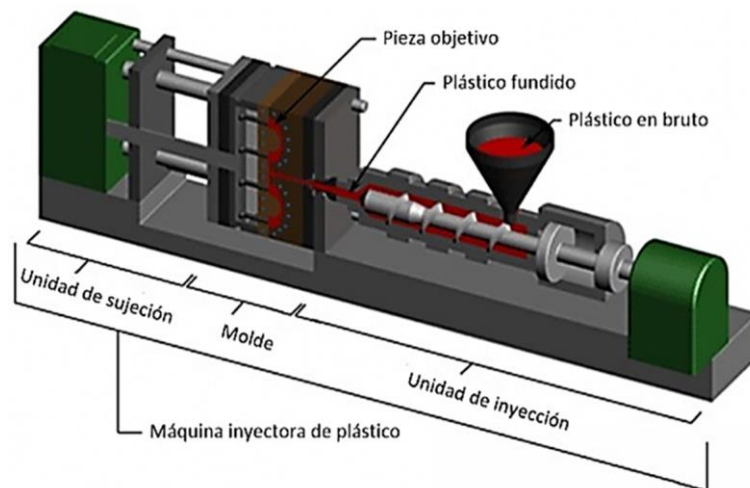


Figura 9: Inyectora de plásticos [14].

El plástico se podrá moldear de la forma que tengan los moldes, y la producción dependerá del tipo de máquina y de capacidad de producción de la planta de fabricación [14].

1.3.11. Molde de inyección

Normalmente los moldes para inyección están contruidos de aceros endurecidos, aceros pre-endurecidos, aluminio y/o aleaciones de berilio-cobre. En la Figura 10 se presenta un ejemplo de los moldes fabricados en aluminio [14].

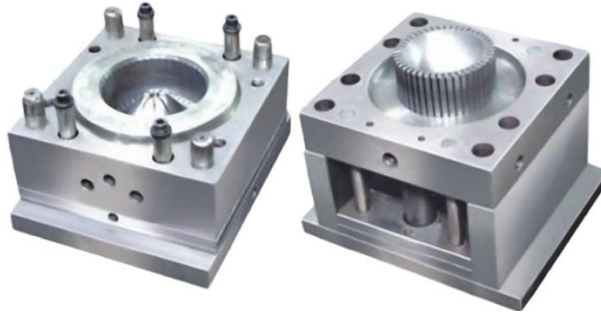


Figura 10: Molde de inyección plástica [14].

Los moldes de inyección son idóneos para producir grandes volúmenes de piezas de plástico, debido a la posibilidad de realizar moldes de inyección de varias cavidades, donde varias piezas son fabricadas en un solo ciclo. Algunas ventajas del moldeo por inyección son las altas tolerancias, repetitividad, una amplia gama de materiales, poca mano de obra, mínima producción de desechos, y poca necesidad de operaciones de acabado después del moldeo [14].

Los productos pueden ser tan variados como el diseñador o la empresa lo requieran. En la Figura 11 se muestran algunos ejemplos de elementos fabricados con el proceso de inyección.



Figura 11: Ejemplos de implementos plásticos [14].

Un ámbito de gran importancia en un molde son las tolerancias, las tolerancias en la fabricación de moldes dependen principalmente del método utilizado para producirlo.

Los métodos de mecanizado se elegirán de acuerdo con las tolerancias necesarias que el molde requiera [14].

1.3.12. Máquinas inyectoras

Las principales características de las maquinas inyectoras son:

- Diámetro del pistón (mm).
- Presión de inyección (kg/cm²).
- Fuerza de cierre.
- Fuerza de apertura.
- Carrera de apertura.
- Fuerza de expulsión.
- Carrera de expulsión.
- Presión hidráulica.
- Capacidad del depósito de aceite.
- Ciclo en vacío.
- Potencia instalada.
- Grueso del molde.
- Memorización de parámetros.
- Refrigeración.
- Refrigeración (opcional).
- Peso.
- Dimensiones.
- Alimentación [15].

Estas características influyen en la producción de plásticos, cada máquina viene con su ficha técnica de capacidades de producción de acuerdo con el volumen de inyección requerido [15]. La máquina de inyección plástica se compone de partes que se muestran en la Figura 12.

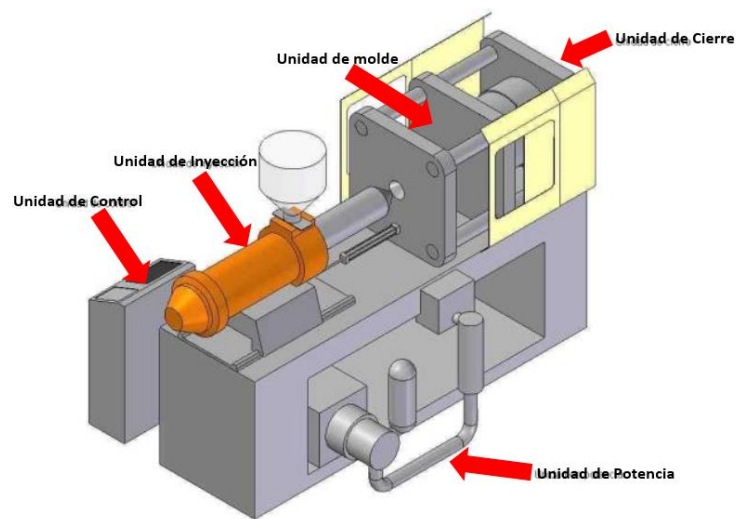


Figura 12: Máquina de inyección plástica [15].

La unidad de inyección

Es la parte que permite la salida al molde para ser inyectado el material, es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo la cámara calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante como en la figura12 [15].

La unidad de molde

Consiste en el sistema de cierre de molde, normalmente viene por una prensa mecánica o hidráulica para abrir y cerrar el molde, la presión ejercida debe ser mayor a la presión de inyección para soportar la inyección y evitar fugas como en la figura12 [15].

La unidad de cierre

Una prensa con dos portas moldes que permiten el cierre del molde como en la figura12 [15].

La unidad de potencia

Se compone por el motor, sistemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos dependiendo de la máquina, en la Figura 13 se presenta el equipo de inyección con control automático [15].

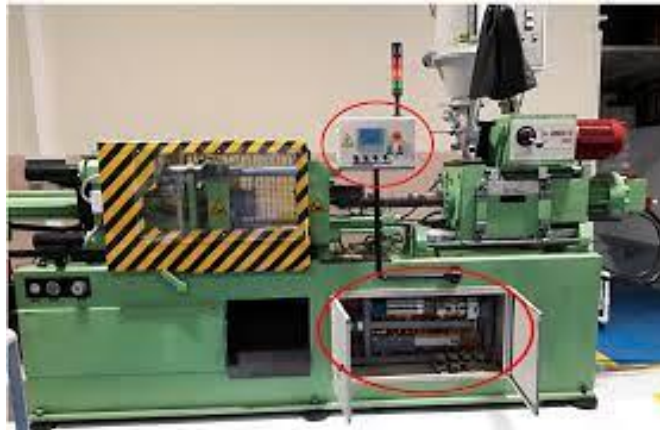


Figura 13: Unidad de potencia [15].

La unidad de control

Es el sistema que permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobrepresión o finales de carrera, para detener el ciclo. Los controladores PID son los más adecuados para el control de temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos como se presenta en la Figura 14.



Figura 14: Sistema de control máquina inyectora [15].

1.3.13. Almidón de maíz

En la cocina se dispone de al menos un producto derivado del almidón de maíz, la maicena es un ejemplo u otros aditivos que pueden ser usadas a la hora de hacer postres. El almidón de maíz se obtiene del endospermo del grano de maíz, pasando por el proceso de limpieza, lavado y molido. Lo componen principalmente cadenas glúcidos complejos, muy ricos en energía. El almidón de maíz para uso en vasos es útil porque son biodegradables en 180 días, no transfieren dioxinas, olores ni sabores, son aptos para congelación y microondas (-20 a 120 °C) son desechables y reutilizable [16].

Las presentaciones del almidón de maíz en este proceso varían por el tipo de tratamiento y el tipo de molde propuesto para el desarrollo. Países como México tienen procesos desarrollados para producción de envases de fécula de maíz, con estos procesos se puede conseguir productos como los que se muestran en la Figura 15.



Figura 15: Empaques con fécula de maíz [16].

La fécula de maíz es un plástico orgánico cristalino. Es una gran alternativa para la sustitución del plástico convencional, como por ejemplo PET y PS. Esta opción es utilizada para líquidos o comida fríos o preparada a temperatura ambiente. Están hechos a base de un biopolímero derivado del almidón de las plantas, manejando un perfecto balance entre desempeño y beneficio ambiental. Una alternativa diferente para solucionar las necesidades de alimentos y bebidas para llevar [16].

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1.Métodos

2.1.1. Tipo de investigación

Investigación aplicada: En el proyecto se aplicó este tipo de investigación para buscar soluciones prácticas en la fabricación de materiales biodegradables con la aplicación de conocimientos técnicos [20].

Investigación cuantitativa: Se verificaron parámetros cuantificables dentro de la elaboración del material biodegradable y el diseño del vaso con el material propuesto [20].

Investigación descriptiva: La redacción del proyecto técnico se hizo principalmente de forma descriptiva con los resultados que se recopilaron en el desarrollo del material propuesto y del diseño del vaso [20].

2.1.2. Método de investigación

Método inductivo: Se aplicó para la observación del comportamiento del material planteado frente a diferentes configuraciones de los componentes que lo conforman. Posteriormente, se aplicaron conocimientos técnicos para la fabricación de un molde que permitió la obtención del vaso diseñado con el material que poseía un mejor comportamiento [20].

2.1.3. Técnicas de investigación

Búsqueda documental: Se buscó información bibliográfica referente al tema para aplicarla posteriormente en el desarrollo del tema propuesto. Esta revisión se hizo en libros, artículos académicos, información en la web y otros proyectos técnicos similares [20].

Observación directa: El proyecto se compone de una etapa en donde se desarrolló el material biodegradable, en esta etapa se observó directamente el comportamiento del material [20].

2.2. Etapas de desarrollo del proyecto técnico

El presente proyecto técnico tiene como finalidad la obtención de un material biodegradable y elaboración de un vaso a partir de almidón de maíz, para lo cual se realizaron las actividades descritas en la Figura 16.

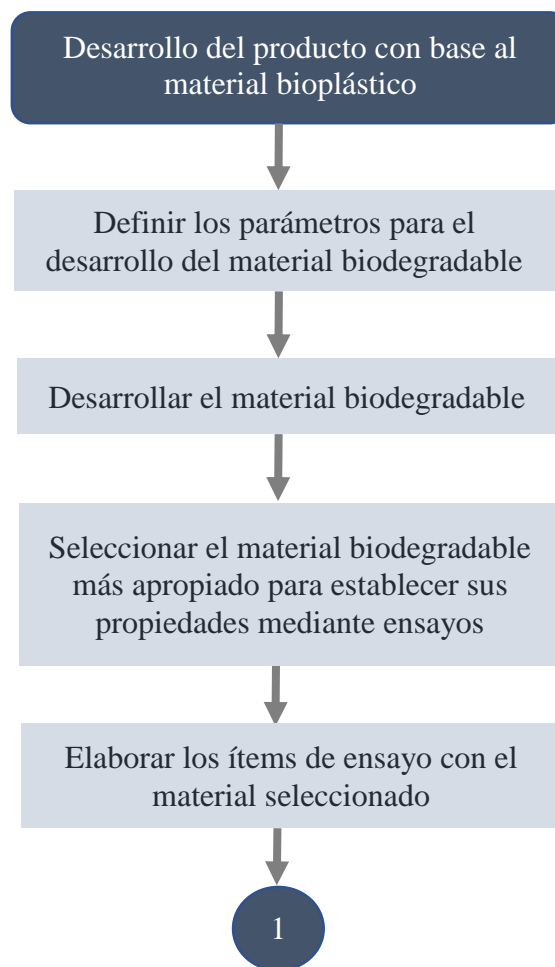


Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de desarrollo del producto con material biodegradable.

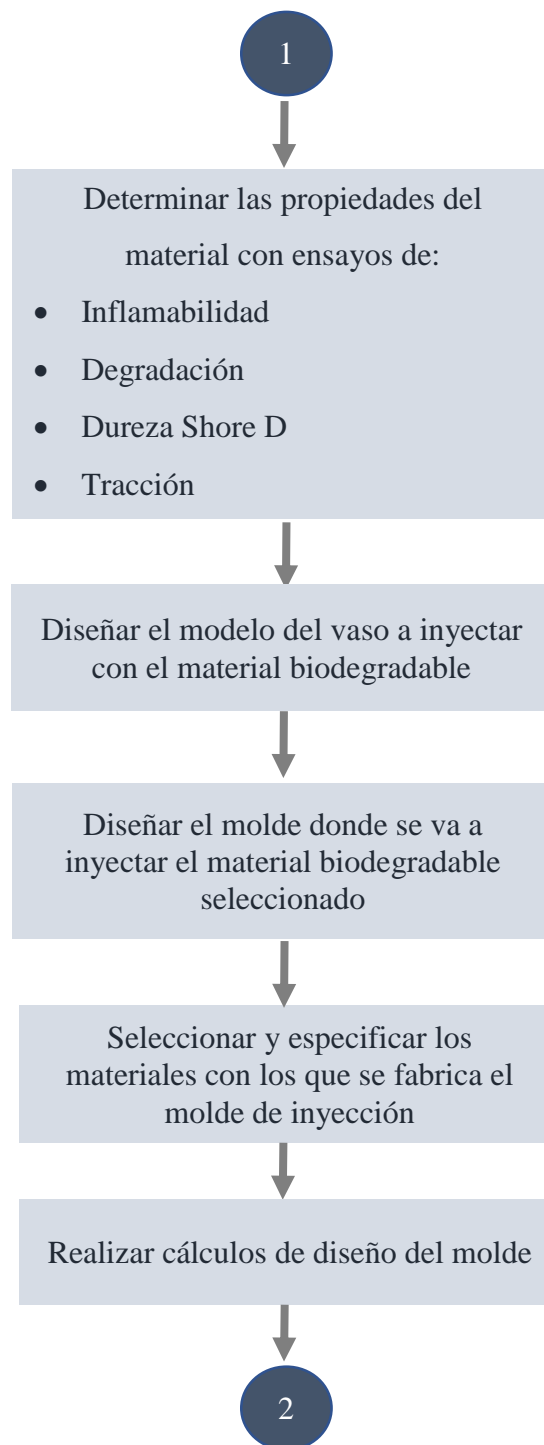


Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de desarrollo del producto con material biodegradable (Continuación).

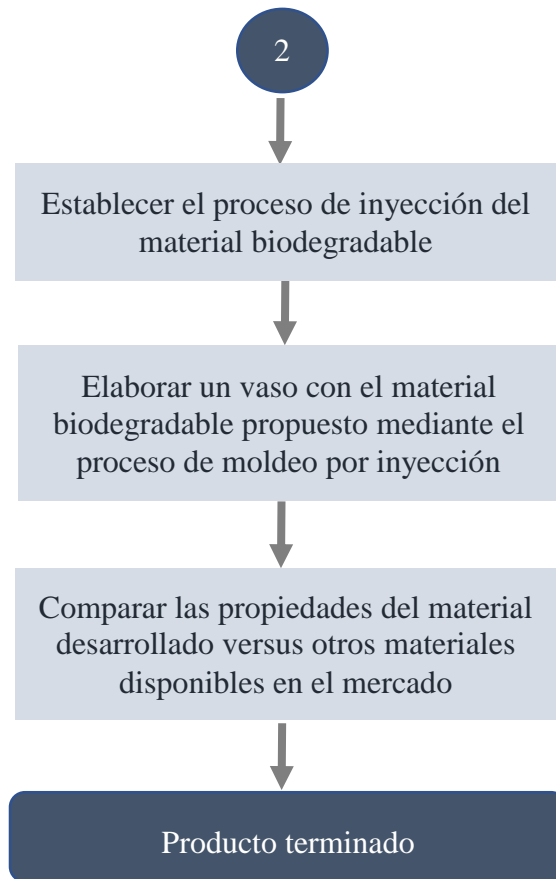


Figura 16: Diagrama de flujo del proceso de desarrollo del producto con material biodegradable (Continuación).

En el desarrollo del material biodegradable y de un producto a partir de este, se realizaron actividades complementarias como, por ejemplo:

- **Describir el proceso de desarrollo del material biodegradable**

En este apartado se detalla paso a paso el procedimiento que se siguió para la obtención del material, a partir de la obtención de la materia prima hasta el resultado del producto final.

- **Seleccionar alternativas**

Conocer las formas, materiales y actividades para desarrollar los materiales biodegradables para la fabricación de vasos, basados en la información bibliográfica en el presente documento.

- **Calcular y diseñar el modelo y el molde**

Se diseñó el molde para la fabricación de vasos en almidón de maíz, con el propósito de fabricarlos de manera que sean más económicos y maximizando la utilidad. Para el diseño se utilizó un programa de diseño asistido por ordenador CAD para visualización en tres dimensiones.

- **Detallar las especificaciones técnicas del producto**

Para finalizar el proyecto se entregó una ficha técnica con las propiedades del material a desarrollarse, almidón de maíz.

En la Figura 16 se presenta el diagrama de flujo del desarrollo de un producto con base al material bioplástico propuesto.

2.3. Parámetros preliminares para obtención del almidón de maíz y desarrollo del material biodegradable

Avellán y otros autores en la revista “COLÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA NEGOCIOS” presenta el artículo de revista titulado “Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz” [21], en este artículo realizaron los pasos descritos en la Figura 17:



Figura 17: Producción del bioplástico [21].

2.3.1. Selección de la materia prima

En base a los criterios de la Tabla 1 se determinó que la mejor opción para el desarrollo del material es el maíz blanco que se encuentra dentro de la localidad como maíz duro y tierno.

Las cantidades de cada componente se describen más adelante en la Tabla 5 junto con las especificaciones de las muestras observadas para la producción del material biodegradable.

Los elementos principales de los cuales se compone el material biodegradable son los siguientes:

- Almidón de maíz.
- Maicena.
- Glicerina.
- Ácido acético.
- Limón.
- Agua destilada.

2.3.2. Extracción del almidón

En el diagrama de procesos de la Figura 18 se muestra el procedimiento de extracción de almidón que inicia con la maceración de la mezcla del producto y finaliza en el secado del almidón.

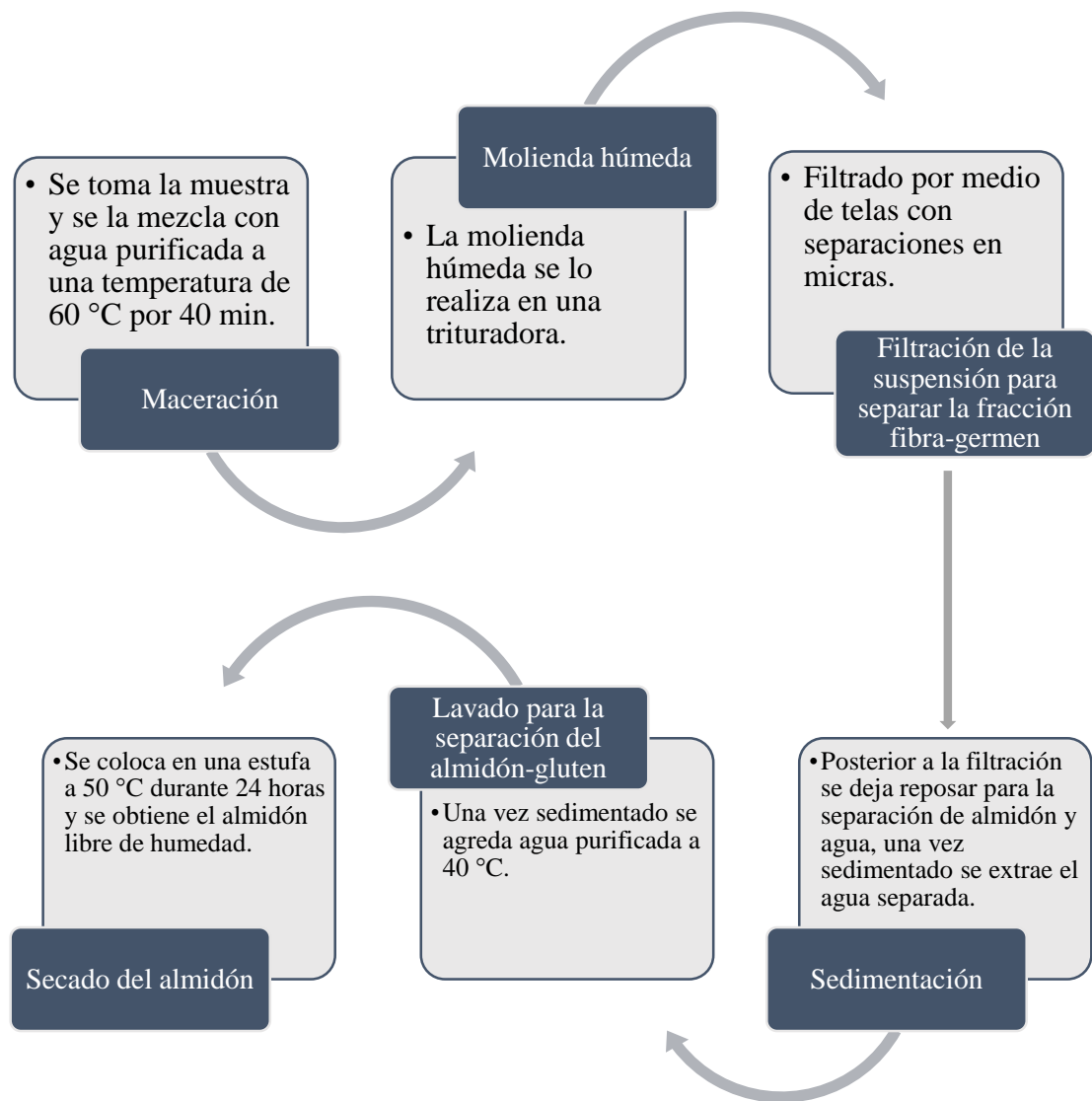


Figura 18: Proceso de extracción de almidón [21].

En la referencia [21] se ha determinado que se deberá calcular el porcentaje de rendimiento, dividiendo la masa del almidón obtenido sobre la masa del tubérculo y multiplicado por 100 %.

2.3.3. Producción del bioplástico

Se coloca 17 ml de agua destilada, en un recipiente se agrega 5,72 gr de almidón de maíz puro, esta mezcla deberá ser agitada constantemente evitando crear grumos, la temperatura no debe exceder de 70 °C.

Se agrega 1,7 ml de glicerina, posterior a la glicerina se agrega tres ml de ácido acético al tres %.

Al finalizar la mezcla es colocada sobre una lámina de vidrio, aplicando una capa muy fina para obtener el espesor de plástico de recipiente de líquidos (vasos), la mezcla se muestra al sol para un secado más breve, seco en su totalidad se forma una capa de plástico que puede ser retirada de la base que lo contiene.

2.4.Desarrollo del material biodegradable con base de almidón de maíz

Para el procedimiento se tomaron las indicaciones obtenidas en la revisión bibliográfica, y se establece el procedimiento de la siguiente manera.

2.4.1. Maceración

a. La muestra

Se ha seleccionado maíz blanco tierno para el desarrollo del material biodegradable puesto que presentó una mejor consistencia en la extracción del almidón.

b. Cantidad de elementos a mezclarse

Para el procedimiento de la obtención de almidón se ha decidido realizar con 100 gr de producto (maíz), en la Figura 19 se muestra el pesaje de la materia prima.



Figura 19: Maíz blanco 100 gr.

En 100 gr de maíz se ha colocado agua destilada hasta que lo cubra totalmente y permanece durante ocho horas en remojo, como se presenta en la Figura 20.

Al término de las ocho horas inicia el proceso de la molienda.



Figura 20: Maíz en remojo.

2.4.2. Molienda húmeda

En el proceso de molienda se usó el maíz en forma húmeda, usando la misma agua que está en remojo, se muele revisando que la masa quede de una consistencia líquida con la menor parte de residuos que es la cascara del maíz, en la Figura 21 se presenta el tipo de molino y la consistencia del producto después de la molienda.



Figura 21: Proceso de molienda.

2.4.3. Filtración de la suspensión para separar la fracción fibra-germen

El maíz molido finalizó con una consistencia líquida con cascaras trituradas, que fueron separadas por un tamiz de 0,7 mm de espesor, en la Figura 22 se presenta el resultado de este proceso.



Figura 22: Separación de líquidos y sólidos.

Al separar el líquido de los sólidos restantes de la molienda se colocó en un recipiente de vidrio para observar la sedimentación del almidón que contiene cada muestra del maíz triturado, se recuerda que se trabajó con dos tipos de maíz al mismo tiempo.

2.4.4. Sedimentación



Figura 23: Sedimentación de almidón.

Para la sedimentación se colocaron los recipientes en lugares frescos durante ocho horas, al paso de las ocho horas se retiró el agua que se encuentra en la parte superior del proceso de sedimentación. En las Figuras 23 y 24 se presentan los resultados de este proceso.



Figura 24: Succión de agua.

La sedimentación se dio de forma exitosa y se retiró el agua, procurando no hacer contacto con el almidón que se encuentra en el fondo del recipiente.

2.4.5. Lavado para la separación del almidón-gluten

Se dejó con la menor cantidad de agua en el proceso de sedimentación, para el lavado se añadió agua purificada a 40 °C para dejar secar la mezcla de agua con almidón.

2.4.6. Secado del almidón

Para las muestras procesadas se dejó durante 36 horas a temperatura ambiente para obtener el almidón seco en los recipientes de vidrio. En la Figura 25 se presenta el almidón seco.

En el proceso de secado interviene:

- Tipo de secado (al ambiente/horno/otros).
- Temperatura.
- Tiempo de secado.

Estos parámetros se colocan en una ficha de datos para la fabricación de material biodegradable a partir de almidón de maíz.



Figura 25: Almidón de maíz deshidratado.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los parámetros que deben tenerse en cuenta para todo el proceso de obtención del almidón con el cual se fabricó el material biodegradable.

Tabla 4: Resumen de actividades para la fabricación de material biodegradable a partir de almidón de maíz.

Resumen de actividades para la fabricación de material biodegradable a partir de almidón de maíz		
Actividad	Detalle	Observación
1. Maceración	Colocar en agua durante ocho horas.	El agua debe sobrepasar el nivel del producto.
2. Molienda	Moler los granos de maíz.	
3. Filtración	Filtrar con un tamiz de 0,7 mm.	
4. Sedimentación	Reposar durante ocho horas y se retira el agua que queda en la parte superior.	Procurar no retirar el almidón con la succión.
5. Lavado	Agregar agua destilada a 40 °C.	
6. Secado	Dejar secar hasta obtener almidón de maíz deshidratado.	Duración de 36 horas a temperatura ambiente.

El proceso de obtención del material biodegradable a partir de almidón de maíz se resume en el diagrama de flujo de la figura

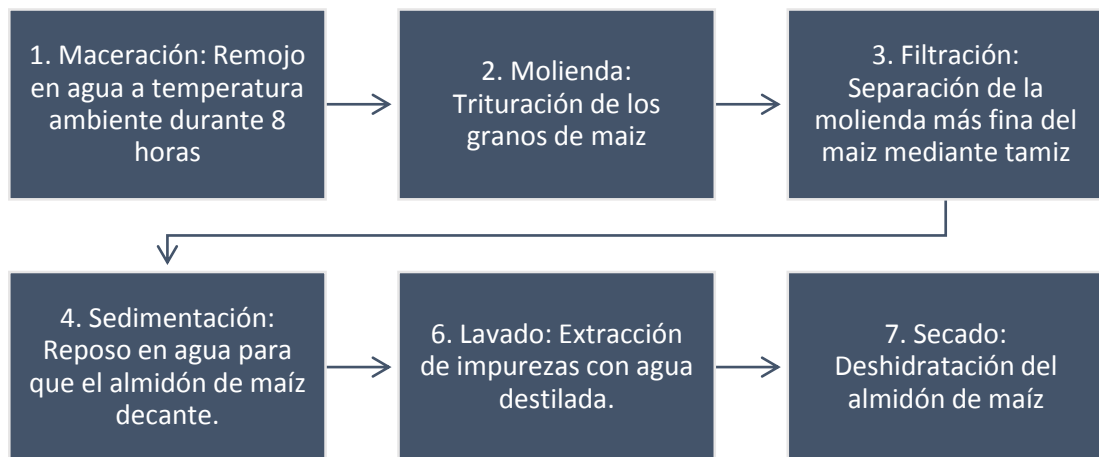


Figura 26. Diagrama secuencial del proceso de obtención del material biodegradable a partir de almidón de maíz

2.5. Selección del material biodegradable

Para poder seleccionar el material biodegradable más apropiado con el que se puedan determinar las características y propiedades mecánicas mediante ensayos se plantearon siete muestras diferentes con la composición que se describe en la Tabla 5.

Con base en la apariencia y comportamiento de las láminas de maíz de cada una de las siete muestras se seleccionó el material biodegradable que debe someterse a ensayos mecánicos para la determinación de sus propiedades.

- **Desarrollo de láminas de almidón de maíz**

Obtenido el almidón de maíz se realizó las láminas de almidón para obtener sus propiedades. A continuación, se describen los pasos que se llevaron a cabo para conseguir las láminas de maíz.

1. Se colocó agua destilada en un recipiente agregando almidón de maíz, la mezcla se agita constantemente evitando crear grumos, la temperatura no debe exceder de 70 °C, se agrega almidón de maíz, posterior a la glicerina se agrega de ácido acético.
2. Este procedimiento se realizó con diferentes cantidades de productos para la obtención de varias probetas y verificar las propiedades obtenidas con cada una de las composiciones. Las composiciones de la lámina de almidón de maíz se muestran en la Tabla 55.

Tabla 5: Composición de láminas de almidón de maíz.

	Muestra 1.1	Muestra 1.2	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
Agua destilada (ml)	40	40	160	100	100	100	100	10
Glicerina (ml)	4	4	16	32	16	32	16	
Ácido acético (ml)	8	8	16	16	32	32	16	
Almidón de maíz (gr)	14	14	24	24	24	24	-	
Maicena (gr)							24	24
Limón (ml)								16

3. Al finalizar la mezcla se colocaron sobre una lámina de vidrio o lámina de aluminio, usando separadores de dos mm de espesor se coloca otro vidrio en la parte superior, esto permitió obtener una lámina de dos mm de espesor uniforme.
4. Las probetas se colocan en un lugar fresco lejos del contacto con el agua y en donde tenga contacto con la luz del sol para un secado más rápido.

2.6.Elaboración de los ítems de ensayo

Para determinar las propiedades mecánicas del material biodegradable se prepararon ítems de ensayo con el material seleccionado a partir de las láminas de almidón.

Los ítems fueron creados de acuerdo con las especificaciones de las normas:

- Ensayo de dureza Shore D – ISO 868
- Ensayo de inflamabilidad – ISO 3795
- Ensayo de tracción – ASTM D 638 – 14 para materiales poliméricos

2.7. Determinación de las propiedades mecánicas del material

Al igual que en el apartado 2.6. en este caso, se emplearon las mismas normativas para determinar las propiedades mecánicas del material, para ellos se realizaron ensayos en la Universidad Técnica de Ambato y en el Centro Carrocero.

2.8. Diseño del modelo para vasos en material biodegradable con base de almidón de maíz

Los diseños se realizaron usando un programa de diseño computacional en base a las medidas para un vaso de ocho onzas. En las Figuras 27 a 29 se muestran los resultados del diseño de los vasos.

2.8.1. Diseño de vaso 1



Figura 27: Diseño de vaso biodegradable #1.

Se consideró un modelo de paredes lisas con filos superiores redondeados y en la base curvaturas de refuerzo hacia el interior.

2.8.2. Diseño de vaso 2

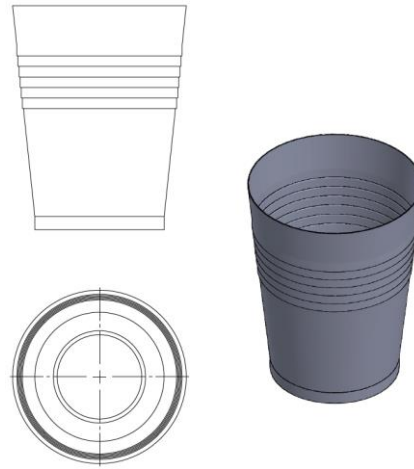


Figura 28: Diseño de vaso biodegradable #2.

El diseño se realizó con base reforzada en ángulos verticales y con paredes con forma de gradas con aspecto áspero para mejorar la sujeción de vasos.

2.8.3. Diseño de vaso 3

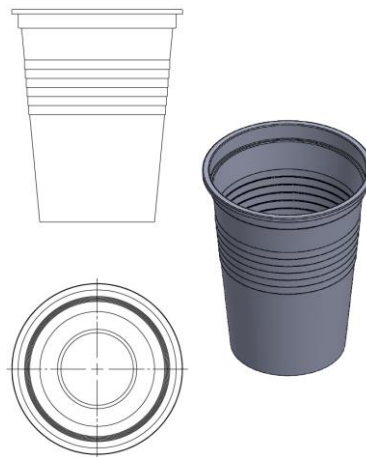


Figura 29: Diseño de vaso biodegradable #3.

En este diseño se colocó paredes ásperas para la sujeción de los vasos y refuerzos laterales con mayor resistencia, el filo se realizó con ángulos rectos en forma de u invertida para dar mayor rigidez al borde superior.

Para el desarrollo del producto en base al material biodegradable se seleccionó el diseño # 3 puesto que presenta una mayor rigidez en cuanto a su configuración geométrica para su aplicación principal que es el transporte de fluidos.

2.9. Proceso de inyección del material biodegradable

En la Figura 30 se presenta la unidad de inyección y las partes principales, en donde se procesa el material biodegradable a base de almidón de maíz.

Preparación del material

- Se prepara el material en forma de pellets.
- Se lleva a cabo un proceso previo de secado para eliminar la humedad del material.
- El material ingresa a la tolva a su capacidad máxima, la tolva se alimenta de pellets de material mediante una aspiradora que transporta la materia prima desde un depósito.
- De la tolva el material es transportado mediante un tornillo sin fin hacia la zona de calentamiento.
- El material se calienta mediante resistencias eléctricas aproximadamente a una temperatura de 120 °C lo que hace que llegue a la plastificación.
- El material plastificado avanza hacia la salida de la boquilla del cilindro para pasar al bebedero.
- Mediante el bebedero el polímero plastificado avanza hacia el molde de inyección.
- El molde se llena y se procede al enfriamiento del material mediante el agua a través de los canales del molde.
- El molde se separa y expulsa los seis vasos terminados.

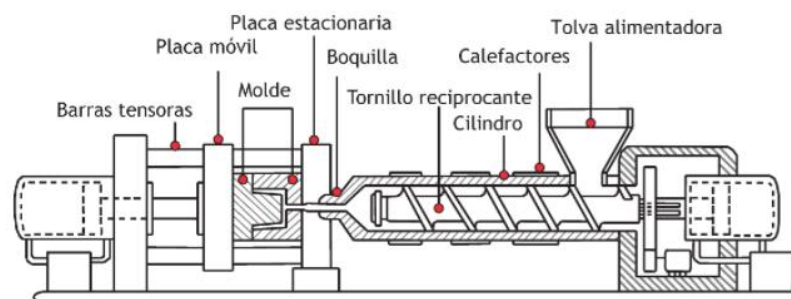


Figura 30: Unidad de inyección de polímeros [29].

Con el bioplástico listo en la tolva alimentadora, el primer paso para la inyección del material es calentarlo hasta el punto de plasticidad, en este proceso el calentamiento se produce mediante el uso de calefactores y un tornillo que empuja el material hacia la boquilla.

En la unidad de inyección el polímero es obligado a fluir a alta presión dentro del molde con la forma del vaso, este molde está previamente calentado, la boquilla inyectora también cuenta con sus propios parámetros de procesamiento como la temperatura y presión a la salida.

El polímero se aloja en las cavidades del molde, luego de unos segundos de enfriamiento, el vaso inyectado es expulsado.

En la Figura 31 se muestran las etapas del ciclo de inyección del proceso.

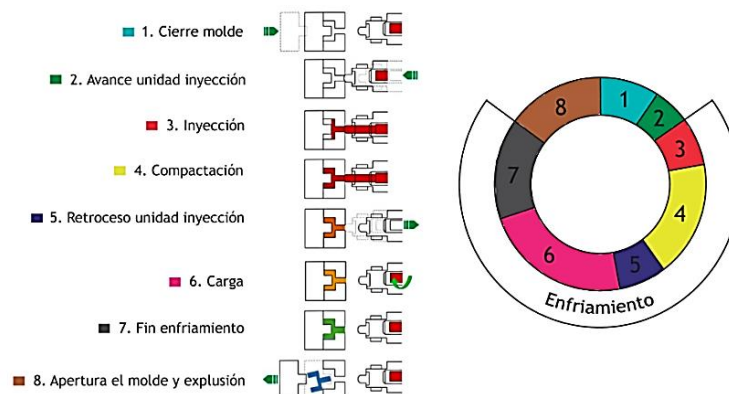


Figura 31: Ciclo de Inyección [29].

- 1. Cierre del molde:** En esta fase se inició el proceso, se forma la cavidad donde se alojará el polímero, en este caso se emplea una fuerza de cierre para mantener cerrado el molde.
- 2. Avance de la unidad de inyección:** En este paso se acopla la boquilla al molde para dar continuidad en el sistema de flujo del polímero en estado líquido, además el molde se sella herméticamente con la fuerza ejercida por la unidad de inyección.
- 3. Inyección:** Se presenta la fase de llenado en donde el husillo empuja el polímero hasta llenar la cavidad, las variables más importantes en esta fase son la velocidad de inyección, la presión y la temperatura del material.

4. **Compactación:** Inmediatamente después de la fase de inyección empieza el proceso de enfriamiento y solidificación del polímero, por la presión interna en las cavidades del molde el material queda compacto.
5. **Retroceso de la inyección:** El material polimérico se retira junto con el tornillo de inyección para dejar libre la zona de inyección y la boquilla hasta una nueva carga.
6. **Carga:** En esta etapa, el material avanza nuevamente para ser calentado con el cilindro cargado de material, se espera hasta una nueva inyección.
7. **Fin del enfriamiento:** Dentro del molde el material se enfría hasta solidificarse y contraerse hasta la dimensión diseñada.
8. **Apertura de molde y expulsión:** El núcleo y la cavidad se separan y se acciona el mecanismo expulsor, retirando el producto terminado del molde.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Resultados del desarrollo de láminas biodegradables con base de almidón de maíz

Se desarrollaron siete probetas iniciales para la obtención de láminas de almidón de maíz, el resumen de componentes y aglutinantes se muestran en la Tabla 5, teniendo los siguientes resultados. A continuación, en la Tabla 6 se presentan los resultados de todas las muestras.

Tabla 6: Resultados de las láminas del material biodegradable.


Muestra	Configuración del material	Fotografía	Observaciones
Muestra 1.1	La lámina se fabricó con 14 gr de almidón de maíz seco y se obtuvo un peso final de lámina de 10 gr.		<ul style="list-style-type: none">• La muestra tuvo un aspecto cuarteado que no se recomienda en el proceso.• Se colocó la muestra sobre vidrio de dos mm, para retirar se usó una espátula que terminó rompiendo toda la lámina que ya se encontraba cuarteada, el vidrio no se recomienda como base para muestras.

Tabla 6: Resultados de las láminas del material biodegradable (Continuación).



Muestra	Configuración del material	Fotografía	Observaciones
Muestra 1.2	<p>La muestra se la realizó con almidón de maíz tierno, que presentó una lámina más homogénea y menor cuarteado que la muestra 1.1 al momento del término del tiempo de secado.</p> <p>La muestra se realizó con 14 gr de almidón de maíz, posterior al tiempo de secado se obtuvo 10 gr de peso.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Lámina de color blanca. • Poco cuarteado de lámina. • Difícil retirado del molde, en este caso vidrio. • Como observación de la muestra 1.1 y 1.2 se decidió que se realizara las demás muestras con almidón de maíz tierno, que es la lámina que presenta menos imperfecciones al finalizar el tiempo de secado.
Muestra 2	<p>La muestra se inicia con 24 gr de almidón de maíz, más los aglutinantes y al término de tiempo de secado se obtuvo 31 gr de peso en la lámina de almidón de maíz.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • La lámina no tiene cuarteados. • Para el desmolde se usó una espátula y se desprendió toda la lámina del vidrio. • El peso final es mayor al peso inicial, suponemos que se debe a los aglutinantes y a la humedad que presenta al momento de la toma de datos.

Tabla 6: Resultados de las láminas del material biodegradable (Continuación).






Muestra	Configuración del material	Fotografía	Observaciones
Muestra 3	<p>La muestra tres se presentó como la muestra de mejor apariencia y laminación, se inició con 24 gr de almidón de maíz y se obtuvo 44 gr en lámina.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Se presentó una muestra como lámina. • Después de 72 horas aun contiene humedad. • Como molde se usó lámina de aluminio, tiene una menor adherencia con la lámina y permite una fácil extracción. • No se visualizaron partes cuarteadas en la lámina. • Presentó excelente consistencia. • Se observó que el peso final es mayor al peso inicial.
Muestra 4	<p>Muestra de forma laminar con partes cuarteadas, se colocó sobre lámina de aluminio.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta una laminación cuarteada. • El desmolde de la lámina de aluminio fue fácil y se pudo extraer láminas en partes de la muestra. • El peso usado de almidón de maíz es de 24 gr y se obtuvo un peso laminar de 31 gr.
Muestra 5	<p>Pasado las 72 horas de secado la muestra cinco se obtuvo como láminas de almidón de maíz y se observó que estaba cuarteada.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • El peso inicial fue de 24 gr y se obtuvo 52 gr al finalizar las 72 horas de secado. • La lámina fue de fácil desmolde, el molde fue de lámina de aluminio. • La lámina se cuarteo en el centro y permitió el desmolde de láminas en partes rotas.

Tabla 6: Resultados de las láminas del material biodegradable (Continuación).

Muestra	Configuración del material	Fotografía	Observaciones
Muestra 6	Para esta muestra se obtuvo una lámina de maicena con base de almidón de maíz.		<ul style="list-style-type: none"> • Al aplicar la mezcla sobre el molde, se endureció de inmediato, llegando a un punto gelatinoso que se mantuvo durante 24 horas, a este tiempo se empezó a cuartear y a enrollarse endureciéndose mucho más rápido que el almidón de maíz natural. • La lámina se desmoldo sola, porque en el secado se enrolló como se ve en la Figura 45. • El peso inicial fue de 24 gr de maicena y se obtuvo 40 gr de lámina.
Muestra 7	En la séptima muestra se colocó maicena reemplazando al almidón de maíz natural y zumo de limón reemplazando al ácido acético.		<ul style="list-style-type: none"> • Después de 48 horas de secado se cuarteó y se empezó a enrollar. • Al terminar las 72 horas de secado se ha enrollado y se ha despegado del papel aluminio. • Tuvo consistencia dura. • Contuvo muy poca humedad. • Se decidió realizar las láminas finales para obtener especificaciones técnicas del material sobre un molde en lámina de aluminio con las cantidades de las muestras número 3.

Se decidió realizar las láminas finales para obtener especificaciones técnicas del material sobre un molde en lámina de aluminio con las cantidades de las muestras número tres.

3.1.2. Especificaciones técnicas de láminas de material biodegradable a partir de almidón de maíz

3.1.2.1. Pruebas de inflamabilidad

Para las pruebas de inflamabilidad se entregó al laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, las dimensiones de la muestra son de 70 por 138 mm bajo la Norma ISO3795.

Ensayos de inflamabilidad en material Plástico vegetal en base de maíz

Las muestras entregadas al laboratorio son de color blanco con dimensiones de 70 por 138 mm, se entregó siete muestras de las cuales se obtuvieron los resultados de la Tabla 7:

Tabla 7: Tasas de combustión del material Plástico vegetal en base de maíz [30].

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B (mm/min)
Probeta 1	103,71 (mm/min)
Probeta 2	68,33 (mm/min)
Probeta 3	130,75 (mm/min)
Probeta 4	117,55 (mm/min)
Probeta 5	106,15 (mm/min)
Probeta 6	163,95 (mm/min)
Probeta 7	138,60 (mm/min)

Los datos de la Tabla se tomaron del informe recibido que se muestra en el Anexo 2: Ensayos de inflamabilidad material Plástico vegetal en base de maíz y se tiene un promedio de 118,43 mm/min, lo que indica que el material propuesto es de fácil combustión en relación con el polipropileno que tiene un promedio de inflamabilidad superior 138 mm/min.

Emisión de gases de combustión

Generalmente los polímeros biodegradables al inflamarse emiten gases como el hidrógeno, vapor de agua y Dióxido de carbono (CO_2) que son gases poco contaminantes, por otro lado, los plásticos sintéticos emiten vapores tóxicos como los dióxidos de nitrógeno (NO_x, NO_2) y los dióxidos de azufre (SO_x, SO_2) que contribuyen a la degradación de la capa de ozono y son muy perjudiciales para la salud [31].

Ensayos de inflamabilidad material Plástico polipropileno

Para las pruebas realizadas en el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato se entregaron siete muestras de plástico polipropileno de 70 por 138 mm de color transparente, los resultados de las tasas de combustión se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8: Tasas de combustión del material plástico polipropileno [30].

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B (mm/min)
Probeta 1	33,31 (mm/min)
Probeta 2	35,78 (mm/min)
Probeta 3	111,40 (mm/min)
Probeta 4	0 (mm/min)
Probeta 5	0 (mm/min)
Probeta 6	0 (mm/min)
Probeta 7	0 (mm/min)

Los datos que se muestran en la Tabla 8 son el resultado del informe de inflamabilidad entregado por el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato. Los ejemplos de las muestras o ítems de ensayos se presentan en la Figura 32.



Figura 32: Ensayo de inflamabilidad vaso plástico Polipropileno.

3.1.2.2. Pruebas de degradación natural

Pruebas de degradación natural en compostaje

Para las pruebas de degradación se colocó en compostaje natural a los dos tipos de plásticos durante 75 días, solo se pudo observar que el plástico vegetal con base de almidón de maíz perdió fácilmente las propiedades mecánicas que presentaba al principio en comparación con el polipropileno, y el PET que prevalecen en el ambiente. En la Figura 33 se muestran los vasos de los dos diferentes polímeros planteados para la comparación en el compostaje.



Figura 33: Muestra de plástico de polipropileno y plástico vegetal con base en almidón de maíz en compostaje.

Pruebas de degradación natural en agua estancada

Se empleó agua estancada y se introdujo durante un periodo de 75 días, como primer paso se introdujo las muestras en el agua y se dejó reposar, para evitar flotación se colocó un peso (piedra) en el centro de las muestras, observando una degradación rápida del material perdiendo así todas sus propiedades en comparación con el polipropileno, que en el periodo de tiempo analizado no presentó degradación alguna, por otro lado se determinó que el vaso vegetal es mejor que los plásticos de un solo uso como el PET. En la Figura 34 se muestran los dos envases de plásticos para la comparación en un medio acuoso para su degradación.



Figura 34: Muestra de plástico de polipropileno y plástico vegetal con base en almidón de maíz en agua estancada.

3.1.2.3. Pruebas de dureza

Para las pruebas de dureza se ha entregado al laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato probetas de 70 por 138 mm que fueron ensayadas bajo la prueba de dureza D/1:60 la cual presentó una lectura de dureza shore D 60 en el durómetro tipo D obtenida en un segundo. Los resultados se generaron para muestras de polipropileno y plástico vegetal en base de almidón de maíz como en la Tabla 9.

Tabla 9: Resumen probetas Plástico vegetal en base de almidón de maíz [32].

Probetas Polipropileno	
Número de medición	Dureza Shore D
1	D/3:53
2	D/1:56
3	D/2:55,5
4	D/2:55,5
5	D/1:57,5
6	D/1:56,5
7	D/1:55,5
8	D/1:53
9	D/1:52,5
10	D/1:57
PROMEDIO	55,2

La Tabla 9 indica la prueba realizada en 10 probetas de plástico vegetal en base de almidón de maíz teniendo un promedio de 55,2 en Dureza Shore D, el ensayo fue realizado bajo la norma ISO 868 DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE INDENTACIÓN MEDIANTE UN DURÓMETRO (DUREZA SHORE) EN PLÁSTICOS Y EBONITA, la cual nos indica que el material propuesto tiene una dureza no tan elevada en comparación con la dureza del polipropileno motivo por el cual el material propuesto plástico vegetal tiene una degradación mucho más rápida.

Tabla 10: Resultados probetas Polipropileno [32].

Probetas plástico vegetal	
Número de medición	Dureza Shore D
1	D/1:74,5
2	D/2:74
3	D/1:73,5
4	D/2:72,5
5	D/2:73,5
6	D/1:73,5
7	D/1:74,5
8	D/2:75,5
9	D/2:73
10	D/1:74
PROMEDIO	73,85

Las pruebas fueron realizadas en 10 probetas de polipropileno obteniendo una dureza shore D 73,85 una dureza alta del material, lo cual a este tipo de material lo hace resistente expuesto al aire libre y retrasa su descomposición, en la Tabla 10 se presentan los resultados.

3.1.2.4. Pruebas de resistencia mecánica

Las probetas se entregaron al laboratorio de la Cámara de Carroceros de Tungurahua con una forma definida de acuerdo con la norma ASTM D638-14. En la Figura 35 se muestran los ítems de ensayo en almidón de maíz, mientras que en la Figura 36 los ítems de ensayo de polipropileno.

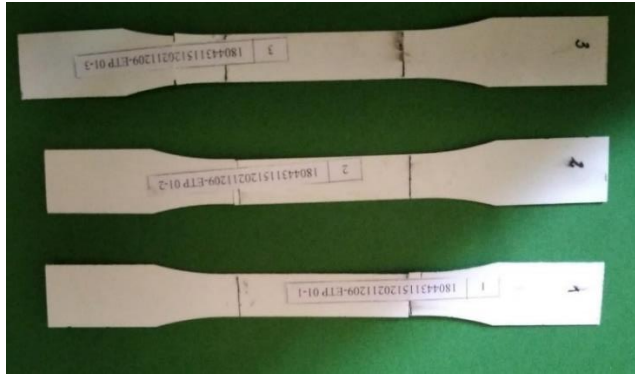


Figura 35: Probetas para ensayos de tracción en probetas de plástico vegetal con base en almidón de maíz.

Estas probetas fueron dibujadas en programa de diseño computarizado y cortado en máquina de corte laser por requerimiento del laboratorio.



Figura 36: Probeta de ensayos de tracción en polipropileno.

En la Tabla 11 y 12 se presentan los resultados de los ensayos a tracción de las probetas de plástico vegetal que fueron ensayadas.

Tabla 11: Resultados de ensayos a tracción en probetas de plástico vegetal con base en almidón de maíz [33].

Probeta	Identificación de la probeta	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
1	180443115120211209-ETP 01-1	19,3	68,3	12,91	0,83	176,01	16,43	836,58	2,258	1,96
2	180443115120211209-ETP 01-2	19,3	68,3	12,82	0,81	176,01	16,95	1000,63	1,948	1,69
3	180443115120211209-ETP 01-3	19,3	68,3	13,04	0,75	168,01	17,18	773,22	2,555	2,22
Promedio						173,343	16,852	870,143	2,254	1,96
Desviación Estándar						4,619	0,386	117,361	0,304	0,264
Coeficiente de Variación						2,665	2,29	13,488	13,468	13,468

Tabla 12: Resultados de ensayos a tracción en probetas de polipropileno [33].

Probeta	Identificación de la probeta	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
1	180443115120211209-ETP 02-1	20,5	67,2	12,17	0,56	192,01	28,17	743,12	4,36	3,79
2	180443115120211209-ETP 02-2	20,5	67,2	12,47	0,58	186,01	25,72	783,9	3,749	3,26
3	180443115120211209-ETP 02-3	20,5	67,2	12,62	0,56	196,01	27,74	737,3	4,326	3,76
Promedio						191,343	27,209	756,439	4,145	3,604
Desviación Estándar						5,033	1,31	28,266	0,343	0,299
Coeficiente de Variación						2,63	4,813	3,737	8,284	8,284

Las probetas de plástico vegetal con base en almidón de maíz se han ensayado obteniendo un resultado de esfuerzo máximo de Tracción de 16,852 MPa, aplicando una fuerza máxima de 173,343 N y un Módulo de Elasticidad de 870,143 MPa con un porcentaje de elongación de 1,96 %. En relación con el polipropileno el nuevo material presenta un esfuerzo máximo de tracción más bajo y un porcentaje de elongación inferior, lo que demuestra que es un material de fácil degradación.

En la Tabla 12 se presentan los resultados a tracción de las probetas de polipropileno que fueron ensayadas para compararlas con las probetas de plástico vegetal.

Los ensayos de tracción realizados en el Centro de Fomento Productivo Carrocero de Tungurahua, en el material plástico polipropileno nos da como resultado 27,209 MPa para el esfuerzo máximo de tracción, con una fuerza máxima aplicada de 191,343 N, el Módulo de Elasticidad calculado es de 756,439 MPa y una elongación de 3,604 %.

3.1.3. Especificaciones técnicas del producto

En la Tabla 13 se describen las especificaciones del plástico vegetal planteado y el tipo de aplicación que tendrían comercialmente.

Tabla 13: Especificaciones técnicas del plástico vegetal con base en almidón de maíz.

VASO PLÁSTICO VEGETAL CON BASE EN ALMIDÓN DE MAÍZ	
Descripción del producto	
El vaso plástico vegetal con base en almidón de maíz es un material que contiene en su mayor porcentaje almidón de maíz, junto con aglutinantes como glicerina y ácido acético forman una masa que al ejercer presión y sometida a secado genera láminas de plástico vegetal con base en almidón de maíz.	
Aplicación del producto	
<ul style="list-style-type: none"> • Envase no retornable, un solo uso. • Recipiente de líquidos, los tamaños y presentaciones pueden variar. 	
Datos técnicos	
Tasa de combustión (mm/min)	118,43
Dureza Shore D	73,85
Esfuerzo máximo a la tracción (MPa)	16,85
Módulo de elasticidad (MPa)	756,439
% de elongación	3,60

3.1.4. Diseño del molde para inyección

3.1.4.1. Datos de la pieza a inyectar

- **Determinación de la masa del material biodegradable a inyectar**

Masa del vaso a inyectar: 17 gr. (Obtenido experimentalmente mediante pesaje del vaso desarrollado). En la Figura 37 se presenta la masa del vaso diseñado.



Figura 37: Peso del vaso biodegradable.

- **Superficie de la pieza proyectada sobre el plano de partición**

Obtenemos mediante la fórmula del área del cono truncado y sumamos el área del círculo base, como se muestra en la Figura 38, que corresponde al área de un trapecio circular [22].

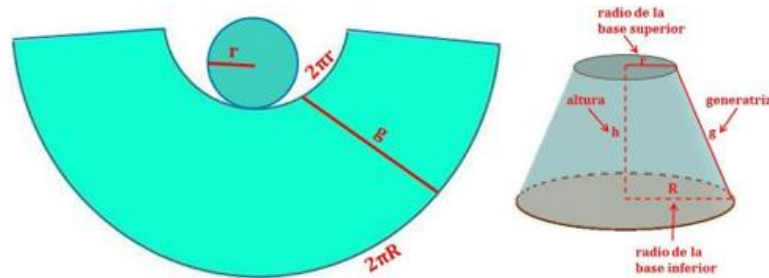


Figura 38: Desarrollo del área proyectada del vaso [22].

$$AT = \pi(R + r)G + \frac{\pi(2r)^2}{4} \quad \text{Ec.(1)}$$

Donde:

AT : Área total proyectada del vaso.

G : Generatriz del cono.

$$G = \sqrt{h^2 + (R - r)^2} \quad Ec.(2)$$

R : Radio Mayor: 34,76 mm.

r : Radio menor: 20,75 mm.

h : Altura: 87,52 mm.

$$G = \sqrt{(87,52(10^{-3})m)^2 + (34,76(10^{-3})m - 20,75(10^{-3})m)^2}$$

$$G = 0,0886 m$$

$$AT = \pi(34,76(10^{-3})m + 20,75(10^{-3})m)(0,0886 m) + \frac{\pi(2(20,75(10^{-3})m))^2}{4}$$

$$AT = 0,01680 m^2 \left(\frac{100 cm}{1m} \right)^2 = 168 cm^2$$

- **Volumen del vaso**

Considerando un espesor de 0,3 mm.

$$V = ae \quad Ec.(3)$$

$$V = 0,01680 m^2(0,3(10^{-3})m)$$

$$V = 5,04(10^{-6})m^3 \left(\frac{100cm}{1m} \right)^3$$

$$V = 5,04 cm^3$$

- **Densidad del material**

Para este cálculo se emplea la ecuación (4) de la densidad.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{Ec.(4)}$$

$$\rho = \frac{17 \text{ gr}}{5.04 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 3,37 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Dado el volumen y la masa de la pieza, para optimizar recursos y facilitar la fabricación de los vasos con el nuevo material propuesto optamos por fabricar seis vasos por cavidad, en una máquina inyectora adecuada para dicho volumen.

Una de las máquinas más usadas en procesos de inyección de plásticos por su versatilidad es la Milacron a-s110iA por lo que seleccionamos dicho equipo para llevar a cabo el proceso, en la Tabla 14 podemos apreciar sus especificaciones técnicas.

Tabla 14: Especificaciones técnicas Milacron a-s110iA [23].

INJECTION UNIT	English							Metric						
Injection Capacity, Maximum GPPS	oz	0.95	1.68	1.95	3.42	4.87	6.02	gm	27	48	55	97	138	171
Theoretical Displacement	in ³	1.7	3.1	3.6	6.3	8.9	11.0	cm ³	29	50	58	103	147	181
Max Injection Pressure	psi	37,710	37,710	34,809	31,908	27,557	23,206	bar	2,600	2,600	2,400	2,200	1,900	1,600
Max Pack Pressure	psi	37,710	37,710	31,908	29,008	24,656	20,305	bar	2,600	2,600	2,200	2,000	1,700	1,400
Max Injection Velocity	in/sec	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	cm/sec	33	33	33	33	33	33
Max Injection Rate	in ³ /sec	7.65	10.69	12.40	16.19	20.49	25.30	cm ³ /sec	125	175	203	265	336	415
Max Injection Press. (a-S110iA-g)	psi	37,710	37,710	34,809	31,908	27,557	23,206	bar	2,600	2,600	2,400	2,200	1,900	1,600
Max Pack Press. (a-S110iA-g)	psi	37,710	37,710	31,908	29,008	24,656	21,756	bar	2,600	2,600	2,200	2,000	1,700	1,400
Max Injection Velocity (a-S110iA-g)	in/sec	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	cm/sec	20	20	20	20	20	20
Max Injection Rate (a-S110iA-g)	in ³ /sec	4.64	6.48	7.51	9.81	12.42	15.31	cm ³ /sec	76	106	123	161	204	251
Screw Stroke	in	2.95	3.74	3.74	5.04	5.67	5.67	mm	75	95	95	128	144	144
Screw Diameter	in	0.87	1.02	1.10	1.26	1.42	1.57	mm	22	26	28	32	36	40
Screw L/D Ratio		20:1	20:1	20:1	20:1	20:1	20:1		20:1	20:1	20:1	20:1	20:1	20:1
Screw Speed Max	min ⁻¹	450	450	450	450	450	450	min ⁻¹	450	450	450	450	450	450
Screw Speed Max (a-S110iA-g)	min ⁻¹	300	300	300	300	300	300	min ⁻¹	300	300	300	300	300	300

- **Masa total de inyección**

Se calcula en función de seis unidades de producción por cada carga de la inyectora, para ello se emplea la ecuación (5) que corresponde a la masa total de material necesario para producir un lote de vasos, de la ecuación (4) se obtiene la densidad y se multiplica por la cantidad de vasos por para el molde diseñado corresponde a 6.

$$M = \rho V n \quad \text{Ec.(5)}$$

Donde:

M= Masa total de material necesario para producir la cantidad de vasos.

ρ : Densidad del material.

n: Número de unidades por producir.

$$M = 3,37 \frac{gr}{cm^3} (5.04 cm^3) (6)$$

$$M = 102 gr$$

Se requiere inyectar 102 *gr* de material, de la Tabla 14 seleccionamos la máquina que tiene una capacidad de inyección de 138 *gr* considerando un margen que involucra el material que se alojará en los bebederos y trayectorias del polímero a inyectar.

3.1.4.2.Cálculo de la fuerza de cierre

Dado que se planteó un molde multicavidades es necesario multiplicar el área sobre el plano de partición de una pieza por la cantidad de cavidades dadas, con ello se procede a calcular la fuerza expansiva que se produce en el interior del molde.

Este valor corresponde al producto de la presión en el interior del molde por la proyección del área de la pieza en la dirección de la apertura o desmolde de la inyectora, como se indica en la Figura 39.

Se estima este valor con la ecuación (6) de la presión, de donde se despejan los términos que desean calcularse para cada caso.

$$F = PA \quad \text{Ec.(6)}$$

Donde:

P: Presión al interior del molde.

A: Área proyectada sobre el plano de desmolde tomando en cuenta la dirección en la que sale el vaso.

F: Fuerza de cierre.

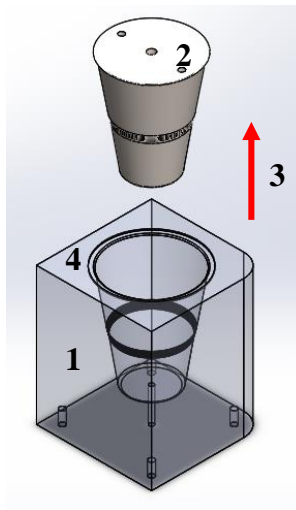


Figura 39: Esquema de desmolde del vaso.

Donde:

1. Cavidad del molde.
2. Núcleo.
3. Dirección de desmolde.

4. Plano de desmolde.

$$A = 0,01680 \text{ m}^2 \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = 168 \text{ cm}^2$$

En la Tabla 14 se observa que el valor de la presión dada por la máquina inyectora está entre 1,7 y 1,9 bar seleccionamos un valor intermedio de 1,85 bar.

$$P = 1,85 \text{ bar} = 18,5 \text{ MPa}$$

De este modo seleccionamos un valor intermedio de 18,5 MPa.

Con ello calculamos la fuerza de cierre del molde.

$$F = 18,5(10^6) \frac{N}{m^2} (0,01680 \text{ m}^2)$$

Comercialmente las máquinas inyectoras trabajan en toneladas por lo cual convertimos las unidades del resultado de la fuerza de cierre.

$$F = 310800N \left(\frac{1kg}{9,81N} \right) \frac{1Ton}{1000 kg}$$

$$F = 31,68 \text{ Ton} = 31681 \text{ kg}$$

3.1.4.3. Selección de materiales

En el mercado el material idóneo para la fabricación de moldes de inyección es el acero AISI P20 este material será seleccionado para la fabricación de los núcleos y cavidades y las partes del sistema de expulsión, para los otros elementos como centradores y placas soporte se utilizará acero AISI 1045 para economizar la fabricación del molde.

En las Tablas 15 a 17 se describen las propiedades de todos los materiales que forman parte del molde.

- AISI 1045

Tabla 15: Propiedades mecánicas acero AISI 1045 [17].

Dureza	163 HB
Límite elástico a tracción	310 MPa
Resistencia última a la tracción	565 MPa
Módulo de elasticidad	206 GPa
	

- AISI 1020

Tabla 16: Propiedades mecánicas acero AISI 1020 [18].

Dureza	111 HB
Límite elástico a tracción	205 MPa
Resistencia última a la tracción	380 MPa
Módulo de elasticidad	186 GPa
	

- Resortes de poliuretano.

Tabla 17: Propiedades mecánicas del poliuretano [19].

Dureza Shore A (Shore D)	105 (85)
Límite elástico a tracción	34,5 MPa
Resistencia última a la tracción	63 MPa
Módulo de elasticidad	0,248 GPa



- Herramientas de corte.
- Centro de mecanizado CNC.

En la Tabla 18 se especifican las propiedades del acero AISI P20 que será utilizado en las partes más solicitadas que corresponden a los núcleos, cavidades y elementos cargados axialmente.

Tabla 18: Propiedades del acero AISI P20 para moldes [24].

Properties	Metric	Imperial
Hardness, Brinell (typical)	300	33
Hardness, Rockwell C (typical)	30	30
Tensile strength, ultimate	965-1030 MPa	140000-150000 psi
Tensile strength, yield	827-862 MPa	120000-125000 psi
Elongation at break (in 50 mm (2"))	20.0%	20.0%
Compressive strength	862 MPa	125000 psi
Charpy impact (V-Notch)	27.1-33.9 J	20.0-25.0 ft-lb
Poisson's ratio	0.27-0.30	0.27-0.30
Elastic modulus	190-210 GPa	27557-30457 ksi

3.1.4.4.Cálculo del cono del bebedero

El diámetro menor debe ser mayor que el diámetro de la boquilla de inyección del cilindro de plastificación en la máquina inyectora.

En la máquina seleccionada tenemos un diámetro del tornillo de 36 mm y un coeficiente de veinte a uno por lo que el diámetro del agujero de la boquilla corresponde a 1,8 mm.

Se escoge un ángulo de salida en el bebedero de seis grados que será suficiente para extraer con facilidad el material del bebedero en el retorno de la mesa.

Es necesario calcular la longitud efectiva del cono del bebedero evitando que sea excesiva de modo de que no se ocasionen agarres innecesarios y optimizando el material, con la ecuación (7).

$$L = \frac{D - d}{2} \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right) \quad \text{Ec.(7)}$$

Donde:

L: Longitud efectiva del bebedero.

D: Diámetro mayor del cono.

d: Diámetro menor del cono.

α : Ángulo de salida del material dentro del bebedero.

El diámetro mayor seleccionado corresponde a cinco milímetros, por otro lado, el diámetro menor debe ser mayor al del agujero de la boquilla de la inyectora, por lo que escogemos un diámetro de 2,5 mm quedado de la siguiente manera.

$$L = \frac{5mm - 2,5 mm}{2} \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{6^\circ}{2}\right)} \right)$$

$$L = 23,85 \text{ mm}$$

- **Volumen del bebedero**

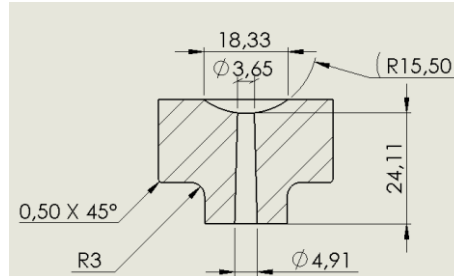


Figura 40: Geometría interior del bebedero.

En la Figura 40 se observa que la parte interna del bebedero tiene forma cónica por lo que calculamos con la fórmula del volumen del cono.

$$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + rR) \quad \text{Ec.(8)}$$

Donde:

V: Volumen del bebedero.

h: Altura de la parte cónica.

R: Radio mayor.

r: Radio menor.

$$V = \frac{\pi(24,11 \text{ mm})}{3} ((2,455 \text{ mm})^2 + (1,825 \text{ mm})^2 + (1,825 \text{ mm})(2,455 \text{ mm}))$$

$$V = 349,38 \text{ mm}^3 \left(\frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \right)^3 = 0,3494 \text{ cm}^3$$

3.1.4.5. Resistencia de los expulsores al pandeo

Para obtener la carga crítica de los expulsores sometidos a pandeo se puede usar la ecuación (9) que describe una columna empotrada en la base y articulada en la parte superior debido a la localización y disposición de los expulsores en el molde [25].

Como se muestra en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 41.

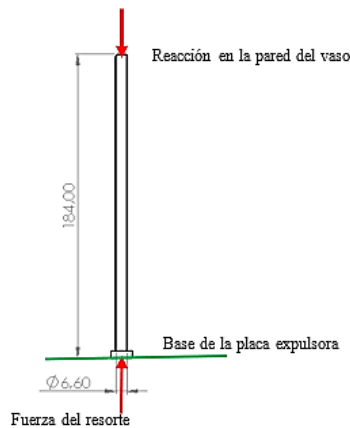


Figura 41: Diagrama de cuerpo libre del expulsor.

La carga aplicada no deberá exceder la carga crítica del elemento calculada con la fórmula de Euler [25].

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad Ec.(9)$$

Donde:

E = 210 GPa Módulo de elasticidad del acero AISI P20 Tabla 18.

I: Momento de inercia del expulsor, determinado por la ecuación (10).

$$I = \frac{\pi r^4}{4} \quad Ec.(10)$$

Donde:

L: Longitud del expulsor = 500mm.

d: Diámetro expulsor = 13mm.

El diámetro útil del expulsor corresponde a 6,6 mm obtenido de la geometría modelada en software como se muestra en la Figura 41 en el diagrama de cuerpo libre.

De este modo calculamos el momento de inercia.

$$I = \frac{\pi \left(\frac{6,6(10^{-3}) \text{ m}}{2} \right)^4}{4}$$

$$I = 9,31(10^{-11}) \text{ m}^4$$

Carga crítica.

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 (210(10^9) \frac{N}{m^2}) (9,31(10^{-11}) m^4)}{(184(10^{-3}) m)^2}$$

$$P_{crit} = 5702,02 \text{ N}$$

La carga crítica de los expulsores corresponde a 5702,02 N sin tomar en cuenta que están guiados por las placas expulsoras y los agujeros que se encuentran en las placas porta cavidades lo que los hace menos susceptibles al pandeo.

3.1.4.6 Selección de resortes poliméricos para expulsión del producto terminado

Se parte de la geometría determinada para el mecanismo expulsor en este caso escogemos resortes poliméricos de uretano dado que la fuerza para expulsar los vasos del molde debe ser mínima. El esquema de la fuerza de cierre se presenta en la Figura 42.

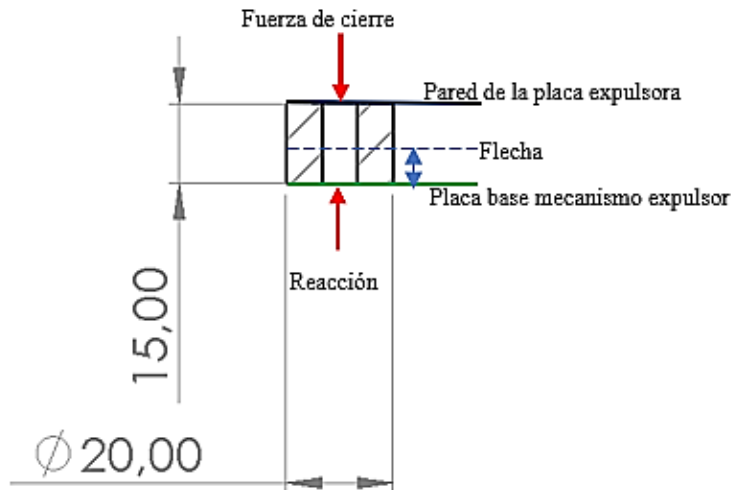


Figura 42: Diagrama de cuerpo libre del resorte del mecanismo expulsor.

La altura seleccionada en el diseño fue de 15 mm por lo cual escogeremos la curva correspondiente para la fuerza de cierre de 31,68 ton calculada anteriormente. Se emplea la fuerza de cierre obtenida para seleccionar el resorte más adecuado.

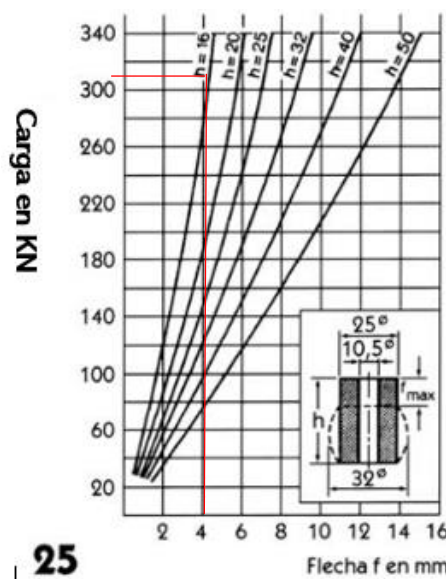


Figura 43: Cálculo de la flecha del resorte (Distancia de expulsión) [26].

La flecha seleccionada mediante la Figura 43 para una carga de 310 kN corresponde a cuatro mm que es suficiente para expulsar el vaso de las cavidades sin comprometer su geometría y sin ocasionar daños.

Se verifica que la reacción del resorte no sea superior a la carga crítica del expulsor, tomando en cuenta que el poliuretano en forma de resortes tiene una constante de 22,6 N/mm [26].

Con la ley de Hooke calculamos la carga que el muelle ejerce sobre el expulsor.

$$F = kx \quad \text{Ec.(11)}$$

$$F = \left(22,6 \frac{N}{mm}\right)(4 \text{ mm})$$

$$F = 90,4 \text{ N}$$

La carga ejercida por el muelle de 90,4 N sobre el expulsor no excede la carga crítica de Euler de 5702,02 N lo que indica que los expulsores trabajan perfectamente a compresión sin generar esfuerzos de compresión que comprometan su estabilidad por lo que se descarta el pandeo.

3.1.4.7 Tiempo de enfriamiento

Para obtener el tiempo de enfriamiento se utilizan las variables de cálculo en base a la ecuación (12) [25].

$$t_k = \frac{s^2}{a\pi} \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{\sigma m - \sigma w}{\sigma e - \sigma w} \right) \right) \quad \text{Ec.(12)}$$

Donde:

t_k : Tiempo de enfriamiento.

K: Conductividad térmica.

ρ : Densidad.

C_e : Calor específico.

σm : Temperatura de inyección.

σe : Temperatura de la pared del molde.

σw : Temperatura media de desmolde.

s: Espesor de la pieza inyectada.

a: Conductividad térmica/densidad del material a su capacidad calorífica

específica, se calcula con la siguiente ecuación [25].

Tabla 19: Propiedades obtenidas experimentalmente de un polímero a base de almidón de maíz [27].

Parámetros	Unidades	20 °C	98 °C
Conductividad térmica	W/m °C	0,51 ± 0,03	0,68 ± 0,07
Densidad	Kg/m ³	1233,08 ± 45,36	1254,49 ± 30,47
Capacidad calorífica	J/Kg °C	3132,63 ± 87,84	3145,36 ± 88,45
Difusividad térmica	m ² /s	1,33 ± 0,01 x 10 ⁻⁷	1,98 ± 0,02 x 10 ⁻⁷

$$a = k/\rho C_e \quad \text{Ec.(13)}$$

$$a = \frac{0,68 \frac{W}{m^{\circ}C}}{\left(1254,54 \frac{kg}{m} (3145,36 \frac{J}{kg^{\circ}C})\right)}$$

$$a = 1,72(10^{-7}) \frac{m^2}{s}$$

En investigaciones previas para inyección de biopolímeros se consideran las siguientes temperaturas, obtenidas experimentalmente [25].

σ_m : 295 °C.

σ_e : 70 °C.

σ_w : 120 °C.

Reemplazando estos valores obtenemos el tiempo estimado de enfriamiento del molde, el cual es aproximado ya que se asumen temperaturas constantes, aunque en la realidad son variables.

$$t_k = \frac{(0.3(10^{-3}))^2}{1,72(10^{-7}) \frac{m^2}{s} (\pi)} \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{295 - 70}{120 - 70} \right) \right)$$

$$t_k = 0,21 \text{ s}$$

- **Calor que debe eliminarse en el molde**

Al no disponer de datos térmicos del material, ya que es un material experimental nuevo se toma en cuenta datos de un polímero similar, en este caso el PLA que proviene del almidón de maíz y es el material comercial más parecido al material planteado en este estudio, por lo cual se toma como referencia la entalpía del PLA/DS2.5 a una temperatura de inyección de 295 °C. Obteniendo un valor aproximado de 1,35 J/gr. Los datos se presentan en la Figura 44.

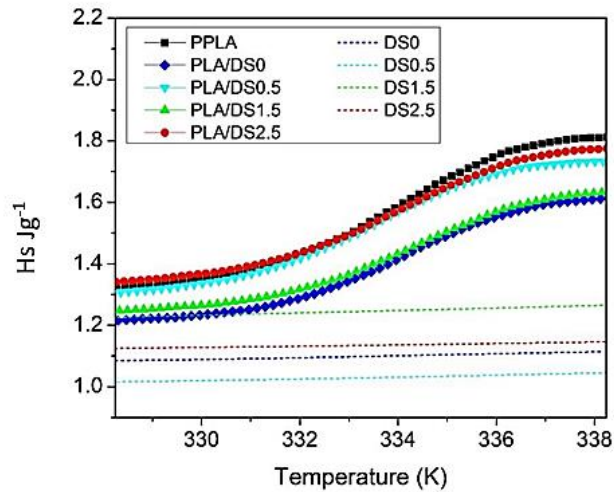


Figura 44: Entalpía específica PLA [28].

El calor que debe eliminarse se obtiene con la siguiente ecuación [25].

$$Q = \frac{Hsm}{tk} \quad \text{Ec.(14)}$$

Donde:

Hs: Entalpía.

m: Masa del material inyectado.

tk: Tiempo de enfriamiento.

El calor específico aproximado obtenido de la Figura 44 para la temperatura de inyección corresponde a 1,35 J/gr.

$$Q = \frac{\left(1,35 \frac{J}{gr}\right) (102 \text{ gr})}{0,21 \text{ s}}$$

$$Q = 655,71 \text{ W}$$

- **Cantidad de agua necesaria para eliminar el calor del molde [25].**

$$m_{H_2O} = \frac{Qtk}{C_{H_2O}} \quad Ec.(15)$$

Donde:

m_{H_2O} : Masa necesaria de agua.

Q: Calor a eliminar.

tk: Tiempo de enfriamiento.

C_{H_2O} : Calor específico del agua (4,18 J/gr).

$$m_{H_2O} = \frac{655,71 \frac{J}{s} (0,21 \text{ s})}{4,18 \frac{J}{gr}}$$

$$m_{H_2O} = 32,94 \text{ gr}$$

De este modo calculamos el caudal másico en función del tiempo de enfriamiento [25].

$$Qm = \frac{m_{H_2O}}{tk} \quad Ec.(16)$$

$$Qm = \frac{32,94 \text{ gr}}{0,21 \text{ s}}$$

$$Qm = 156,85 \frac{\text{gr}}{\text{s}}$$

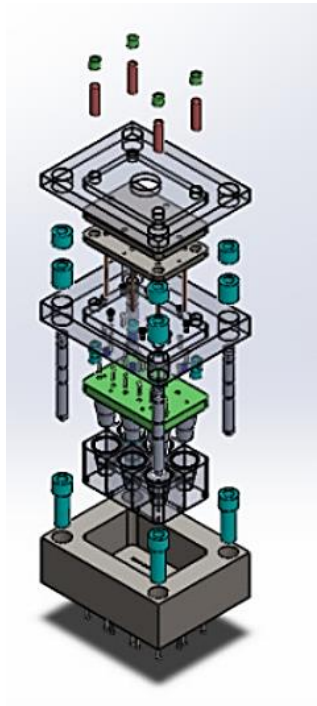


Figura 45: Diseño del Molde

3.1.4.8. Molde y producto obtenido



Figura 46: Molde y vaso obtenidos.

Los núcleos y cavidades del molde se fabricaron con un acero AISI P20 que tiene una dureza de 30 HRC y un módulo de elasticidad entre 827 y 862 MPa, los demás elementos fueron fabricados con un acero AISI 1045 que tiene una dureza de 88 HRC y un módulo de elasticidad aproximado de 530 MPa, ambos son materiales resistentes que resisten las cargas y presiones en el proceso de moldeo. En la Figura 46 se presenta el resultado del molde y del vaso que se extruyó con el plástico vegetal.

3.1.5 Comparación con otros materiales útiles en la fabricación de vasos existentes en el mercado.

Tabla 20: Tabla comparativa del polímero a base de almidón de maíz con el polipropileno.

Propiedad	Poliestireno	Polipropileno	Material propuesto.
Tasa de combustión	125,6 mm/min	111,4 mm/min	118,43 mm/min
Degradación en compostaje.	> 75 días	> 75 días	< 75 días
Degradación en agua.	> 75 días	> 75 días	< 75 días
Resistencia a la tracción	31,6 MPa	27,209 MPa	16,85 MPa
Dureza shore	49,89	55,2	73,85

En la Tabla 20 se muestra la comparación de los materiales poliméricos versus el material propuesto.

El polímero obtenido presenta buenas propiedades mecánicas en relación con los materiales de uso común en el mercado y sus características de inflamabilidad y degradación son buenas, lo que garantiza que el material puede reemplazar los plásticos de un solo uso y al ser amigable con el medio ambiente supone una gran ventaja comercial para el nuevo material dado que el uso de materias primas ecológicas está en tendencia, el vaso propuesto con el nuevo material contribuye significativamente con el cuidado del medio ambiente al ser biodegradable.

3.1.6. Aceptación del producto.

Basados en el código de control de calidad de buenas prácticas en la industria alimentaria (AFRIDO) y la norma UNE-EN 13130-7 respecto a los materiales plásticos en contacto con materiales y bebidas el polímero obtenido para la fabricación de vasos desechables cumple con todas las disposiciones estipuladas, ya que al ser natural no libera partículas de químicos dañinos que podrían mezclarse con los alimentos y ocasionar problemas en la salud del usuario.

El vaso fabricado con el nuevo polímero obtenido también es capaz de contener tanto bebidas frías como calientes en base a la misma norma, lo más destacable del nuevo producto es su capacidad biodegradable, que lo hace idóneo para el cuidado del medio ambiente evitando los plásticos de un solo uso.

Tabla 21: Resumen de los diferentes ensayos reportados por normas y manuales nacionales e internacionales para envases de plástico [36].

ENSAYOS	PRUEBA	USP	BP	NTC	COVENIN	AFRIDO
Físicos	Descripción					X
	Pruebas de identificación					
	Características organolépticas			X	X	X
	Determinación del tipo de material					X
	Prueba de flotación					X
	Prueba con disolventes					X
	Prueba de rayado					X
	Prueba de rotura					X
	Prueba de combustión					X
	Pruebas de caracterización, desempeño y resistencia					
	Dimensiones			X		X
	Determinación del peso			X		
	Determinación de la absorción superficial de agua			X		
	Determinación de permeabilidad al vapor de agua	X	X			
				X		
				X		
	Capacidad de rebose			X		X

En la tabla 22 se presentan las pruebas que se deben realizar a los materiales y envases plásticos para concluir acerca de su conformidad con las especificaciones y la calidad con la que fueron elaborados, las cuales constituyen el protocolo de control de calidad propuesto.

Tabla 22: Protocolo para el control de calidad de rutina de materiales y envases de plástico [36].

Prueba	Norma	Especificación
Descripción de la muestra		
Características organolépticas		
Olor	AFIDRO	El olor desprendido será leve y no desagradable, similar al de un blanco preparado en las mismas condiciones.
Sabor	AFIDRO	La solución deberá presentar un sabor ácido, ligeramente a plástico, pero no desagradable y similar al del blanco.
Pruebas de identificación		
Determinación del tipo de material		
Prueba de flotación	AFIDRO	Poliestireno (PS): no flota, queda suspendido dentro del líquido sin hundirse; polivinilcloruro (PVC) y polietileno tereftalato (PET): no flotan, se hunden. Polietileno (PE), polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (PEAD): flotan.
Prueba con disolventes: tetracloruro de carbono y acetato de etilo	AFIDRO	PVC: se aglutina en CCl ₄ , no se aglutina en acetato de etilo; PS: se aglutina, formando una masa grumosa, en ambos solventes; PE, PP, PET y PEAD: no se aglutinan en ambos solventes.
Prueba de rayado	AFIDRO	PP, PET y PVC: no queda ninguna marca; PE: se raya fácilmente; PEAD: se raya.
Prueba de rotura	AFIDRO	PS: se rasga fácilmente; PVC, PE, PET y PEAD: no se rasgan.

Tabla 22: Protocolo para el control de calidad de rutina de materiales y envases de plástico
(Continuación) [36].

Prueba de combustión	AFIDRO	PS: arde con llama amarilla desprendiendo humo, hollín y olor a hulla. PP: arde sin desprender humo y gotea; el olor es más picante que el del PE y no es característico. PE: arde sin desprender humo y gotea; el olor es característico a parafina. PVC: arde brevemente con formación de coque y la llama se extingue. PET: arde sin llama permanente con humo blanco; el olor es característico. PEAD: arde con llama, gotea y el olor es característico.
Solubilidad en acetona, acetato de etilo y tolueno	AFIDRO	PEAD, PET y PE: son insolubles en acetona, tolueno y acetato de etilo. PVC: es soluble en acetona e insoluble en acetato de etilo y tolueno.
Pruebas de caracterización, desempeño y resistencia para el envase		
Capacidad de rebose	AFIDRO	El volumen medido, debe corresponder con el especificado por el fabricante con una tolerancia de acuerdo con la capacidad nominal del envase. Para envases de 250 mL ($\pm 4,5$ mL), para 130 mL ($\pm 2,7$ mL), para 60 mL ($\pm 1,6$ mL) y para 10 mL ($< 1,0$ mL).
Dimensiones: a) Diámetro boca del cuerpo b) Diámetro base del cuerpo c) Altura del cuerpo d) Grosor Capacidad	AFIDRO	Las dimensiones evaluadas sobre diez envases, deben ser uniformes 2%.
Determinación del peso	NTC 3717	Tolerancia establecida de acuerdo con el peso nominal del envase (véase tabla 23).
Resistencia al impacto por caída libre entre 1,0 m y 2,3 m. Envases PET Envases no PET	NTC 4857 NTC 3717	Para envases PET de capacidad 250 mL, se presentan abolladuras, pueden romperse. Para otros tipos de presentaciones comparar con lo establecido por el fabricante. Los envases PE de alta densidad no presentan cambios desde las alturas de lanzamiento. El PVC se rompe desde cualquier altura dentro del intervalo del ensayo. El envase de PE puede romperse.

Tabla 23: Rangos de tolerancia para la prueba de determinación de peso [36].

Peso nominal (g)	(±) Tolerancia (g)
Hasta 5	0,5
> 5 a 10	1,0
> 10 a 30	1,5
> 30 a 60	3,0
> 60 a 90	4,5
> 90 a 120	6,0
> 120 a 150	7,5

La tabla 24 muestra mediciones de 5 tamaños diferentes de vasos de almidón de maíz y polipropileno, donde cumple con el código de control de calidad AFRIDO, corresponde a la determinación gravimétrica y cae dentro del rango apropiado, con sus tolerancias correspondientes.

Tabla 24: Pesos de vasos de almidón de maíz y polipropileno.

Material	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Polipropileno	2.60 gr	2.61 gr	2.60 gr	2.59 gr	2.60 gr	2.6 gr
Almidón de maíz	17 gr	16.5 gr	17.2 gr	16.6 gr	17.5 gr	16.96 gr

La Tabla 25 muestra sobre las dimensiones del diámetro de la boca, diámetro de la base, altura y grosor de un vaso de polipropileno y un vaso de almidón de maíz los cuales están aceptados dentro de la tolerancia del 2% que no exceda sus dimensiones.

Tabla 25: Dimensiones de los diferentes vasos de polipropileno y almidón de maíz.

Material	Dimensiones	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Polipropileno	Diámetro de la boca	70 mm	71 mm	70 mm	70 mm	71 mm	70.4 mm
	Diámetro de la base	45 mm	46 mm	45 mm	45 mm	46 mm	45.4 mm
	Altura	82 mm	83 mm	82 mm	82 mm	83 mm	82.4 mm
	Espesor	0.14 mm	0.14 mm	0.14 mm	0.14 mm	0.14 mm	0.14 mm
Almidón de maíz	Diámetro de la boca	69.52 mm	71.23 mm	69 mm	70.5 mm	71.5 mm	70.35 mm
	Diámetro de la base	41.5 mm	42.5 mm	40.8 mm	42.3 mm	42.9 mm	42 mm
	Altura	87.52 mm	88 mm	86.8 mm	87.5 mm	88.4 mm	87.64 mm
	Espesor	0.3 mm	0.31 mm	0.29 mm	0.31 mm	0.33 mm	0.308 mm

Como se puede observar en los datos obtenidos el producto es aceptable en peso y en dimensiones requeridas ya que no excede las tolerancias indicadas según el código de control de calidad AFRIDO.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Posterior a la obtención del material biodegradable, se pudo determinar que el material fabricado con almidón de maíz tierno presenta mejores características en comparación al almidón de maíz seco y al uso de almidón de maíz procesado (maicena), generando mejores resultados.
- La composición del material que presentó mejores resultados (muestra tres) corresponde a 100 ml de agua destilada, 32 ml de glicerina, 16 ml de ácido acético y 24 gr de almidón de maíz tierno, comparando con las otras muestras en las que se añadió diferentes sustancias, las cuales no dieron éxito.
- Los ensayos para determinar las propiedades mecánicas para el material obtenido con la configuración de la muestra tres dieron como resultado; esfuerzo máximo de tracción de 16,852 MPa, aplicando una fuerza máxima de 173,343 N y un módulo de elasticidad de 870,143 MPa, definiéndolo como un material de resistencia baja y se consideraría biodegradable en comparación a los resultados que arrojó el polipropileno en donde se obtuvo un esfuerzo máximo de 27, 209 MPa con una fuerza máxima aplicada de 191,343 N y un módulo de elasticidad de 756,44 MPa.
- La dureza shore D en el plástico vegetal fue de 55,2 lo que indica que el material propuesto tiene una dureza poco resistente, provocando su rápida degradación en el ambiente en comparación al polipropileno debido a que este presentó una dureza alta.
- En la prueba de degradación en agua, se observó que en los 75 días la probeta de plástico vegetal con base de almidón de maíz se deterioró totalmente, en comparación con la de polipropileno que conservo sus propiedades mecánicas en un 90 %, el nuevo material propuesto en 75 días al aire natural perdió sus propiedades mecánicas en un 70 % en comparación con el polipropileno que se degradó en un 10 %.

- El vaso de polímero de almidón de maíz tiene una resistencia a la tracción inferior al de polipropileno debido a su composición natural, sin embargo, esto se compensa con su buena degradación en agua y en compostaje lo que lo hace amigable con el medio ambiente.
- En la prueba de inflamabilidad se observó que, el nuevo polímero propuesto se quema con mayor facilidad en comparación al polipropileno lo que lo hace más fácil de eliminar y al ser orgánico no genera contaminación excesiva.
- Los cálculos del molde obtenido para la producción del vaso se obtuvieron a partir del diseño inicial, correspondiente a un molde de inyección con capacidad de producción de seis unidades por carga, el tiempo aproximado de inyección es de tres segundos, cada vaso tiene una masa de 17 gr de material y un volumen de $5,04 \text{ cm}^3$.
- En el diseño del molde se calculó una fuerza de cierre de $31,68 \text{ Ton}$, con ello se seleccionaron resortes de uretano de 15 mm de largo con una flecha o deformación de 4 mm suficientes para expulsar el vaso del molde, la carga ejercida por el muelle fue de 90,4 N sobre el expulsor no excede la carga crítica de Euler de $5702,02 \text{ N}$ indicando que los expulsores trabajan perfectamente a compresión sin generarse esfuerzos de compresión que comprometan su estabilidad por lo que se descarta el pandeo.
- Se concluye manifestando que el material obtenido es apto para reemplazar los plásticos de un solo uso, dado que, en relación con otros polímeros el material propuesto tiene mejores propiedades de inflamabilidad y degradación en el medio ambiente y por el hecho de ser orgánico constituye una alternativa beneficiosa para el medio ambiente.

4.2 Recomendaciones

- Emplear dispositivos de medición o a su vez, emplear instrumental graduado para determinar cantidades correctas de los materiales que conforman el material biodegradable, de este modo, los resultados no presentarán variaciones en las propiedades mecánicas.
- Tabular los resultados entregados por los laboratorios para realizar las fichas técnicas de los productos y correcto procesamiento de la información.
- Con la fabricación del molde para la inyección del material biodegradable se debe desarrollar simulaciones del proceso de inyección y de su funcionamiento, además de un análisis reológico del material propuesto.
- Se debe emplear procesos de corte láser para la obtención de las probetas para los ensayos, con la finalidad de conseguir resultados uniformes y evitar roturas por picaduras en los bordes de la muestra.
- En la etapa de la caracterización del material considerar el análisis térmico con la finalidad de obtener curvas o parámetros térmicos, que permitan conocer los modos de interacción del molde con el material, facilitando el diseño del sistema de refrigeración.
- Verificar que los elementos calculados seleccionados estén acorde a los cálculos del molde, especialmente los más críticos que interactúan con otros elementos, como los resortes y expulsores.
- Seleccionar adecuadamente una máquina inyectora que satisfaga las necesidades de producción en cada carga del molde, optimizando el uso de material y el tiempo en los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Hernández, «BIODEGRADACIÓN DE ENVASES ELABORADOS A BASE DE FÉCULA DE MAÍZ, PAPA, CAÑA DE AZÚCAR, PAPEL Y OXO-BIODEGRADABLES.,» Universidad Autonoma de México, Mexico, 2013.

- [2] B. Gonzabay, «Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de vasos y contenedores termicos a base de maíz en la provincia de Santa Elena,» Universidad Estatal de Santa Elena, Santa Elena, 2014.

- [3] D. D. A. M. M. Z. y. Y. Z. Adriana Avellán, «Obtención de bioplastico a partir de almidon de maíz,» *Colon Ciencia, tecnologia, negocios*, vol. 1, 2020.

- [4] D. Maya, «Estudio y aplicación de almidon de maíz,» *Instituto Politecnico Nacional*, vol. 1, nº 1, p. 70, 2017.

- [5] L. Garcia, A. Garcia, P. Olaya y G. Rosas, «Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz,» Universidad de Piura, Perú - Piura, 2019.

- [6] Gestor de residuos, «gestoresderesiduos.org,» gestoresderesiduos.org, 2016. [En línea]. Available: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-nueva-economia-de-plasticos-repensando-el-futuro-de-los-plasticos>. [Último acceso: 02 09 2021].

- [7] Foro Económico Mundial y la Fundación Ellen, «THE NEW PLASTICS ECONOMY,» varias, España, 2016.

- [8] tendencias, «materiales biodegradables,» 2016. [En línea]. Available: <https://tendencias.com/eco/materiales-biodegradables/>. [Último acceso: 2021].
- [9] delmaiz.info, «Los diversos Tipos de Maíz o Variedades,» 10 09 2021. [En línea]. Available: <http://delmaiz.info/tipos-de-maiz/>. [Último acceso: 15 09 2021].
- [10] CAIP, «www.caip.org.ar,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>. [Último acceso: 2021].
- [11] credinform, «www.credinform.com,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.credinformsa.com/cuanto-tiempo-tardan-en-descomponerse-los-productos-plasticos-que-usamos-a-diario/>. [Último acceso: 2021].
- [12] «Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación.,» *Biotecnología*, vol. 11, n° 2, p. 173, 2019.
- [13] AIMPLAS, «Propiedades mecánicas del plástico,» p. 1, 2021.
- [14] Gestión de compras, «gestiondecompras.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/moldes-matrices-y-utillajes/moldes-de-inyeccion>. [Último acceso: 2021].
- [15] portalelectromecanico.org, «www.portalelectromecanico.org,» 2018. [En línea]. Available: http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/injectoras/partes_de_una_inyectora_de_plastico.html. [Último acceso: 2021].
- [16] Sunflex, «www.sunflexcol.com,» sunflex, 2021. [En línea]. Available: <https://www.sunflexcol.com/productos/linea-ecologica/32/fecula-de-maiz>. [Último acceso: 2021].

- [17] Matweb, «AISI 1045 steel,» 2021. [En línea]. Available:
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=4b0553daf9c245e684f2199a48179d89&ckck=1>.
- [18] Matweb, «AISI 1020 Steel,» 2021. [En línea]. Available:
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b58ee61a3745453a9232f7864abba74f>.
- [19] Matweb, «Polyurethane Elastomer Unreinforced,» 2021. [En línea]. Available:
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=26606798bc9d4538a7c7eadf78ab082b>.
- [20] H. Martínez, Metodología de la investigación, México: Cengage Learning, 2012.
- [21] D. D. M. A. Z. M. Z. Y. R. M. A. Avellán Adrián, «OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ,» *Colón CIENCIA TECNOLOGÍA Y NEGOCIOS*, 2019.
- [22] U. Fórmulas, «Área de un tronco de cono,» Fórmulas, Universo, 10 2018. [En línea]. Available:
<https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/area-tronco-cono/>.
[Último acceso: 20 enero 2022].
- [23] Milacron, «Technical Specifications Milacron a-s 10iA,» 2018. [En línea]. Available: www.milacron.com.
- [24] Azom, «P20 Tool Steel - Low - Carbon Mold Steel UNS T51620,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6239>.
- [25] J. Fernandez, «Diseño de moldes de inyección para materiales poliméricos biodegradables,» *Escuela Universitaria Técnica de Bilbao*, vol. 1, nº 1, pp. 1-

20, 2017.

- [26] Inmacisa, «Elementos de expulsión varios,» 2017. [En línea]. Available: https://www.inmacisa.es/wp-content/uploads/2015/06/ELEMENTOS_-EXPULSION-.pdf.
- [27] D. Torres y L. Gallo, «Determinación de los parámetros de transferencia de calor durante la cocción de bollos de maíz amarillo,» *UG ciencia*, pp. 213-226, 2016.
- [28] R. Nasseri, «Development and Characterization of Poly(lactic acid)/Acetylated Starch Blends,» *Semantic Scholar*, vol. 1, n° 1, pp. 2-5, 2018.
- [29] L. Montalvo, *Plásticos industriales y su procesamiento*, España: El Cid Editor, 2015.
- [30] Laboratorio de Investigación Mecánica LIM - UTA, «Resultados del ensayo de Inflamabilidad,» 2021. [En línea].
- [31] J. Zhan, «Combustion properties and thermal degradation behavior of polylactide with an effective intumescent flame retardant,» *Polymer Degradation and Stability*, vol. 1, n° 1, pp. 291-296, 2018.
- [32] Laboratorio de Materiales FICM - UTA, «Resultados del ensayo de dureza Shore D,» 2021. [En línea].
- [33] Centro de Fomento Carrocero, «Resultados de ensayo a tracción para polímeros,» 2021. [En línea].
- [34] LA VANGUARDIA, «Plástico de un solo uso, un problema global,» *La vanguardia*, p. 1, 26 04 2020.

[35] Comité español de ACNUR, «Isla de plástico,» *Isla de plástico"Que es y como nos afecta"*, p. 2, 2019.

ANEXOS

Anexo 1: Ensayos de dureza



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UEA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA**

ENSAYO DE DUREZA SHORE D - ISO 868

Diciembre 2021

AMBATO-ECUADOR

CTT-2021

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS		 CTT FICM <small>CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS</small> <small>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</small>	
ENSAYO DE DUREZA					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:		De laboratorio		Norma:	ISO 868
Identificación del componente de estudio:		Vasos de PP y de almidón vegetal			
Solicitado por:		Julio Armando López Yáñez Jorge Raúl Tasigchana Chango		Fecha:	03/12/2021
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Metalografía - FICM			
PARÁMETROS					
Equipo:		Shore D durometer		Modelo:	NA
		Temperatura Ambiente:	Dureza:	Iluminación:	Orden:
		18.0 °C	SHORE D	Luz Natural	CTT-2021
			Identador: SR0.1mm		
Precisión: ± 1%					
PROBETAS A ENSAYAR:					
					

RESULTADOS:

Las lecturas se muestran en la forma de dureza Shore "D/1:60" la cual indica una lectura de 60 en el durómetro tipo D obtenida en 1 segundo.

RESULTADOS PROBETAS "PLÁSTICO VEGETAL EN BASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ":

Probetas Polipropileno	
Número de medición	Dureza Shore D
1	D/3:53
2	D/1:56
3	D/2:55,5
4	D/2:55,5
5	D/1:57,5
6	D/1:56,5
7	D/1:55,5
8	D/1:53
9	D/1:52,5
10	D/1:57
POMEDIO	55,2

RESULTADOS PROBETAS "POLIPROPILENO":

Probetas plástico vegetal	
Número de medición	Dureza Shore D
1	D/1:74,5
2	D/2:74
3	D/1:73,5
4	D/2:72,5
5	D/2:73,5
6	D/1:73,5
7	D/1:74,5
8	D/2:75,5
9	D/2:73
10	D/1: 74
POMEDIO	73,85

CONCLUSIONES:

- Se tomaron 10 medidas por cada probeta: polipropileno y de plástico vegetal, el ensayo fue realizado bajo la norma ISO 868: "DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE INDENTACIÓN MEDIANTE UN DURÓMETRO (DUREZA SHORE) EN PLÁSTICOS Y EBONITA" la cual determina que el espesor de la muestra de ensayo debe ser de al menos 4 mm. Al encontrarse con espesores mucho más bajos en las probetas, fue necesario compactar muestras de prueba compuestas de capas para obtener el espesor requerido (ANEXO 1), pero las mediciones hechas en dichas muestras de prueba pueden no coincidir con las realizadas en muestras de prueba de una sola pieza porque las superficies entre las capas pueden no estar en contacto completo, obteniendo bajo estas condiciones los siguientes promedios de dureza shore D:
- En la probeta de Plástico vegetal, la medida de dureza promedio resultante es de 55,2 shore D.
- En la probeta Polipropileno, la medida de dureza promedio resultante es de 73,85 shore D.



PRIMERA FOTOCOPIADA POR
CHRISTIAN
VICENTE SANCHEZ
LEON

REALIZADO POR
Ing. Christian Sánchez L.
LABORATORIO DE MATERIALES



PRIMERA FOTOCOPIADA POR
SEBASTIÁN VILLEGAS
S.

SUPERVISADO POR
Ing. Sebastián Villegas S.
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 2: Ensayos de inflamabilidad material “Plástico vegetal en base de maíz”



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
DESARROLLADO EN REFERENCIA AL PROCEDIMIENTO DE LA
NORMA ISO 3795.**

PLASTICO VEGETAL EN BASE DE ALMIDÓN DE MAIZ	
Fecha de recepción	29/11/2021
Número de probetas	7
Dimensiones	70mm x 138mm
Color adverso	Blanco
Color reverso	Blanco
Superficie adversa	Con Relieve
Superficie reversa	Con Relieve

CÓDIGO: LIM-UTA-2021-3795-0001 – INT

3 de diciembre de 2021

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 29 de noviembre de 2021, los señores Julio Armando López Yáñez y Jorge Raúl Tasigchana Chango, domiciliados en la ciudad de Ambato y con número de cédula: 1804431151 y 1803944030 respectivamente, solicitan al laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad desarrollado en referencia al procedimiento de la norma ISO 3795, de la muestra Plástico vegetal en base de almidón de maíz la cual es utilizada en el desarrollo del trabajo de titulación bajo el tema: Obtención de un material biodegradable y elaboración de vaso a partir del almidón de maíz.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

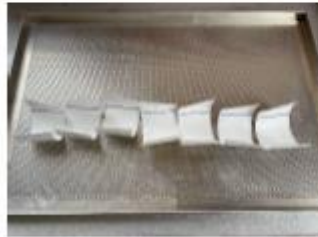
Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	PLÁSTICO VEGETAL EN BASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Recipientes
Dimensiones de la muestra:	70 mm X 138 mm
Responsable del corte de las muestras:	Laboratorio
Tipo de entrega de las muestras:	7 muestras
Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	horizontal	Fecha de ensayo:	1/12/2021
Tipo de material:	PLÁSTICO VEGETAL EN BASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ		
Dimensiones (mm):	70mm x 138mm	Nº de probetas:	7
Temperatura promedio corregida:	23,18 °C	Humedad relativa promedio corregida:	47,94 %
Tiempo de acondicionamiento:	48 horas 10 minutos		
Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal		



Conjunto de muestras antes de las pruebas

Resultados Según La Norma ISO 3795

N- De Probetas	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	99,98	57,84	103,71 (mm/min)
2	51,17	44,93	68,33 (mm/min)
3	99,98	45,88	130,75 (mm/min)
4	78,62	40,13	117,55 (mm/min)
5	99,98	56,51	106,15 (mm/min)
6	99,98	36,59	163,95 (mm/min)
7	99,98	43,28	138,60 (mm/min)

Observaciones: Ninguna.



Conjunto de nuestras después de las pruebas.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: PLÁSTICO VEGETAL EN BASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	103,71 (mm/min)
Probeta 2	68,33 (mm/min)
Probeta 3	130,75 (mm/min)
Probeta 4	117,55 (mm/min)
Probeta 5	106,15 (mm/min)
Probeta 6	163,95 (mm/min)
Probeta 7	138,60 (mm/min)



Firmado electrónicamente por:
GONZALO NARANJO
ALTAMIRANO



Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO
ESPIN GUERRERO



Firmado electrónicamente por:
CHRISTIAN BYRON
CASTRO MINIGUANO

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM

Ing. Mec Victor Espín, Mg.
Coordinador - LIM

Ing. Mec Christian Castro, Mg.
Director - LIM

6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitante utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no pueden ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se considero la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.
- El presente informe se ha desarrollado en referencia al procedimiento de la norma ISO 3795 y bajo responsabilidad de los solicitantes.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN

Anexo 3: Ensayos de inflamabilidad material “Plástico polipropileno”



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
DESARROLLADO EN REFERENCIA AL PROCEDIMIENTO DE LA
NORMA ISO 3795.**

PLÁSTICO – POLIPROPILENO	
Fecha de recepción	29/11/2021
Número de probetas	7
Dimensiones	70mm x 138mm
Color adverso	Transparente
Color reverso	Transparente
Superficie adversa	Con Relieve
Superficie reversa	Con Relieve

CÓDIGO: LIM-UTA-2021-3795-0002 – INT

2 de diciembre de 2021

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:


Con fecha 29 de noviembre de 2021, los señores. Julio Armando López Yáñez y Jorge Raúl Tasigchana Chango, domiciliados en la ciudad de Ambato y con número de cedula: 1804431151 y 1803944030 respectivamente, solicitan al laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad desarrollado en referencia al procedimiento de la norma ISO 3795, de la muestra Plástico – Polipropileno la cual es utilizada en el desarrollo del trabajo de titulación bajo el tema: Obtención de un material biodegradable y elaboración de vaso a partir del almidón de maíz.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	PLÁSTICO – POLIPROPILENO
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Simple
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Recipientes
Dimensiones de la muestra:	70 mm X 138 mm
Responsable del corte de las muestras:	Laboratorio
Tipo de entrega de las muestras:	7 muestras
Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	horizontal	Fecha de ensayo:	1/12/2021
Tipo de material:	PLÁSTICO – POLIPROPILENO		
Dimensiones (mm):	70mm x 138mm	Nº de probetas:	7
Temperatura promedio corregida:	23,18 °C	Humedad relativa promedio corregida:	47,94 %
Tiempo de acondicionamiento:	50 horas 00 minutos		
Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal		



Conjunto de muestras antes de las pruebas

Resultados Según La Norma ISO 3795

N- De Probetas	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	6,03	10,86	33,31 (mm/min)
2	3,62	6,07	35,78 (mm/min)
3	99,98	53,85	111,40 (mm/min)
4	0	0	0 (mm/min)
5	0	0	0 (mm/min)
6	0	0	0 (mm/min)
7	0	0	0 (mm/min)

Observaciones: Ninguna.



Conjunto de nuestras después de las pruebas.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: PLÁSTICO – POLIPROPILENO las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	33,31 (mm/min)
Probeta 2	35,78 (mm/min)
Probeta 3	111,40 (mm/min)
Probeta 4	0 (mm/min)
Probeta 5	0 (mm/min)
Probeta 6	0 (mm/min)
Probeta 7	0 (mm/min)



Firmado electrónicamente por:
GONZALO EFRAIN
NARANJO
ALTAMIRANO



Firmado electrónicamente por:
VICTOR RODRIGO
ESPIN GUERRERO



Firmado electrónicamente por:
CHRISTIAN HYRON
CASTRO MINIGUANO

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM

Ing. Mec Víctor Espín, Mg.
Coordinador - LIM

Ing. Mec Christian Castro, Mg.
Director - LIM

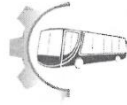
6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitante utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no pueden ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se considero la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.
- El presente informe se ha desarrollado en referencia al procedimiento de la norma ISO 3795 y bajo responsabilidad de los solicitantes.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN

Anexo 4: Ensayo de probetas en centro de fomento productivo carrocerero



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocerero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180443115120211209-ETP.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Julio Armando López Yánez.	
Dirección: Quisapincha, Barrio El Centro.	
Núm. de cédula/RUC: 1804431151.	Teléfono: +593984472589.
E-mail: julimando1@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material polimérico: Polipropileno y plástico vegetal con base de almidón de maíz con aglutinante (glicerina).
Método de ensayo: ASTM D638-14.-Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los plásticos.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Material	Probetas a Ensayar
1	180443115120211209-ETP 01	Plástico vegetal con base de almidón de maíz	3
2	180443115120211209-ETP 02	Polipropileno	3
Total			6

Nota: La fabricación de las probetas en configuración, tipo y cantidad es declarada por el cliente.

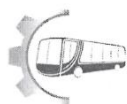


ENSAYO SOLICITADO			
No.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180443115120211209-ETP 01-1	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09
2	180443115120211209-ETP 01-2	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09
3	180443115120211209-ETP 01-3	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09
4	180443115120211209-ETP 02-1	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09
5	180443115120211209-ETP 02-2	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09
6	180443115120211209-ETP 02-3	Cumple criterios dimensionales	2021/12/09

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.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Luis Mayorga G. MEng. Director Técnico Área de I+d+i del CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMERICOS

INFORME DE RESULTADOS N°: 180443115120211209-ETP.

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2021_039

Empresa/Cliente: Julio Armando López Yánez.

RUC/C.I.: 1804431151.

Dirección: Quisapincha, Barrio El Centro.

Teléfono: +593984472589.

Correo: julimando1@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catigлата. Santo Domingo y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM D638-14.-Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los plásticos.

Tipo de probeta: Plana-Tipo 1.

Zona Calibrada: 50 mm.

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.

Modelo: STH-1500 S/C.

Serie: 8802M001.

Velocidad de ensayo: 5 mm/min.

Precarga: 0 N.

Fecha Inicio de Ensayo: 2021/12/16. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/12/17.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material polimérico: polipropileno y plástico vegetal con base de almidón de maíz con aglutinante (glicerina)*. 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 de probetas	Material	Probetas a Ensayar
1	180443115120211209-ETP 01	Plástico vegetal con base de almidón de maíz	3
2	180443115120211209-ETP 02	Polipropileno	3
Total			6

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.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Revisado por: Ing. David Romero C. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Director Técnico Área de I+d+i del CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 17 de diciembre de 2021.

N° Factura: 001-001-000000004.

Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero
Código: RC-RM-031
Fecha de Elaboración: 16-06-2016
Fecha de última aprobación: 16-05-2018
Revisión: 5

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN
MATERIALES POLIMÉRICOS

Página 1 de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
1	180443115120211209-ETP 01-1	19,3	68,3	12,91	0,83	176,01	16,43	836,58	2,258	1,96
2	180443115120211209-ETP 01-2	19,3	68,3	12,82	0,81	176,01	16,95	1000,63	1,948	1,69
3	180443115120211209-ETP 01-3	19,3	68,3	13,04	0,75	168,01	17,18	773,22	2,555	2,22
				Promedio \bar{X}		173,343	16,852	870,143	2,254	1,960
				Desviación estándar S_{n-1}		4,619	0,386	117,361	0,304	0,264
				Coeficiente de variación CV		2,665	2,290	13,488	13,468	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor					
4	180443115120211209-ETP 02-1	20,5	67,2	12,17	0,56	192,01	28,17	743,12	4,360	3,79
5	180443115120211209-ETP 02-2	20,5	67,2	12,47	0,58	186,01	23,72	788,90	3,749	3,26
6	180443115120211209-ETP 02-3	20,5	67,2	12,62	0,56	196,01	27,74	737,30	4,326	3,76
				Promedio \bar{X}		191,343	27,209	756,439	4,145	3,604
				Desviación estándar S_{n-1}		5,033	1,310	28,266	0,343	0,299
				Coeficiente de variación CV		2,630	4,813	3,737	8,284	

Observaciones del ensayo: Ninguna

Código: RG-RM-031
Fecha de Elaboración: 16-06-2016
Fecha de última aprobación: 16-05-2018
Revisión: 3

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES
POLIMÉRICOS

Página 2
de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180443115120211209-ETP.
DATOS DEL CLIENTE
Empresa/Cliente: Julio Armando López Yáñez.
Dirección: Quisapincha, Barrio El Centro.
Núm. de cédula/RUC: 1804431151.
E-mail: julimando1@gmail.com
Teléfono: +593984472589.

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material:
Material polimérico: Polipropileno y plástico vegetal con base de almidón de maíz con aglutinante (glicerina).
Método de ensayo:
ASTM D638-14.-Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los plásticos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 2



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



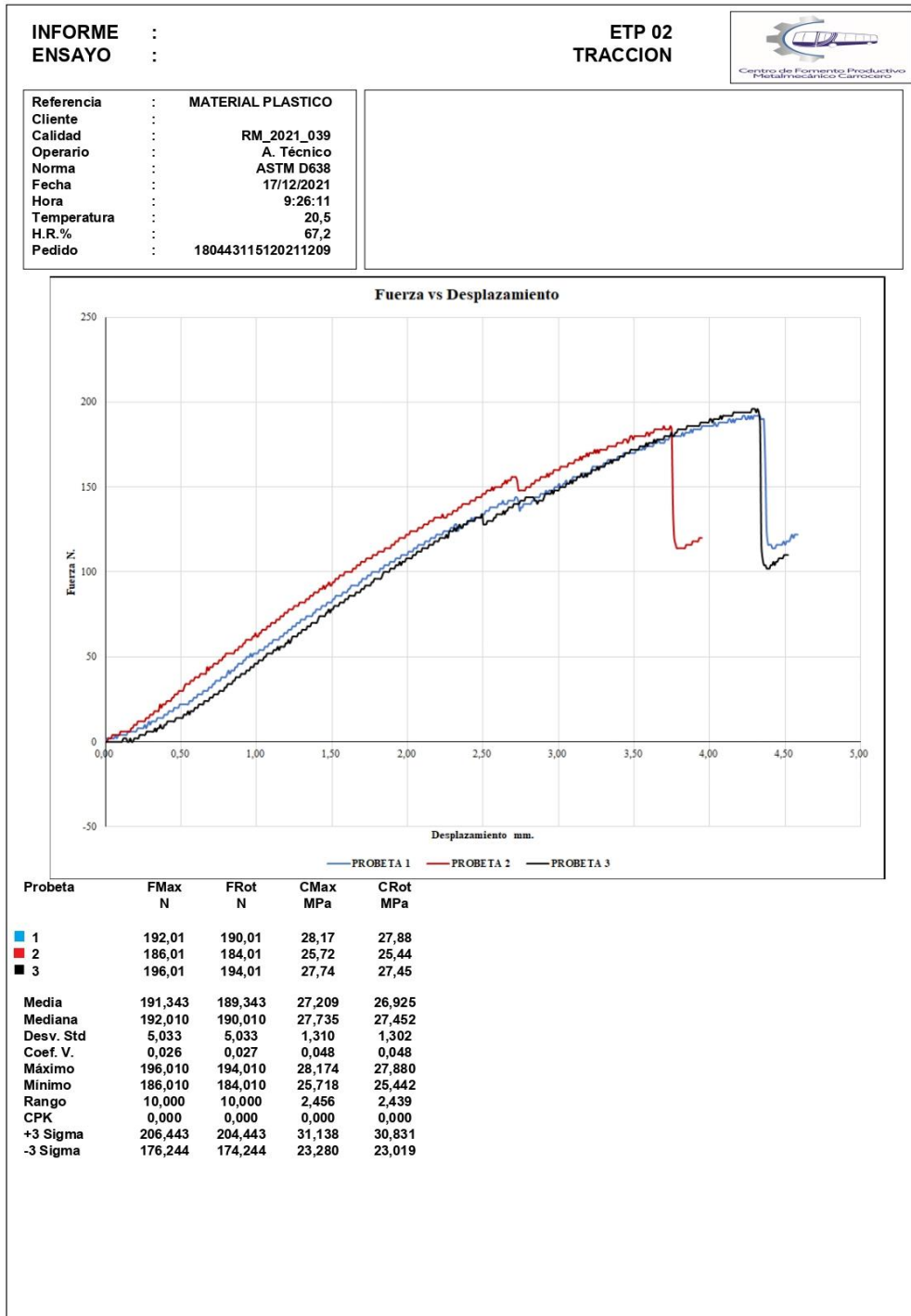
Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
4	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	
6	180443115120211209-ETP 01-1	2021/12/09	2021/12/17	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos ensayados 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.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Luis Mayorga G. MEng. Director Técnico Área de I+D+I del CFPMC
Cliente	

Anexo 5: Ensayos de tracción centro de fomento productivo carrocerero



Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	50000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

Velocidades

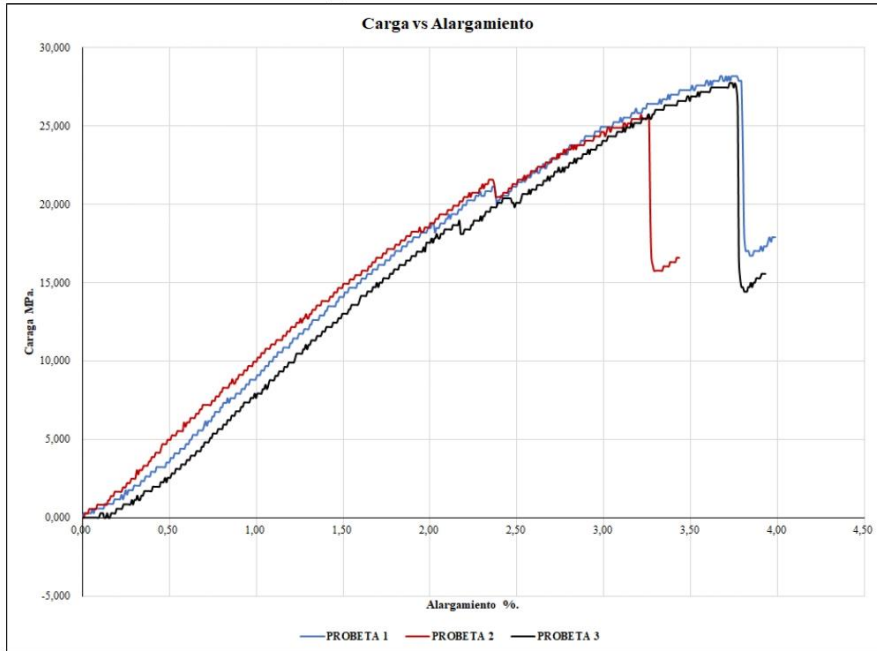
Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETP 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL PLASTICO
 Cliente :
 Calidad : RM_2021_039
 Operario : A. Técnico
 Norma : ASTM D638
 Fecha : 17/12/2021
 Hora : 9:26:11
 Temperatura : 20,5
 H.R.% : 67,2
 Pedido : 180443115120211209



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	192,01	190,01	28,17	27,88
■ 2	186,01	184,01	25,72	25,44
■ 3	196,01	194,01	27,74	27,45
Media	191,343	189,343	27,209	26,925
Mediana	192,010	190,010	27,735	27,452
Desv. Std	5,033	5,033	1,310	1,302
Coef. V.	0,026	0,027	0,048	0,048
Máximo	196,010	194,010	28,174	27,880
Mínimo	186,010	184,010	25,718	25,442
Rango	10,000	10,000	2,456	2,439
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	206,443	204,443	31,138	30,831
-3 Sigma	176,244	174,244	23,280	23,019

Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	50000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

Velocidades

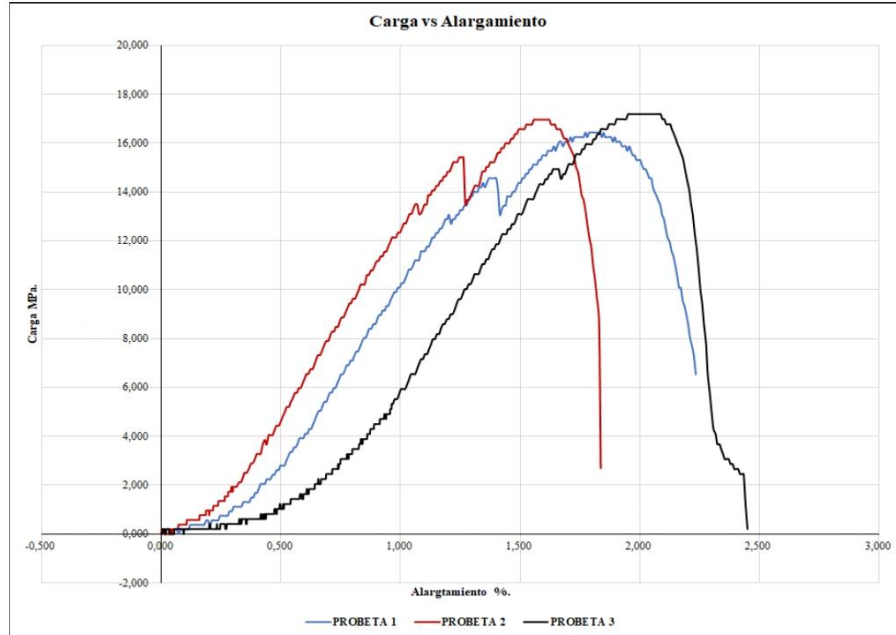
Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETP 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL PLASTICO
 Cliente :
 Calidad : RM_2021_039
 Operario : A. Técnico
 Norma : ASTM D638
 Fecha : 16/12/2021
 Hora : 14:55:05
 Temperatura : 19,3
 H.R.% : 68,3
 Pedido : 180443115120211209



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	176,01	168,01	16,43	15,68
■ 2	176,01	168,01	16,95	16,18
■ 3	168,01	128,01	17,18	13,09
Media	173,343	154,677	16,852	14,983
Mediana	176,010	168,010	16,950	15,679
Desv. Std	4,619	23,094	0,386	1,659
Coef. V.	0,027	0,149	0,023	0,111
Máximo	176,010	168,010	17,179	16,179
Mínimo	168,010	128,010	16,426	13,089
Rango	8,000	40,000	0,753	3,090
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	187,200	223,959	18,009	19,959
-3 Sigma	159,487	85,395	15,694	10,006

Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	50000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

Velocidades

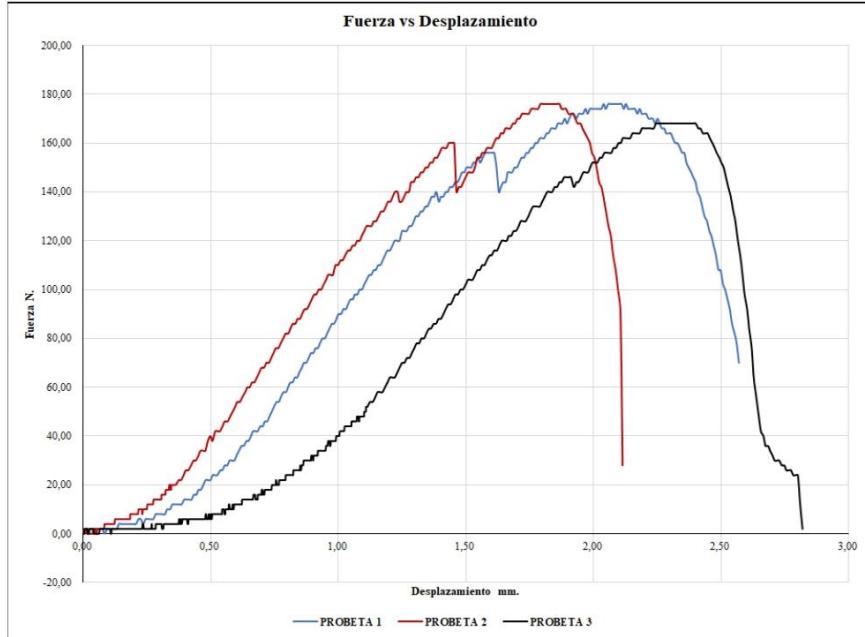
Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ETP 01
TRACCION



Referencia : MATERIAL PLASTICO
 Cliente :
 Calidad : RM_2021_039
 Operario : A. Técnico
 Norma : ASTM D638
 Fecha : 16/12/2021
 Hora : 14:55:05
 Temperatura : 19,3
 H.R.% : 68,3
 Pedido : 180443115120211209



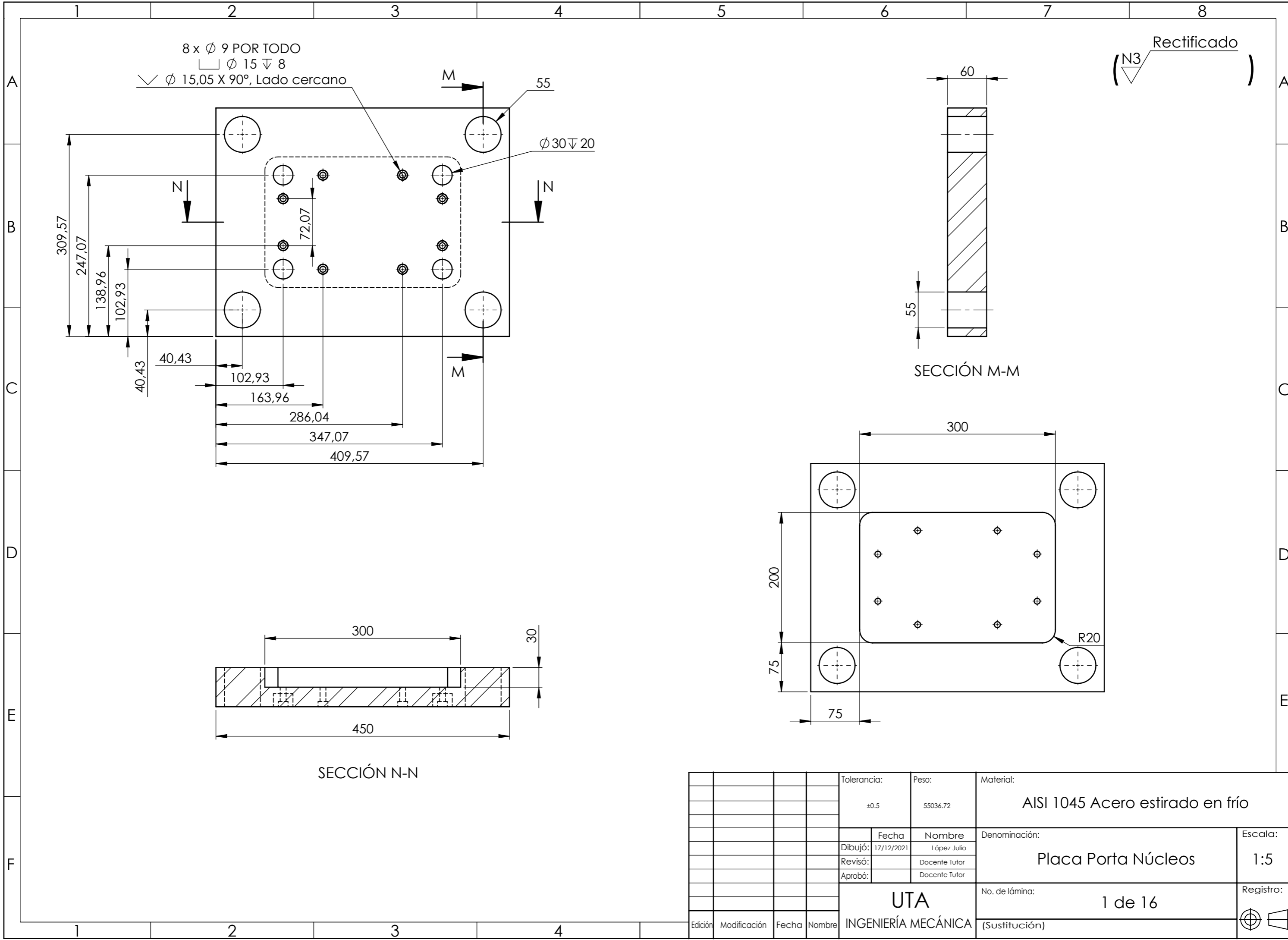
Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	176,01	168,01	16,43	15,68
■ 2	176,01	168,01	16,95	16,18
■ 3	168,01	128,01	17,18	13,09
Media	173,343	154,677	16,852	14,983
Mediana	176,010	168,010	16,950	15,679
Desv. Std	4,619	23,094	0,386	1,659
Coef. V.	0,027	0,149	0,023	0,111
Máximo	176,010	168,010	17,179	16,179
Mínimo	168,010	128,010	16,426	13,089
Rango	8,000	40,000	0,753	3,090
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	187,200	223,959	18,009	19,959
-3 Sigma	159,487	85,395	15,694	10,006

Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	100,00	
Retorno Automatico	=	0,00	
Limite Fuerza	=	50000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

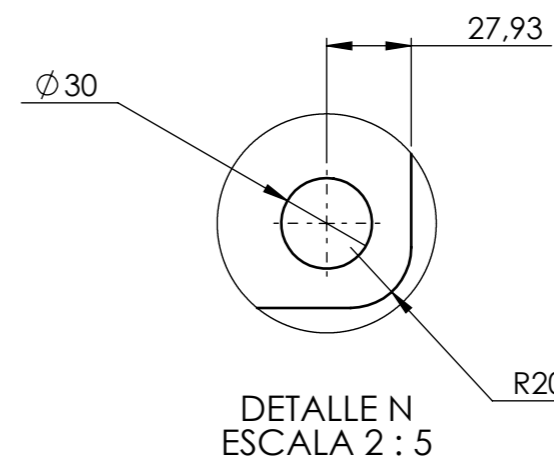
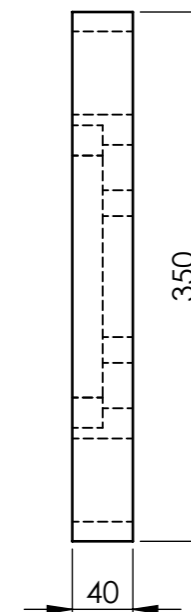
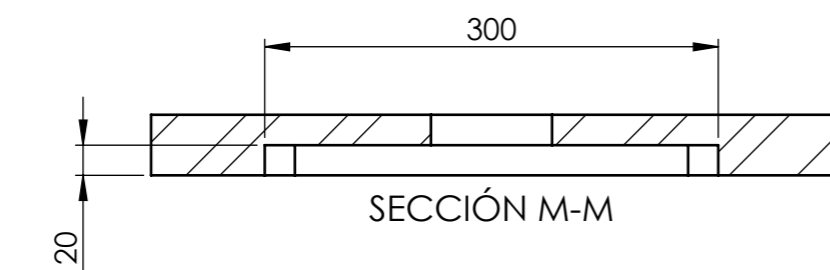
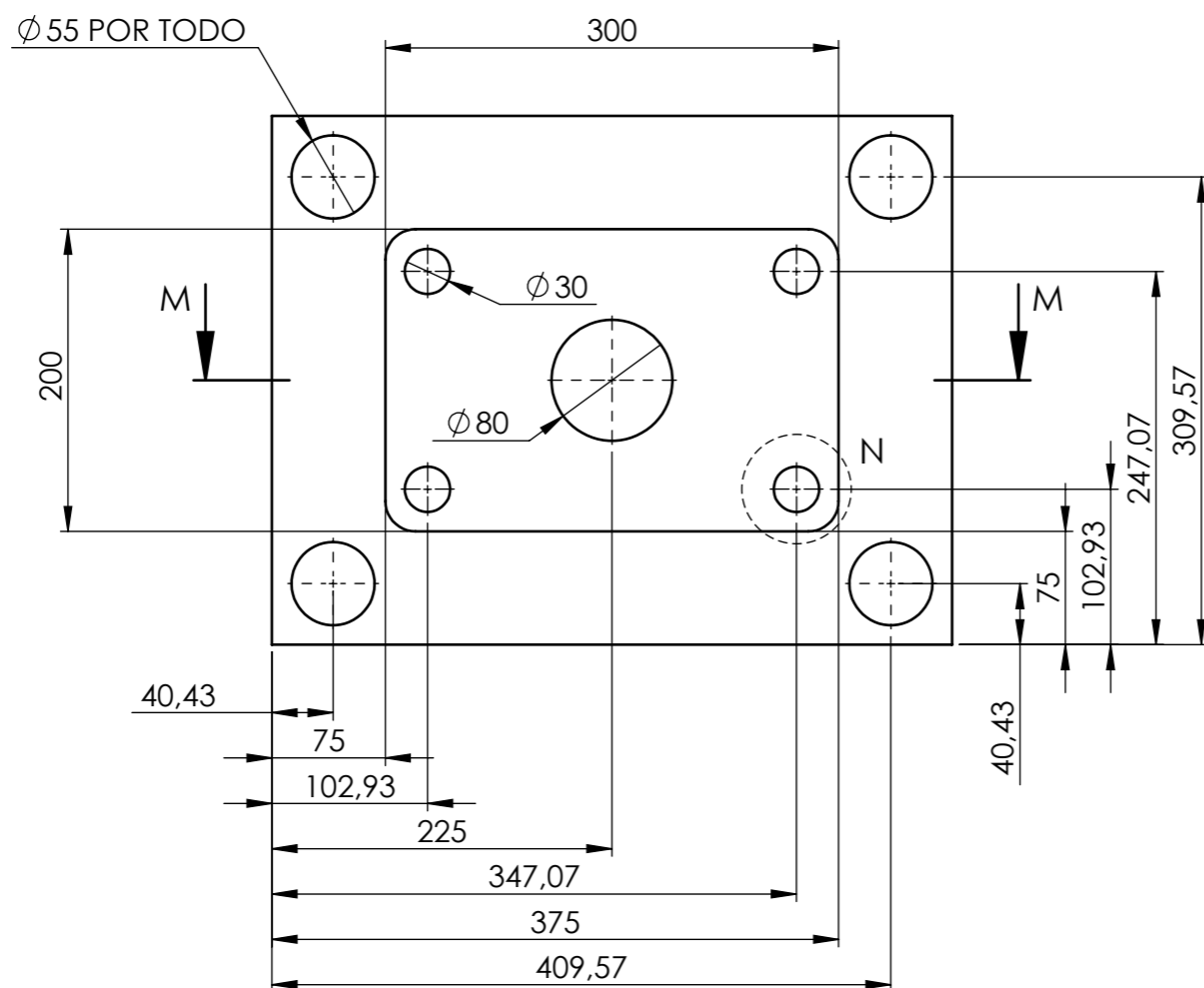
Velocidades

Precarga	=	5,00	mm/min
Ensayo	=	5,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



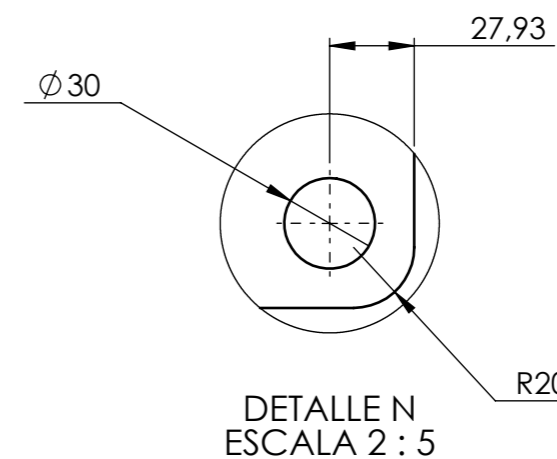
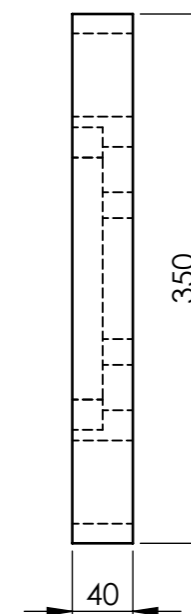
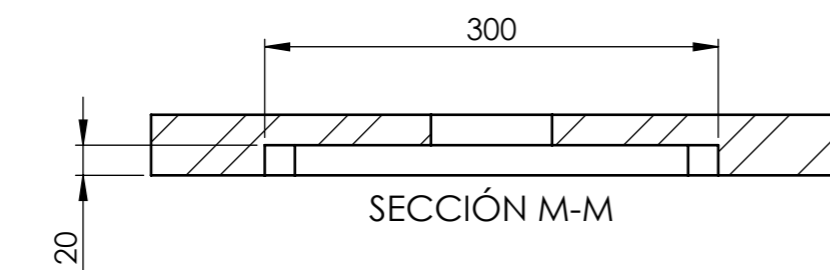
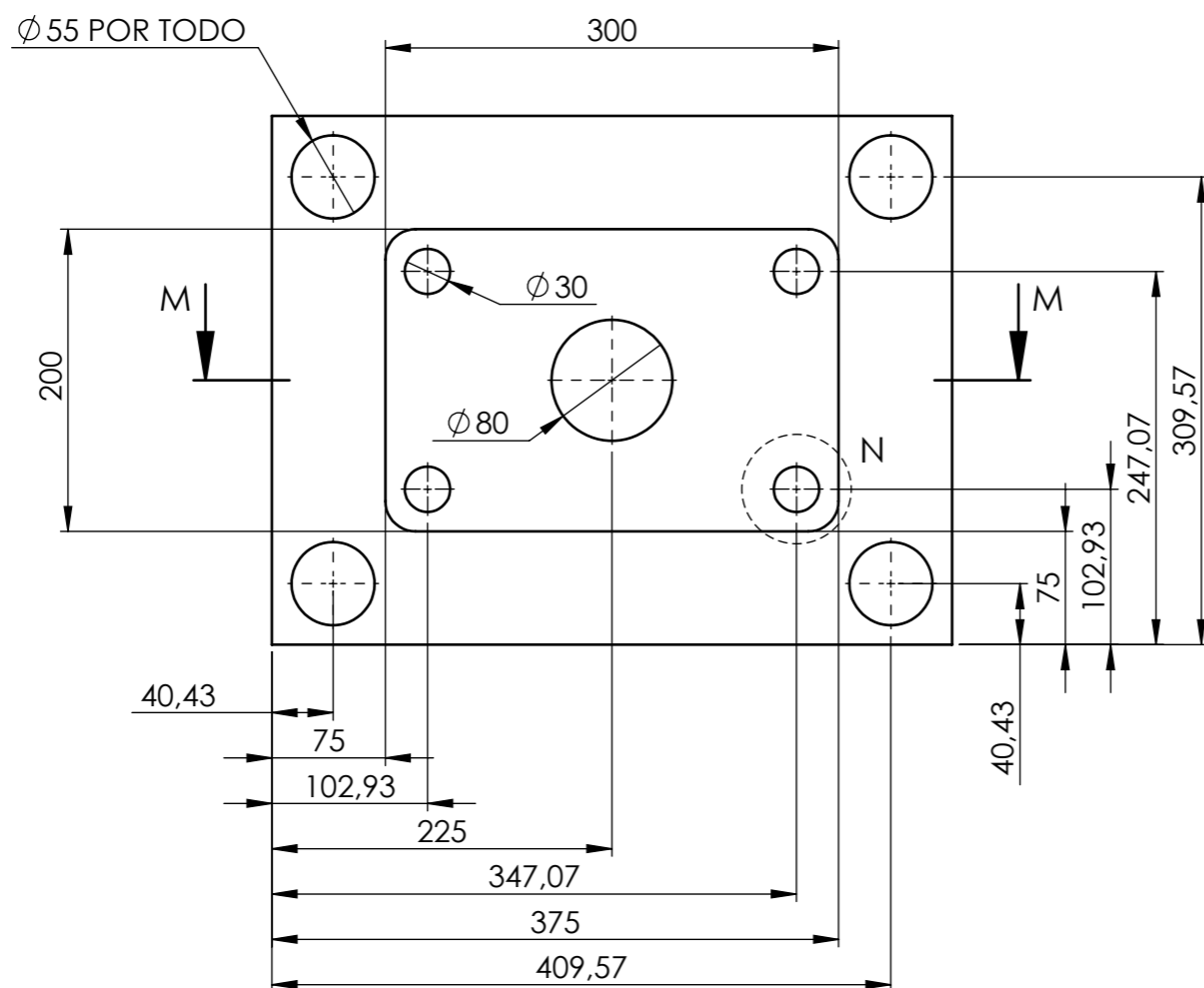
				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 55036.72	Material: AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Dibujó: 17/12/2021	Fecha 17/12/2021	Nombre López Julio	Denominación: Placa Porta Núcleos
				Revisó:		Docente Tutor	Escala: 1:5
				Aprobó:		Docente Tutor	Registro:
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 1 de 16	(Sustitución)

Rectificado
(N3)

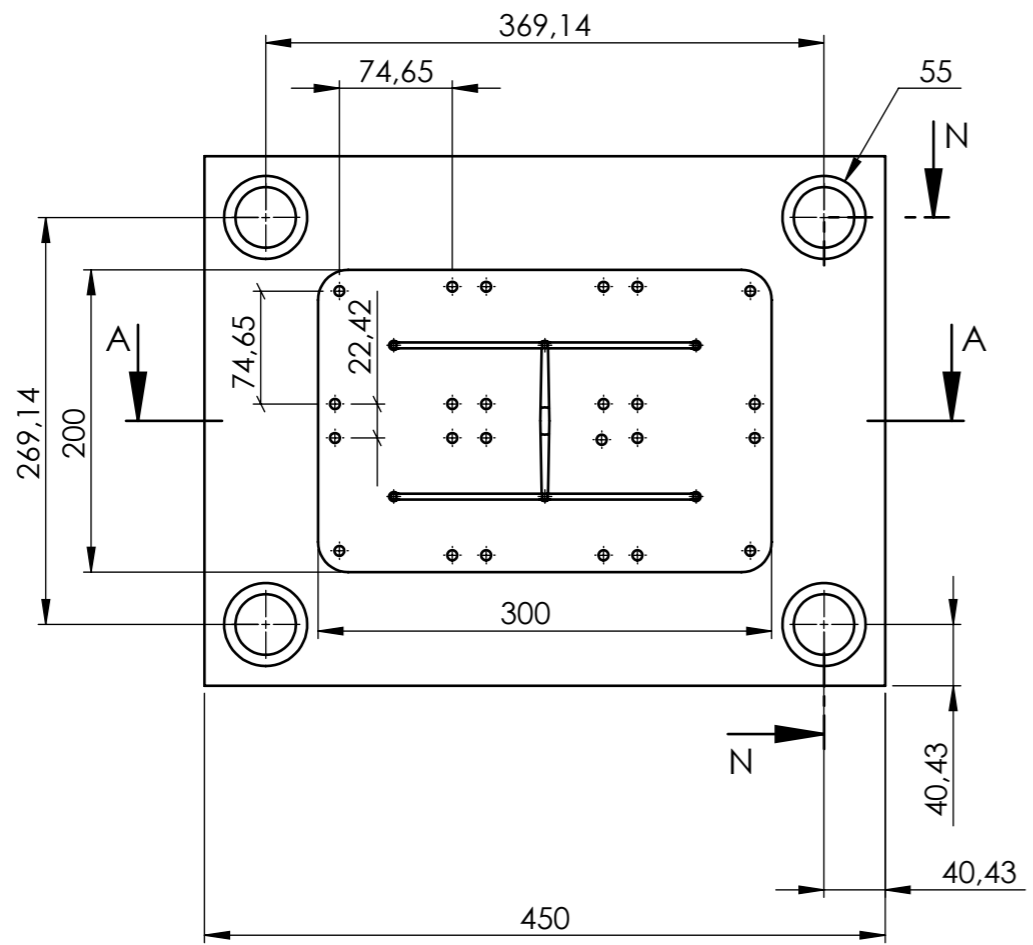


				Tolerancia: ±0.5	Peso: 35871.79	Material: AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Dibujó: 17/12/2021	Fecha: López Julio	Denominación: Placa Superior	
				Revisó: Docente Tutor	Nombre: Docente Tutor	Escala: 1:5	
				Aprobó: Docente Tutor	No. de lámina: 2 de 16		Registro: ⊕
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

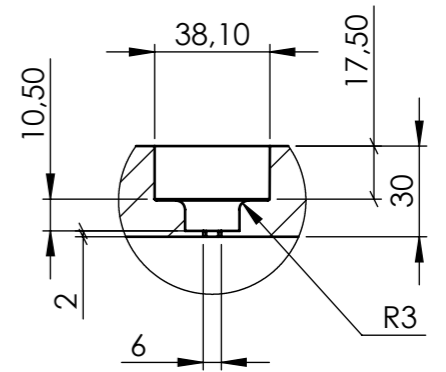
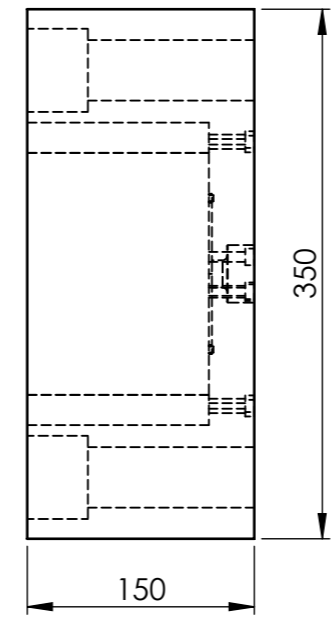
Rectificado
(N3)



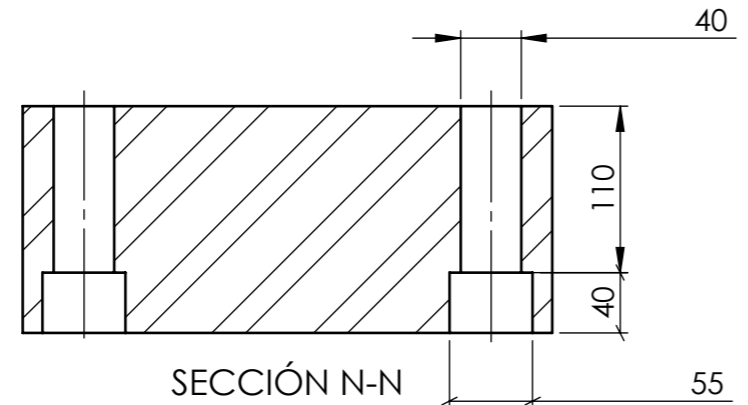
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 35871.79	Material: AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Dibujó: 17/12/2021	Fecha: López Julio	Denominación: Placa Superior	
				Revisó: Docente Tutor	Nombre: Docente Tutor	Escala: 1:5	
				Aprobó: Docente Tutor	No. de lámina: 3 de 16		Registro: ⊕
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



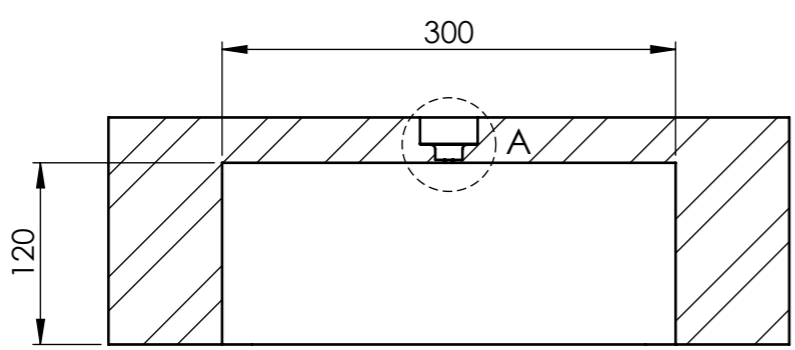
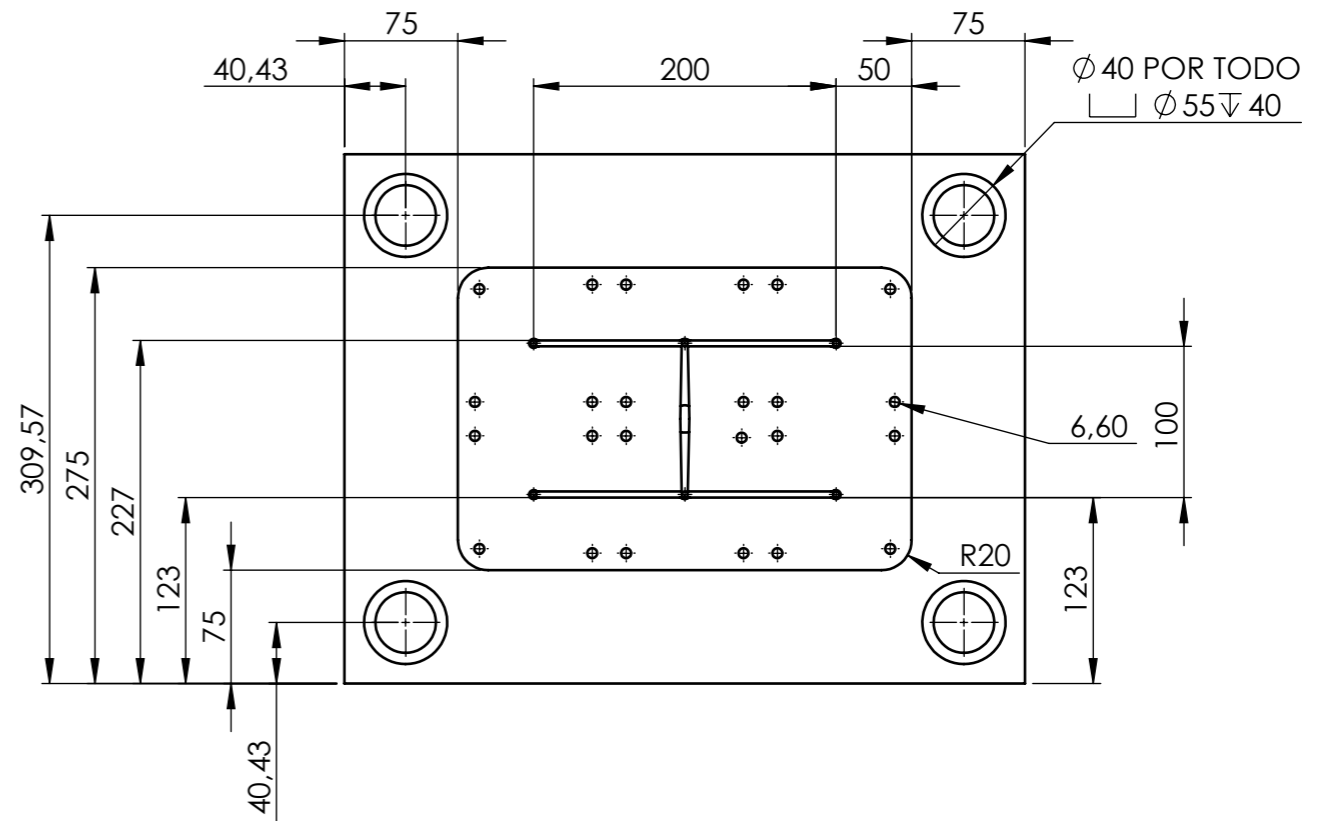
Rectificado
(N3)



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

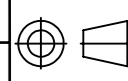


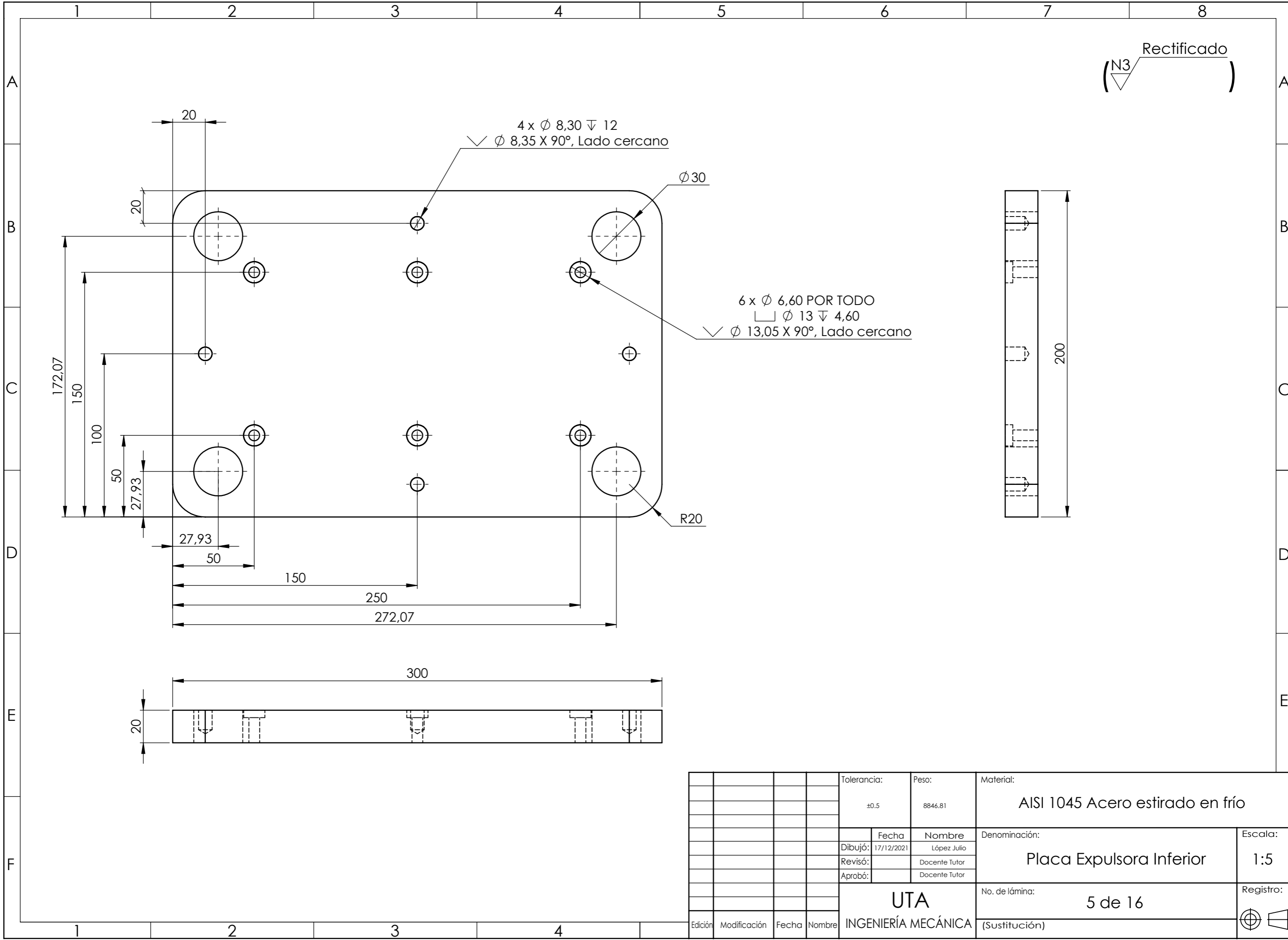
SECCIÓN N-N



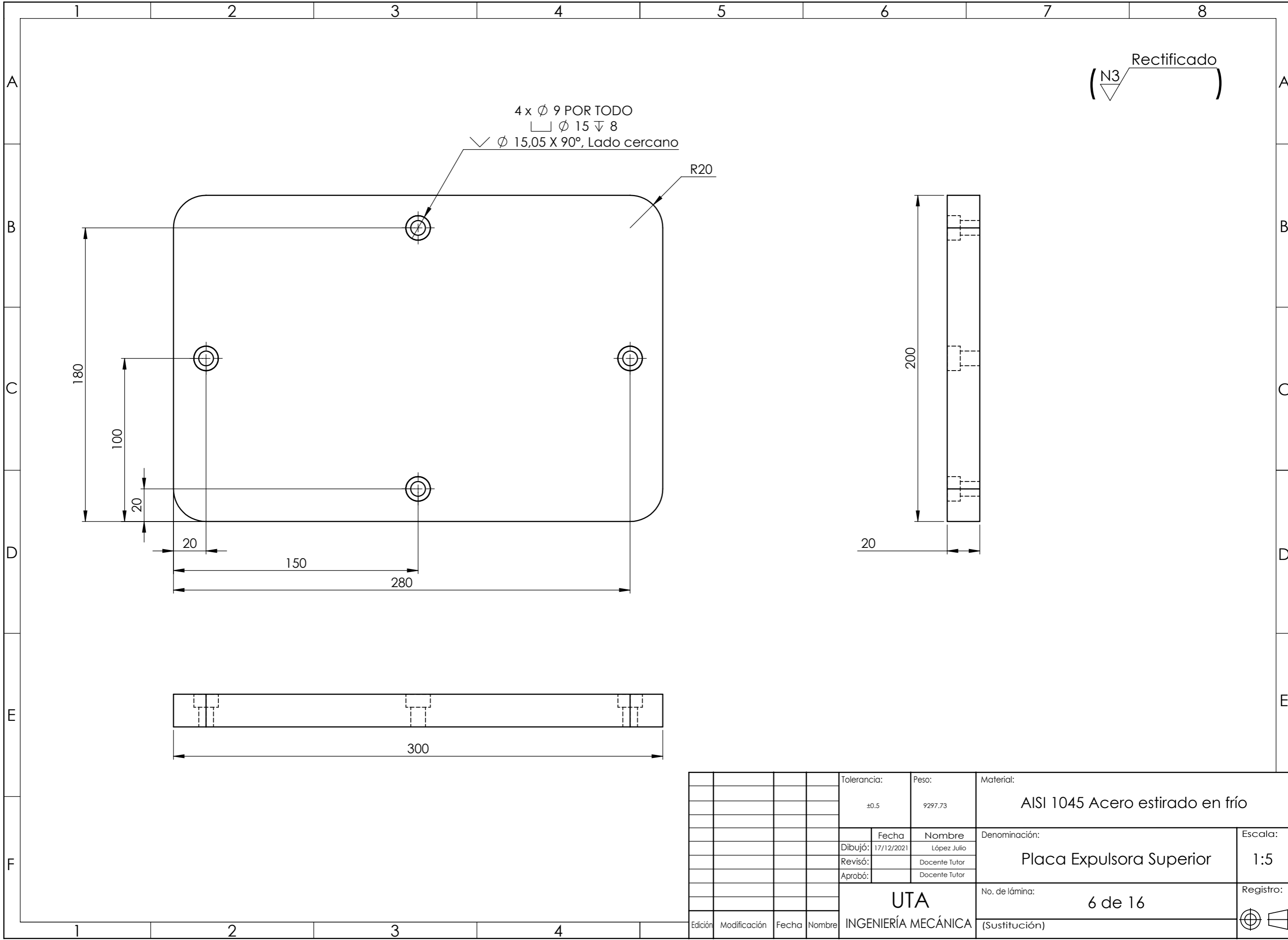
SECCIÓN A-A

				Tolerancia: ±0.5	Peso: 121457.16	Material: AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Fecha 17/12/2021	Nombre López Julio	Denominación: Puerta Cavidades	
				Revisó: Docente Tutor			Escala: 1:5
				Aprobó: Docente Tutor			Registro: No. de lámina: 4 de 16
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 4 de 16 (Sustitución)	





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.5	8846.81	AISI 1045 Acero estirado en frío	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	17/12/2021	López Julio	Placa Expulsora Inferior
				Revisó:		Docente Tutor	
				Aprobó:		Docente Tutor	
				UTA		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		5 de 16	1:5
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



Rectificado
(N3)

4 x Ø 9 POR TODO
□ Ø 15 ∇ 8
∇ Ø 15,05 X 90°, Lado cercano

R20

180

100

20

20

150

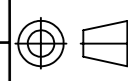
280

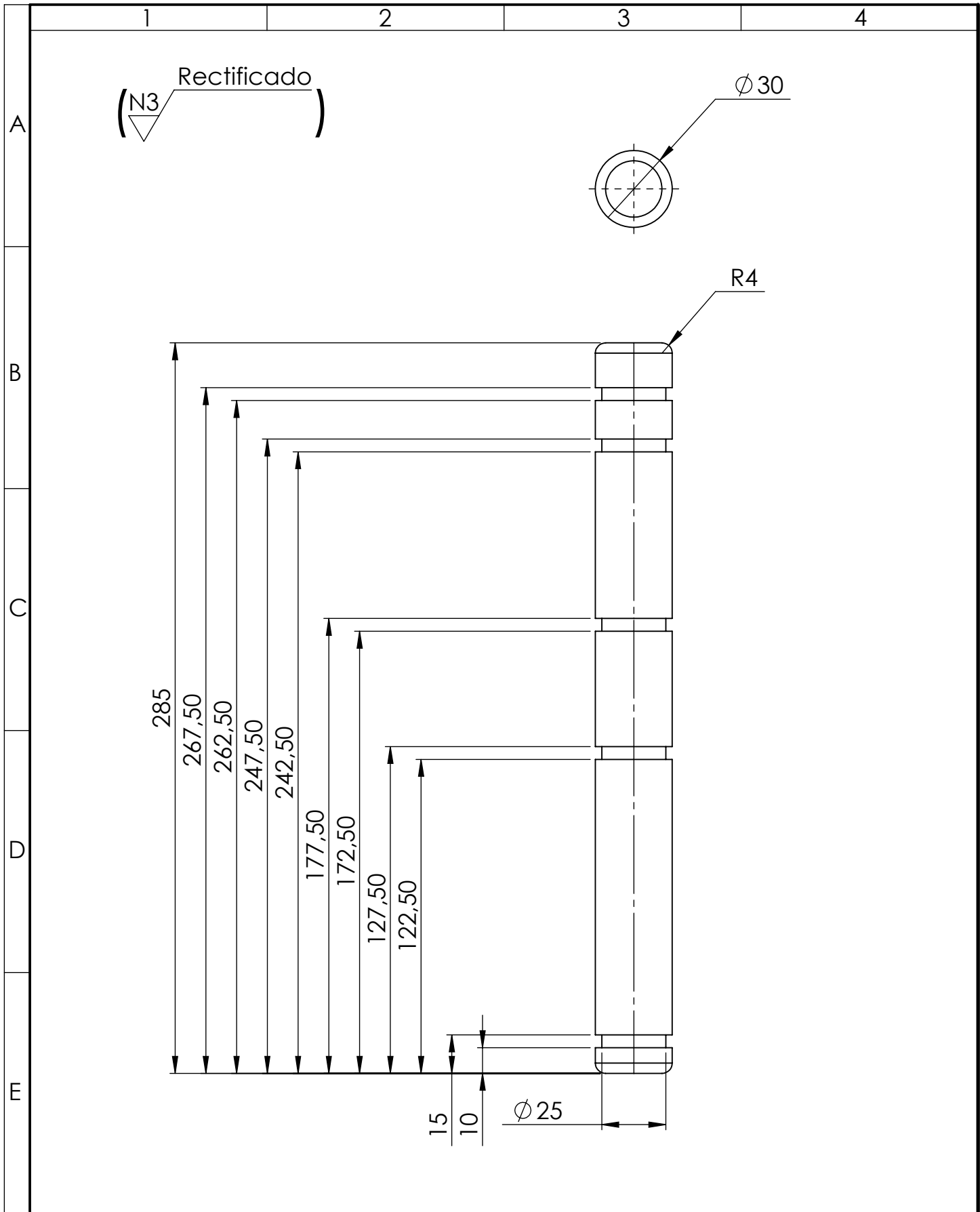
200

20

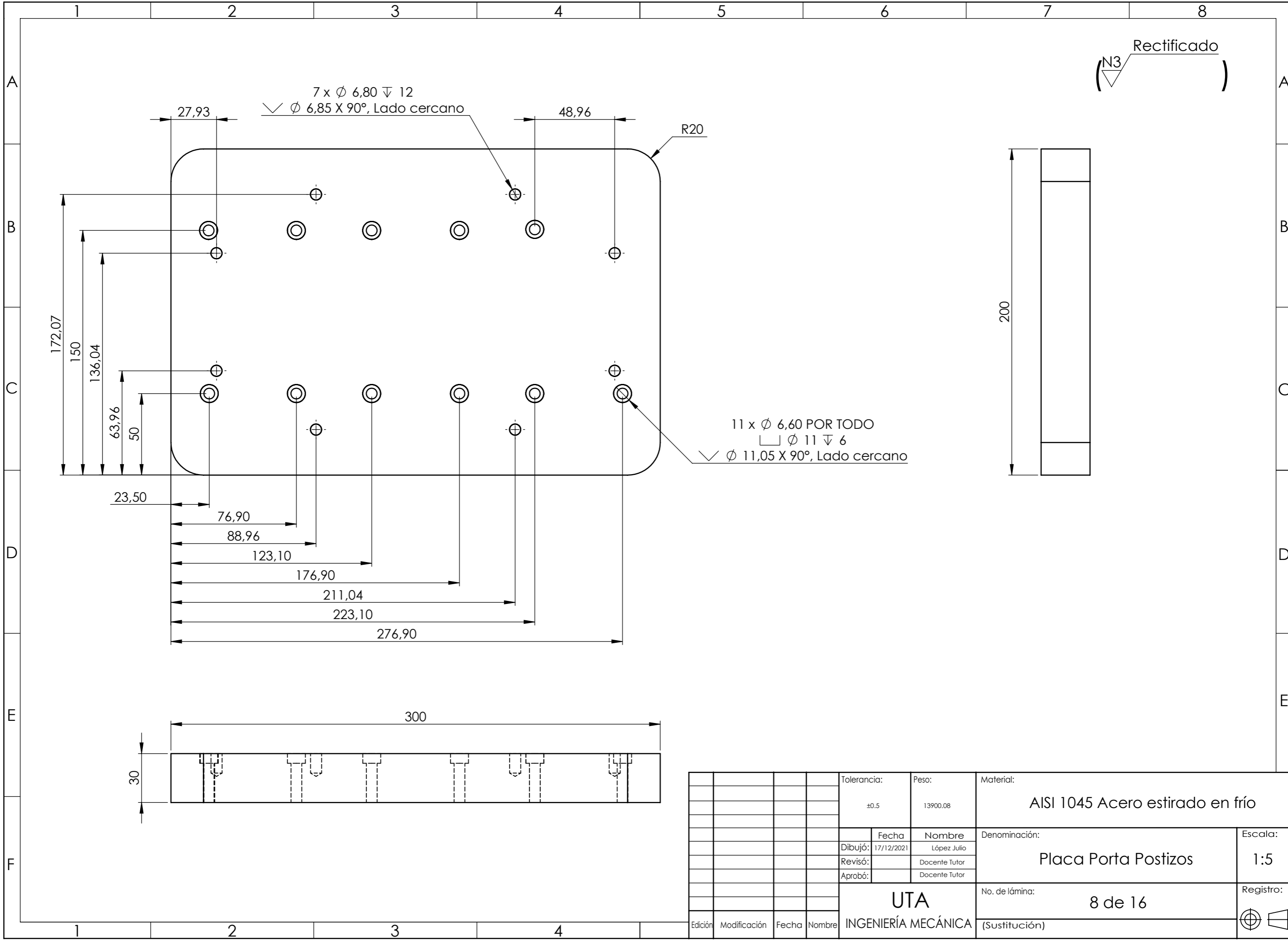
300

				Tolerancia: ±0.5	Peso: 9297.73	Material: AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Dibujó: 17/12/2021	Fecha López Julio	Denominación: Placa Expulsora Superior	
				Revisó:	Docente Tutor	Escala: 1:5	
				Aprobó:	Docente Tutor	Registro: No. de lámina: 6 de 16	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±	1563.571	AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	2/2/2022	López Julio		
			Revisó:		Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor	No. de lámina:	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	FICM U.T.A.		(Sustitución)	
				INGENIERÍA MECÁNICA			



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 0.5	13900.08	AISI 1045 Acero estirado en frío	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 17/12/2021	López Julio	Placa Porta Postizos	1:5
				Revisó:	Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor	No. de lámina:	Registro:
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		8 de 16	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

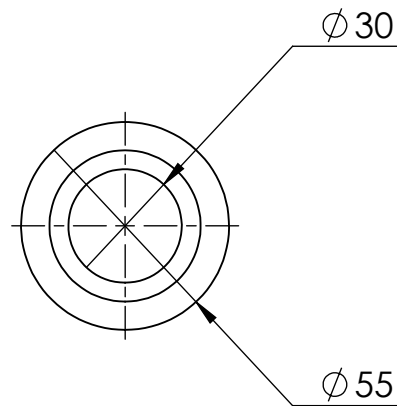
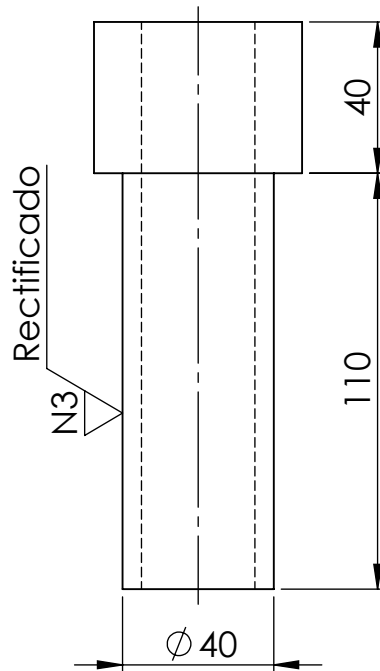
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				\pm	998.791	AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 2/2/2022	López Julio		
				Revisó:	Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor	No. de lámina:	Registro:
				FICM U.T.A.			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1

2

3

4

Rectificado

(N3)

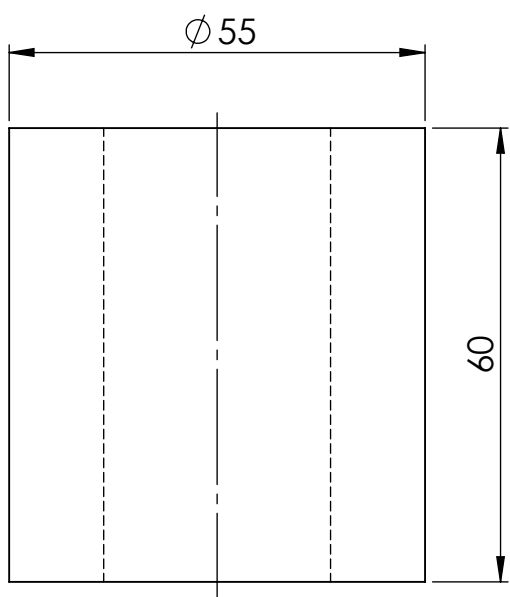
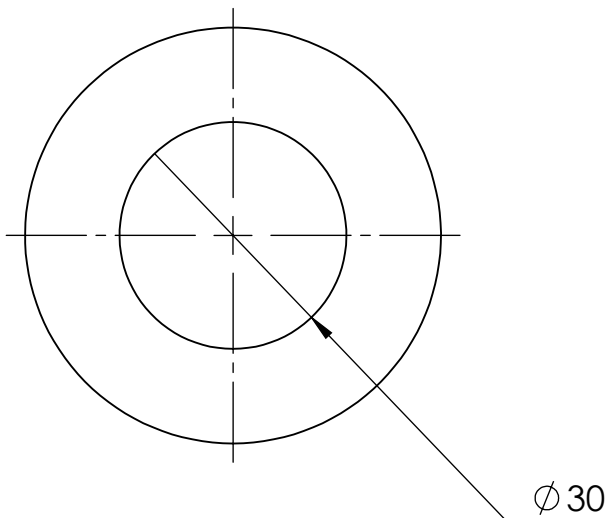
A

B

C

D

E

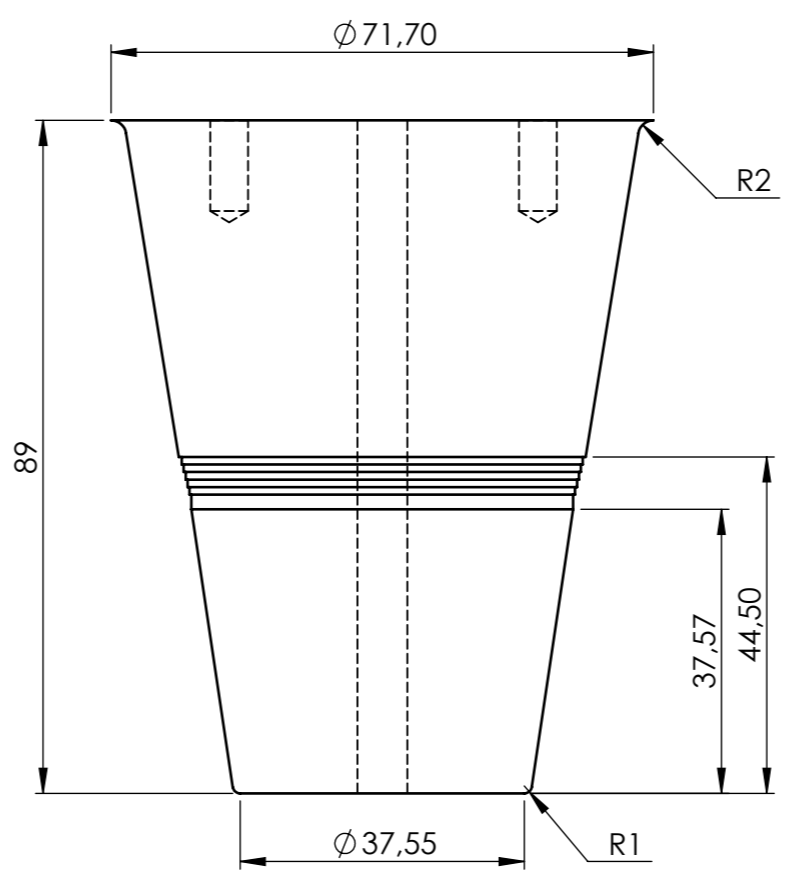
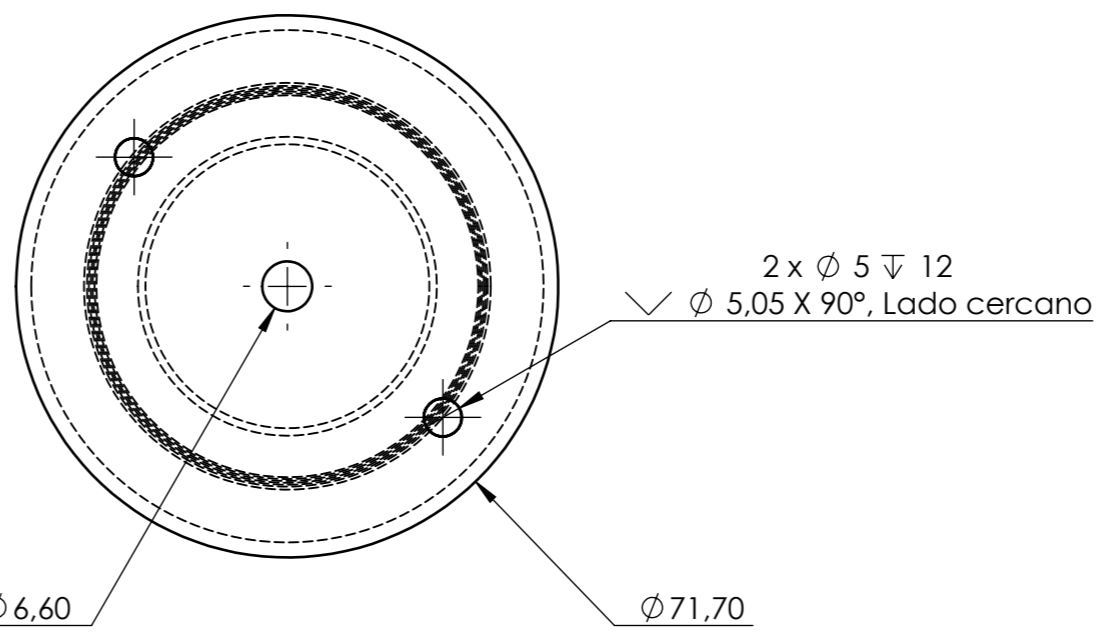


				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 786.085	Material: AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Denominación: Buje Superior	Escala: 1:1
				Dibujó: 2/2/2022	López Julio		
				Revisó:	Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor		
				FICM U.T.A.		No. de lámina: 10 de 16	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1 2 3 4 5 6 7 8

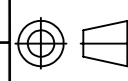
A
B
C
D
E
F

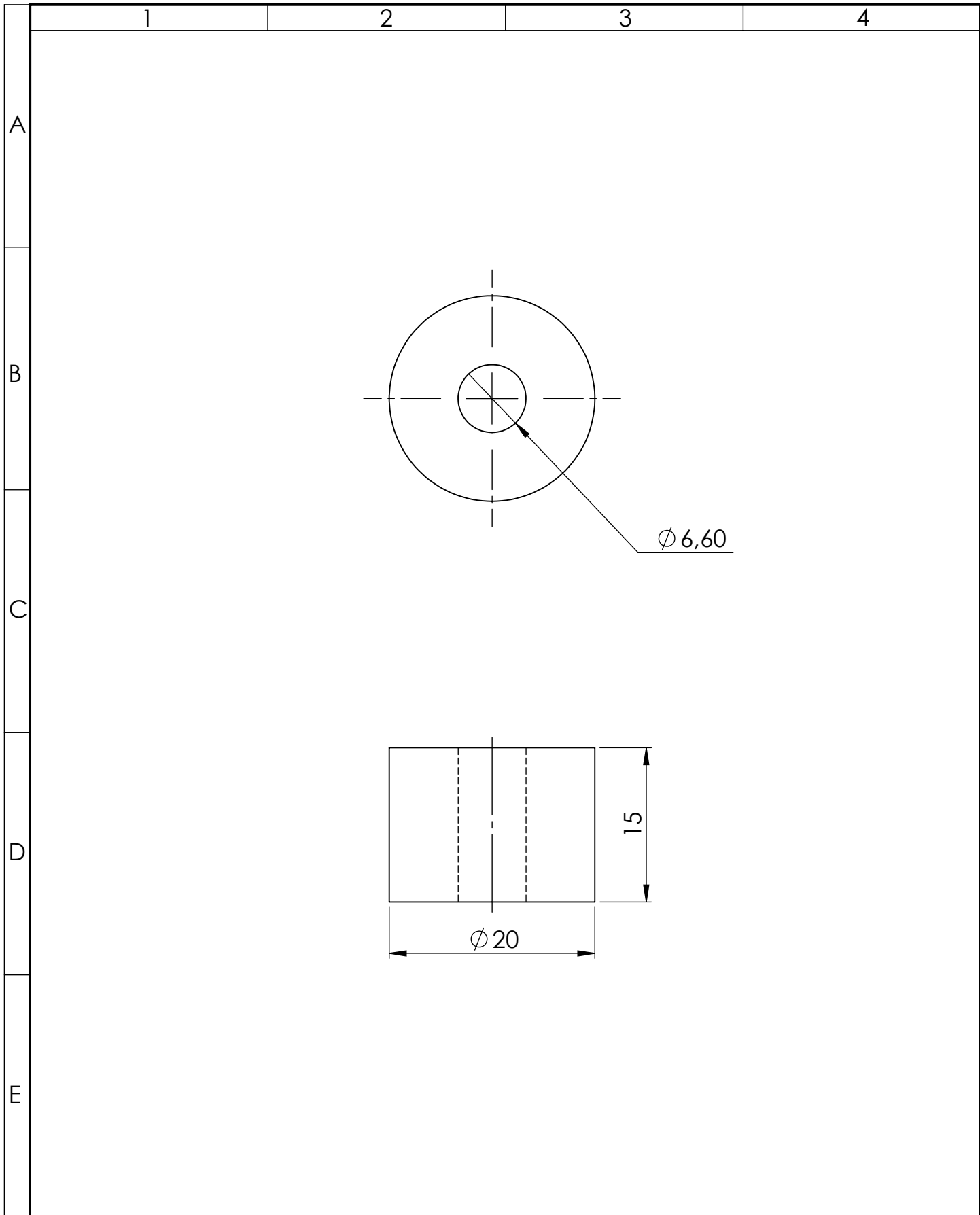
Rectificado
(N3)



				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				±0.5	1613.56	AISI P20			
					Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó:	18/12/2021	López Julio	Núcleo		1:1
				Revisó:		Docente Tutor			
				Aprobó:		Docente Tutor			
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			No. de lámina:	11 de 16	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		

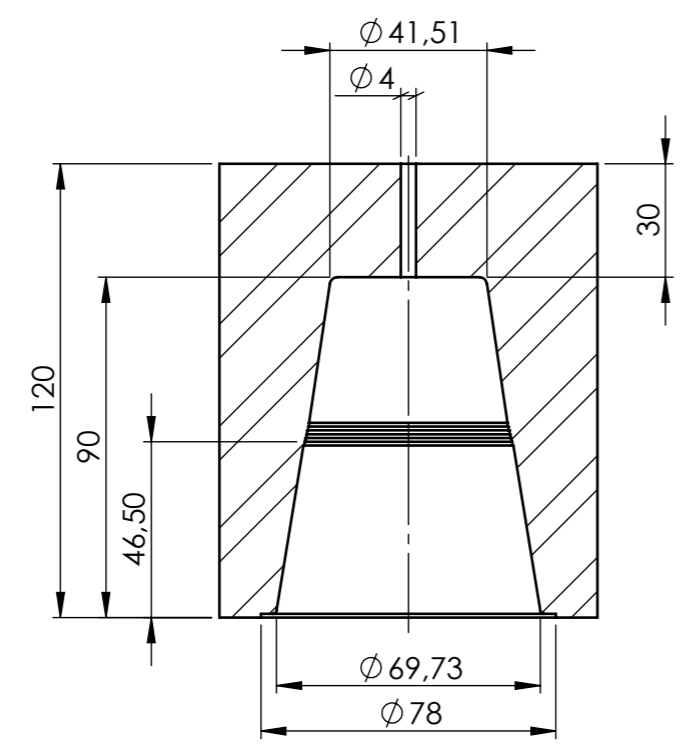
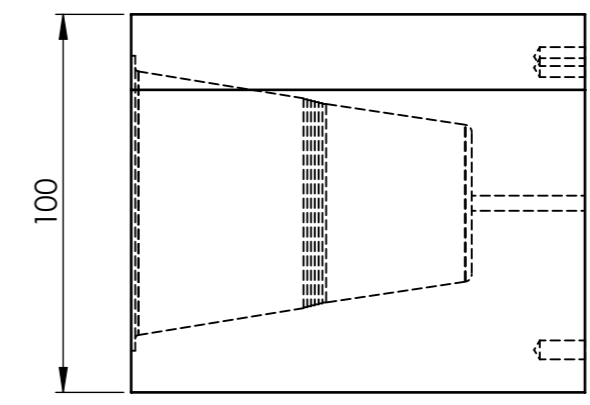
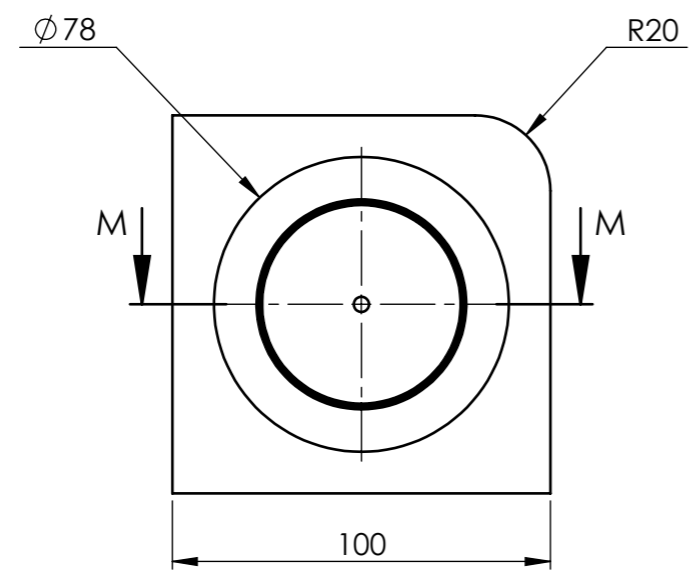
1 2 3 4



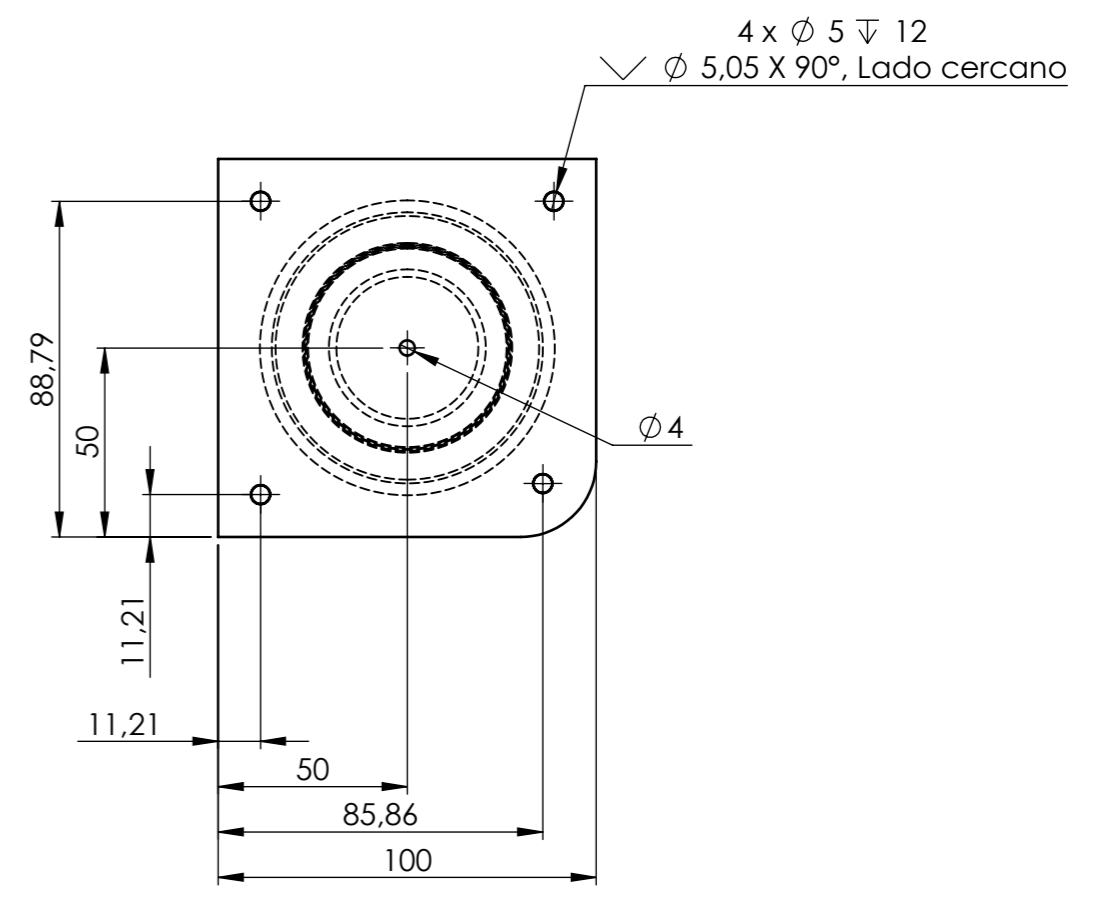


				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±	4.199	Poliuretano	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 2/2/2022	Julio López		
				Revisó:	Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor	No. de lámina:	Registro:
				FICM U.T.A.			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

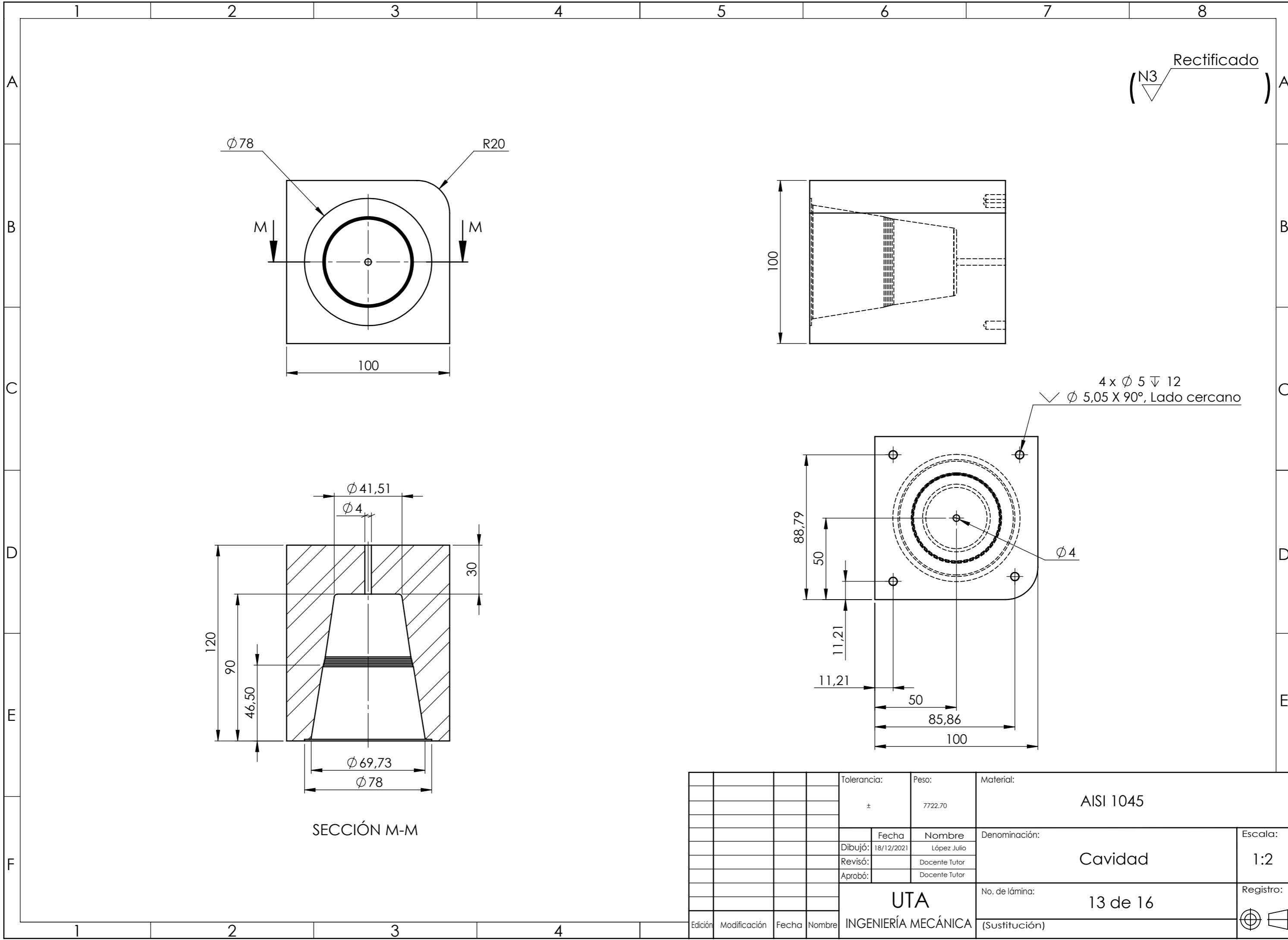
Rectificado
(N3)



SECCIÓN M-M



				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±	7722.70	AISI 1045		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	18/12/2021	López Julio	Cavidad	
				Revisó:		Docente Tutor		
				Aprobó:		Docente Tutor		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA			No. de lámina:	Registro:
							13 de 16	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



1

2

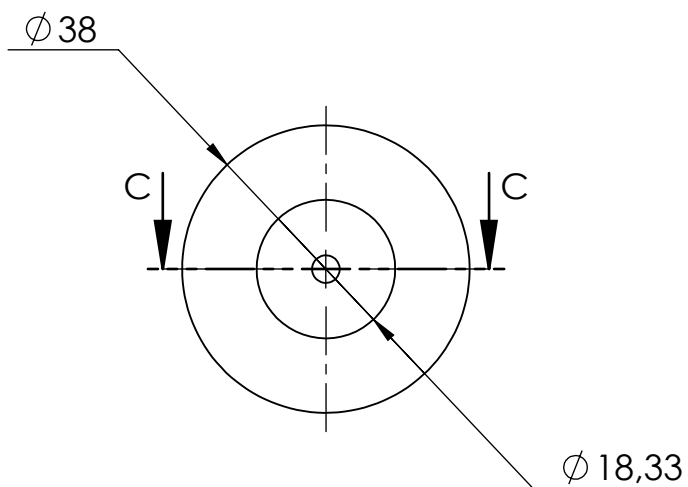
3

4

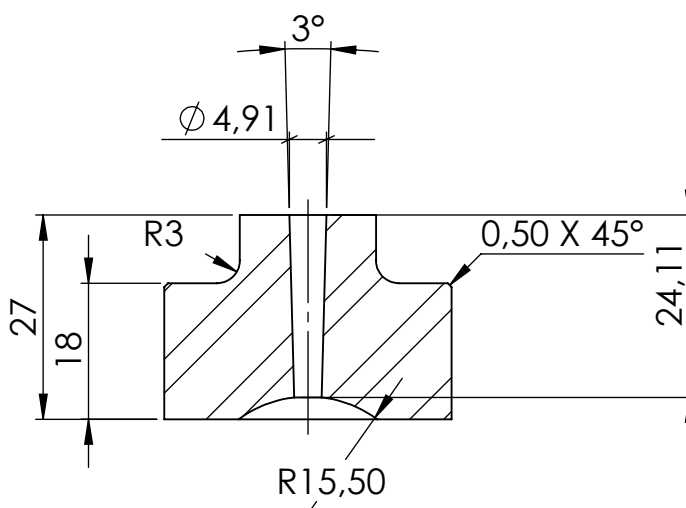
A

Torneado
(N5)

B



C

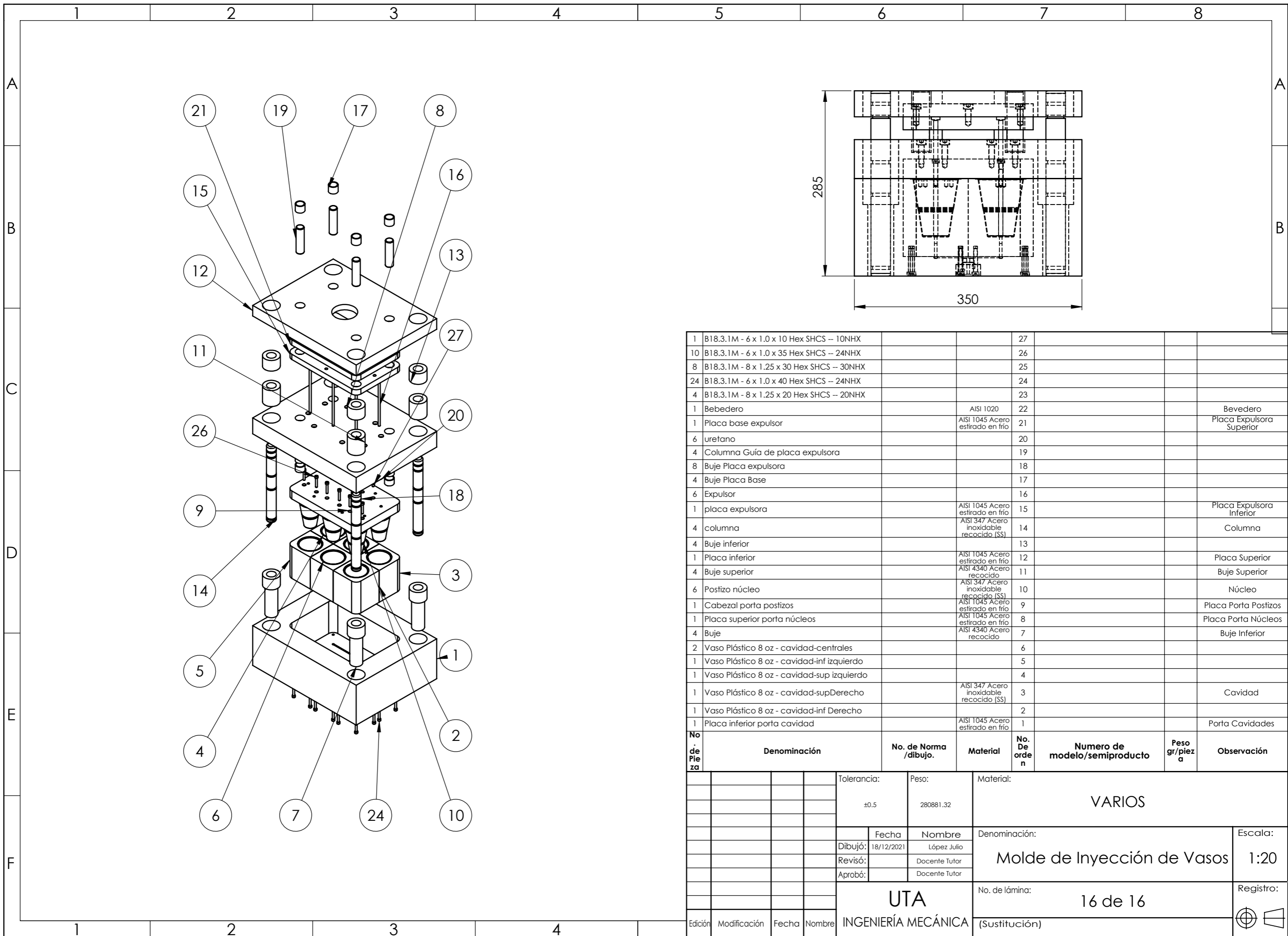


D

SECCIÓN C-C

E

				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 172.90915	Material: AISI 1045	
						Denominación: Bebedero	Escala: 1:1
				Dibujó: 2/2/2022	Nombre: Julio López		
				Revisó:	Docente Tutor		
				Aprobó:	Docente Tutor		
				FICM U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 15 de 16	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



1	B18.3.1M - 6 x 1.0 x 10 Hex SHCS -- 10NHX			27			
10	B18.3.1M - 6 x 1.0 x 35 Hex SHCS -- 24NHX			26			
8	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 30 Hex SHCS -- 30NHX			25			
24	B18.3.1M - 6 x 1.0 x 40 Hex SHCS -- 24NHX			24			
4	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 20 Hex SHCS -- 20NHX			23			
1	Bebedero		AISI 1020	22			Bebedero
1	Placa base expulsor		AISI 1045 Acero estirado en frío	21			Placa Expulsora Superior
6	uretano			20			
4	Columna Guía de placa expulsora			19			
8	Buje Placa expulsora			18			
4	Buje Placa Base			17			
6	Expulsor			16			
1	placa expulsora		AISI 1045 Acero estirado en frío	15			Placa Expulsora Inferior
4	columna		AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)	14			Columna
4	Buje inferior			13			
1	Placa inferior		AISI 1045 Acero estirado en frío	12			Placa Superior
4	Buje superior		AISI 4340 Acero recocido	11			Buje Superior
6	Postizo núcleo		AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)	10			Núcleo
1	Cabezal porta postizos		AISI 1045 Acero estirado en frío	9			Placa Porta Postizos
1	Placa superior porta núcleos		AISI 1045 Acero estirado en frío	8			Placa Porta Núcleos
4	Buje		AISI 4340 Acero recocido	7			Buje Inferior
2	Vaso Plástico 8 oz - cavidad-centrales			6			
1	Vaso Plástico 8 oz - cavidad-inf izquierdo			5			
1	Vaso Plástico 8 oz - cavidad-sup izquierdo			4			
1	Vaso Plástico 8 oz - cavidad-supDerecho		AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)	3			Cavidad
1	Vaso Plástico 8 oz - cavidad-inf Derecho			2			
1	Placa inferior porta cavidad		AISI 1045 Acero estirado en frío	1			Porta Cavidades

No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
		Tolerancia:	Peso:	Material: VARIOS			
		±0.5	280881.32				
		Fecha	Nombre	Denominación:			Escala:
		Dibujó: 18/12/2021	López Julio	Molde de Inyección de Vasos			1:20
		Revisó:	Docente Tutor				
		Aprobó:	Docente Tutor				
		UTA		No. de lámina:	16 de 16		Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)