



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de un Molde para la Fabricación en Serie de  
Señuelos de Pesca Biodegradables a Base de  
Biopolímeros.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Ríos Gascón, Ignacio

Tutor/a: Ferrándiz Bou, Santiago

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

Título en castellano: Diseño de un Molde para la Fabricación en Serie de Señuelos de Pesca Biodegradables a Base de Biopolímeros.

Título en valenciano: Disseny d'un motlle per a la fabricació en sèrie de cimbells de pesca biodegradables a base de biopolímers.

Título en inglés: Design of a Mold for the Mass Manufacturing of Biodegradable Fishing Lures Based on Biopolymers.

#### Resumen

El presente proyecto tiene como fin el diseño y estudio técnico de un molde, para la fabricación en serie de señuelos de pesca a base de biopolímeros. Estos señuelos tienen la finalidad de reducir el uso de polímeros nocivos para el medio ambiente en la pesca. Primeramente, se estudia el proceso de fabricación con el objetivo de optimizar el proceso. Seguidamente se diseñará el molde con el fin de una alta productividad, y se simulará mediante software para comprobar su viabilidad y justificar las decisiones tomadas en el proyecto. Para finalizar, se realiza un presupuesto para estimar los costes de ejecución y un estudio de viabilidad económica.

#### Resum

El present projecte té com a fi el disseny i estudi tècnic d'un motlle, per a la fabricació en sèrie de cimbells de pesca a base de biopolímers. Estos cimbells tenen la finalitat de reduir l'ús de polímers nocius per al medi ambient en la pesca. Primerament, s'estudia el procés de fabricació amb l'objectiu d'optimitzar el procés. Seguidament es dissenyarà el motlle amb la finalitat d'una alta productivitat, i se simularà mitjançant programari per a comprovar la seua viabilitat i justificar les decisions preses en el projecte. Per a finalitzar, es realitza un pressupost per a estimar els costos d'execució i un estudi de viabilitat econòmica.

#### Summary

The purpose of this project is the design and technical study of a mold for the mass production of fishing lures based on biopolymers. These lures are intended to reduce the use of environmentally harmful polymers in fishing. First, the manufacturing process is studied with the aim of optimizing the process. The mold will then be designed with the aim of high productivity, and it will be simulated using software to check its viability and justify the decisions made in the project. Finally, a budget is made to estimate the execution costs and an economic feasibility study.

Palabras clave: inyección; simulación; diseño de molde

Paraules clau: injeccion; simulacion; disseny de motlle

Key words: injection molding; simulation; mold design

Tutor: Santiago Ferrandiz Bou

Índice de imágenes.....	5
Índice de Tablas .....	6
CAPÍTULO I .....	7
Introducción .....	7
Motivación .....	7
Origen del proyecto.....	7
Objetivos .....	8
Global.....	8
Específicos .....	8
Alineación con los ODS.....	9
Impacto ambiental de los polímeros en cuerpos de agua.....	10
Contaminación por Polímeros en Océanos y Otros Cuerpos de Agua.....	10
Efectos en la Vida Marina y Ecosistemas .....	11
Impacto Económico y en la Salud Humana .....	11
Medidas de Mitigación y Soluciones .....	12
CAPÍTULO II.....	12
Estado del Arte.....	12
Introducción .....	12
Materiales Biodegradables.....	12
Técnicas de Producción .....	15
Innovaciones y Tendencias Recientes.....	15
Comparativa de materiales.....	17
CAPÍTULO III.....	18
Sistemas, subsistemas y componentes .....	18
Sistema Global .....	18
Subsistemas y Componentes .....	18
CAPÍTULO IV.....	21
Estudio teórico de la pieza a fabricar .....	21
Descripción .....	21
Funcionalidad.....	21
Requisitos de diseño y consideraciones iniciales.....	21
Introducción .....	21
Requisitos Funcionales .....	21
Requisitos de Materiales .....	21
Requisitos de Procesos de Fabricación .....	22
Tolerancias de Fabricación .....	22
Factores Ambientales y Económicos .....	22

Consideraciones Iniciales.....	22
Conclusión .....	22
Diseños estudiados.....	23
Introducción .....	23
Bocetos previos .....	23
Diseños simulados .....	25
Diseño Final .....	35
Señuelo.....	35
Molde .....	40
CAPÍTULO V.....	49
Diagrama del Proceso de Moldeo por Inyección:.....	49
Preparación del Material .....	49
Cargado del Material en la Máquina de Inyección .....	50
Fusión y Plastificación del Material.....	50
Inyección del Material en el Molde .....	51
Enfriamiento y Solidificación .....	51
Apertura del Molde y Expulsión de la Pieza.....	51
Inspección y Acabado .....	51
Proceso de Fabricación de Moldes mediante CNC.....	52
Descripción del Proceso:.....	52
Diseño del Molde en CAD.....	52
Preparación del Material para el Molde.....	52
Maquinado CNC del Molde (Fig.58).....	53
Tratamiento Térmico.....	53
Montaje del Molde.....	53
Pruebas y Ajustes .....	53
Mantenimiento del Molde.....	53
CAPÍTULO VI.....	54
Alternativas de fabricación .....	54
Materiales:.....	54
Procesos de fabricación.....	54
Innovaciones en Compatibilización de Biopolímeros y Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad .....	56
Compatibilización de Biopolímeros.....	56
Innovaciones en Compatibilización .....	56
Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad.....	57
Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad.....	57
Ejemplos de Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad.....	58

CAPÍTULO VII .....	59
Alcance .....	59
Antecedentes .....	59
Competencia .....	59
Producción estimada .....	59
Stock mínimo .....	60
Zona de influencia.....	60
Cliente real .....	60
Cliente potencial .....	60
Material de la pieza de estudio.....	60
Fuentes de Biopolímeros.....	61
Proceso de Obtención de Materiales .....	62
Plan de gestión de calidad aplicada al proyecto.....	62
Introducción .....	62
Objetivos de calidad.....	62
Políticas de calidad .....	62
Procedimientos de control de calidad .....	63
Conclusión .....	63
Experimentos .....	63
Bibliografía .....	68
-Artículos de Revistas Científicas .....	68
-Normas y Reglamentos.....	69
-Otros .....	69

## Índice de imágenes

Figura 1 .....	10
Figura 2 .....	11
Figura 3 .....	13
Figura 4 .....	13
Figura 5 .....	14
Figura 6 .....	23
Figura 7 .....	23
Figura 8 .....	24
Figura 9 .....	25
Figura 10 .....	25
Figura 11 .....	26
Figura 12 .....	26
Figura 13 .....	27
Figura 14 .....	27
Figura 15 .....	28
Figura 16 .....	28
Figura 17 .....	29
Figura 18 .....	29
Figura 19 .....	30
Figura 20 .....	30
Figura 21 .....	31
Figura 22 .....	31
Figura 23 .....	32
Figura 24 .....	32
Figura 25 .....	33
Figura 26 .....	33
Figura 27 .....	34
Figura 28 .....	34
Figura 29 .....	35
Figura 30 .....	35
Figura 31 .....	36
Figura 36 .....	38
Figura 37 .....	39
Figura 38 .....	39
Figura 39 .....	40
Figura 40 .....	41

Figura 41 .....	41
Figura 42 .....	42
Figura 43 .....	42
Figura 44 .....	43
Figura 45 .....	43
Figura 46 .....	44
Figura 47 .....	44
Figura 48 .....	45
Figura 49 .....	45
Figura 50 .....	46
Figura 51 .....	46
Figura 52 .....	47
Figura 53 .....	47
Figura 54 .....	49
Figura 55 .....	49
Figura 56 .....	50
Figura 58 .....	52
Figura 59 .....	64
Figura 60 .....	64
Figura 61 .....	65
Figura 62 .....	65
Figura 63 .....	66
Figura 64 .....	66

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	17
---------------	----

# CAPÍTULO I

## Introducción

Este proyecto se realizará con la premisa de que una empresa con presencia en el mercado de señuelos de pesca quiere una solución con la que producir señuelos biodegradables, para sustituir a los vinilos normalmente usados. Se busca que sea una producción competitiva para estudiar la viabilidad de sustituir los usados tradicionalmente, y que sean tanto biodegradables como inocuos para el medio en el que se usan. Para ello se ha estudiado el uso de distintos biopolímeros, con el fin de sustituir el PVC plastificado, principalmente a partir de almidón termoplástico. La empresa exige 8 piezas como prototipos para ver el producto final.

## Motivación

En el mundo actual en el que los materiales poliméricos son vistos como materiales contaminantes debido principalmente a la falta de interés económico en la buena conservación y posterior reciclaje de los productos hechos con estos materiales, ya que normalmente estos son productos de precio bajo y con usos reducidos, suelen tener una mala gestión de los productos ya en desuso, por lo que estos acaban en muchas ocasiones contaminando la naturaleza (Farah et al., 2016).

Es por ello que este proyecto me pareció una interesante solución, siguiendo las innovaciones en materiales de los últimos años, que están volviendo a traer al uso comercial de biopolímeros, que nos permiten evitar la contaminación de los medios en los que acaban los materiales poliméricos, como en este caso, en el que sabiendo que hay muchas posibilidades de que el producto se quede en un cuerpo de agua, y sabiendo que durante el uso va a degradarse, conseguimos evitar la contaminación que producen los materiales usados tradicionalmente en la mayoría de los señuelos de pesca blandos hechos de PVC plastificado (He & Wei, 2017).

## Origen del proyecto

Durante el inicio del curso, pudimos usar la máquina de inyección, lo cual me dio curiosidad por enfocar el TFG en ese tipo de producción, esto junto al tiempo que he pasado pescando este último verano, me dio la idea de hacer el proyecto sobre un señuelo, que pudiese ser fabricado mediante inyección, cuando empecé a informarme sobre el estado del arte actual de la fabricación de señuelos de pesca, observe el uso de materiales que son nocivos para el uso en el agua, y al perderse no tienen una buena biodegradabilidad, por lo que decidí buscar un material que pudiese evitar el problema ecológico que supone el uso, y que fuese capaz de ser inyectado, a la vez que manteniendo la elasticidad usual de los señuelos normalmente usados.



# Objetivos

## *Global*

El objetivo global de este proyecto es el diseño y optimización de un molde para la producción de señuelos de pesca a partir de biopolímeros. Este proyecto tiene la finalidad de desarrollar una alternativa sostenible a los señuelos blandos de pesca tradicionalmente hechos de PVC plastificado, reduciendo el impacto ambiental de estos productos que al degradarse son altamente nocivos para el ecosistema.

## *Específicos*

### Tecnológicos:

-Desarrollar un proceso de fabricación que permita el uso de materiales biodegradables que sean equivalentes en funciones y propiedades mecánicas a los señuelos de PVC plastificado.

-Optimizar la formulación de biopolímeros, ajustando los componentes del material para mejorar las propiedades y calidad de la pieza final.

### Industriales:

-Mantener costes y nivel de producción del nuevo tipo de señuelos frente a los actuales, implementando procesos de producción eficientes.

-Diseñar un molde de inyección que sea preciso y pueda garantizar consistencia en las piezas producidas

### Medioambientales:

-Reducir la exposición de los cuerpos de agua a los elementos nocivos que sueltan los señuelos actuales al degradarse en el agua.

-Evaluar la degradación de estos materiales asegurándose que se descompongan de forma segura

### Sociales:

-Sensibilizar al público sobre la degradación de ciertos polímeros y sobre los efectos en el medio donde esta degradación ocurre para promover el uso de polímeros que no sean nocivos para el medio ambiente

-Promover el uso de señuelos biodegradables entre los clientes potenciales para reducir la contaminación de este tipo de productos de forma efectiva.

## **Alineación con los ODS**

ODS 6: Agua limpia y saneamiento: El proyecto se alinea con este ODS ya que busca evitar la contaminación en cuerpos de agua y promueve la limpieza de estos.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras: En este caso el proyecto busca innovar en la industria con el uso de materiales no usados anteriormente en este campo.

ODS 11: Ciudades y consumo sostenible: El proyecto busca concienciar al público del peligro de la contaminación y de la importancia del uso de los materiales correctos, así como de la limpieza de restos nocivos que queden en el medio.

ODS 14: Vida submarina: Es el ODS más relacionado, ya que el señuelo es para la vida marina y busca no ser nocivo para el ecosistema y respetar a la vida submarina.

# Impacto ambiental de los polímeros en cuerpos de agua

## Contaminación por Polímeros en Océanos y Otros Cuerpos de Agua

La contaminación por polímeros es un problema global que afecta a todos los cuerpos de agua (Fig. 1), incluidos océanos, ríos, lagos y mares. Se estima que alrededor de 8 millones de toneladas de polímeros terminan en los océanos cada año (Fig. 2), obviamente la mayoría de la contaminación no proviene de los señuelos de pesca, pero cualquier aportación a reducir la cantidad de polímeros contaminantes es positiva (Kelnar et al., 2017).

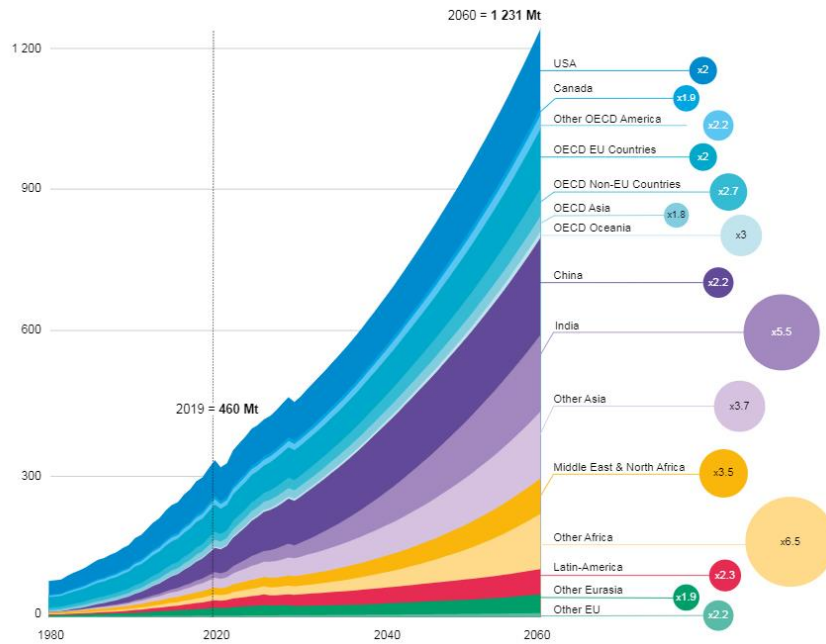


Figura 1

(Grafica de la cantidad de polímeros que afectan a los cuerpos de agua)

### -Fuentes de Contaminación:

- Residuos Municipales: Desechos plásticos mal-gestionados.
- Industria Pesquera: Redes de pesca, aparejos y otros desechos marinos.
- Actividades Recreativas: Desechos de actividades en playas y áreas costeras.
- Ríos: Polímeros transportados por ríos por la mala gestión de residuos o por el uso de vertederos inadecuados.



Figura 2

( Toneladas de plástico vertidas al océano por año)

-Tipos de Plásticos en el Agua:

- Macro plásticos: Objetos grandes como botellas, bolsas y redes de pesca.
- Micro plásticos: Fragmentos pequeños de plástico de menos de 5 mm, incluidos micro perlas de productos cosméticos y microfibras de textiles.

### *Efectos en la Vida Marina y Ecosistemas*

-Ingestión de Polímeros:

- Muchas especies marinas confunden los polímeros con alimentos, lo que puede causarles daño físico y problemas de salud.
- Los micro plásticos pueden ingresar a la cadena alimentaria, afectando no solo a la vida marina sino también a los seres humanos que consumen productos del mar.

-Contaminantes Asociados:

- Los polímeros pueden absorber y liberar contaminantes químicos como pesticidas, metales pesados y productos químicos industriales, exacerbando la toxicidad del ambiente acuático.

### *Impacto Económico y en la Salud Humana*

-Costos Económicos:

- Limpieza de playas y cuerpos de agua.
- Pérdidas en el turismo y pesca.
- Daños a embarcaciones y equipos pesqueros.

-Salud Humana:

- Los micro plásticos en el agua pueden entrar en la cadena alimentaria humana, llevando a potenciales problemas de salud debido a la acumulación de toxinas y contaminantes.

## ***Medidas de Mitigación y Soluciones***

-Reducción en la Fuente:

- Políticas y regulaciones para reducir la producción y uso de plásticos de un solo uso.
- Promoción de materiales alternativos biodegradables.

-Concienciación y Educación:

- Campañas de sensibilización sobre el impacto de los plásticos y la importancia de reducir, reutilizar y reciclar.
- Iniciativas comunitarias para la limpieza de playas y cuerpos de agua.

-Innovación Tecnológica:

- Desarrollo de tecnologías para la recolección y reciclaje de plásticos en el agua.
- Investigaciones para mejorar la biodegradabilidad y reciclabilidad de los plásticos.

## **CAPÍTULO II**

### **Estado del Arte**

#### ***Introducción***

El estado del arte es un componente crucial de este proyecto, proporcionando un análisis exhaustivo de las tecnologías y materiales actualmente disponibles para la fabricación de señuelos de pesca biodegradables. Esta sección examina los biopolímeros utilizados, las técnicas de producción por inyección y las innovaciones recientes en este campo.

#### ***Materiales Biodegradables***

-Almidón Termoplástico (TPS)

El almidón termoplástico (TPS) es un polímero biodegradable derivado del almidón de maíz, patata y otros vegetales. Es conocido por su bajo costo y su capacidad para biodegradarse completamente en condiciones naturales. Sin embargo, su sensibilidad al agua y sus propiedades mecánicas limitadas han llevado a la investigación sobre cómo mejorarlo mediante la mezcla con otros polímeros y el uso de compatibilizadores. Estudios recientes han demostrado que la incorporación de glicerol como plastificante puede mejorar significativamente la flexibilidad y procesabilidad del TPS (He & Wei, 2017).

Estructura Molecular del TPS (Thermoplastic Starch)

Composición y Estructura:

Base de Almidón: El almidón es un polisacárido compuesto de dos moléculas principales (Fig. 3): amilosa (lineal) y amilopectina (ramificada).

### Structural components of starch

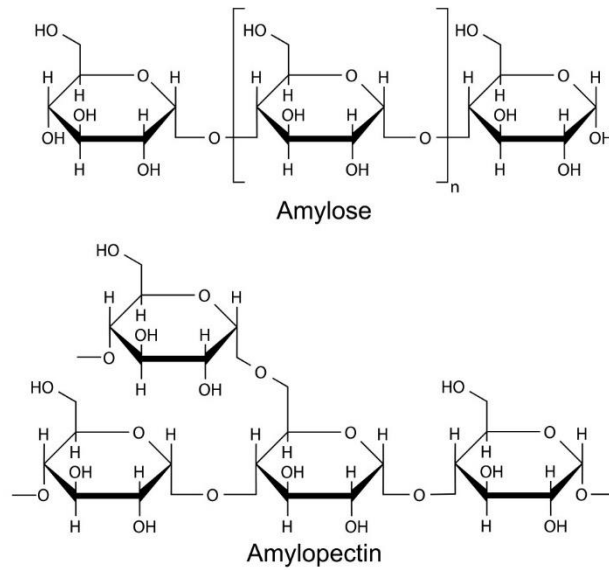


Figura 3

(Componentes del TPS)

**Modificación Térmica y Química:** Para convertir el almidón en un termoplástico, se calienta en presencia de un plastificante (como el glicerol). Este proceso rompe los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón, permitiendo que se reorganicen en una estructura más flexible.

**Estructura Final:** TPS presenta una matriz de almidón amorfo (Fig. 4) que puede fluir bajo calor, lo que le otorga propiedades termoplásticas.

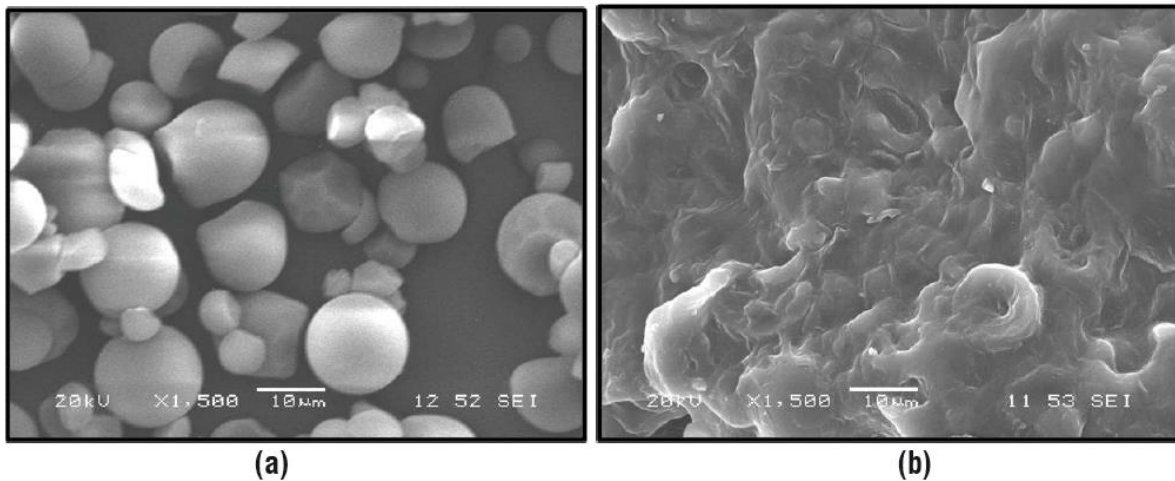


Figura 4

(Micrografías SEM de la estructura del almidón (a),  
y de la superficie de fractura en tensión de un TPS)

Propiedades del TPS:

Biodegradabilidad: Totalmente biodegradable en condiciones naturales.

Flexibilidad: Mejorada con la adición de glicerol.

Resistencia mecánica: Limitada, pero puede ser mejorada mediante mezclas con otros polímeros.

-Ácido Poliláctico (PLA)

El ácido poliláctico (PLA) es otro polímero biodegradable derivado de recursos renovables como el maíz. Se destaca por su rigidez y resistencia mecánica, aunque su fragilidad puede ser una desventaja en ciertas aplicaciones. El PLA se degrada por hidrólisis y es compostable bajo condiciones industriales. Estudios han indicado que la combinación de PLA con TPS puede resultar en un material con propiedades mecánicas y de biodegradabilidad mejoradas (Farah et al., 2016).

Estructura Molecular del PLA (Polylactic Acid)

Composición y Estructura:

Base de Ácido Láctico: PLA se sintetiza a partir de ácido láctico, que puede ser producido a partir de fuentes renovables como el maíz o la caña de azúcar.

Polimerización: Las moléculas de ácido láctico se polimerizan para formar largas cadenas de polilactida.(Fig. 5)

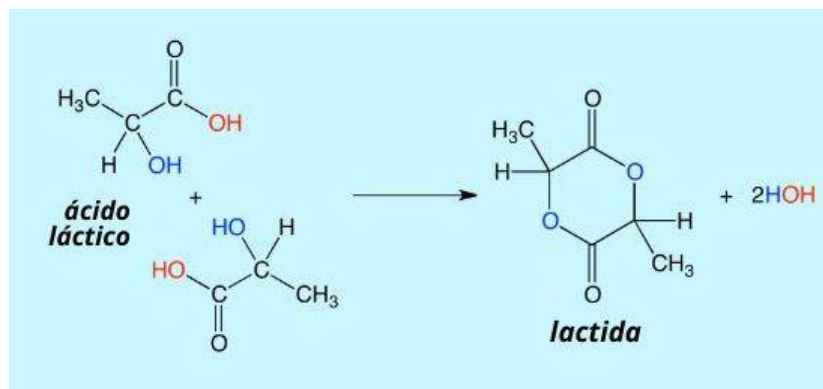


Figura 5

(Moléculas de ácido láctico, y monómero de PLA)

Configuraciones Estereoisoméricas: PLA puede existir en diferentes formas estereoisoméricas, como L-PLA, D-PLA y sus mezclas. La proporción de estos isómeros afecta las propiedades mecánicas y térmicas del material.

Diagrama de Estructura Molecular del PLA:

Monómero de Ácido Láctico: Estructura del ácido láctico.

Cadena Polimérica: Representación de las cadenas largas de polilactida.

Propiedades del PLA:

Biodegradabilidad: Compostable en condiciones industriales.

Rigidez y resistencia mecánica: Alta, pero frágil.

Compatibilidad: Mejora las propiedades del TPS cuando se mezcla.

### ***Técnicas de Producción***

- Moldeo por Inyección

El moldeo por inyección es una técnica de fabricación ampliamente utilizada que permite la producción en masa de componentes plásticos con alta precisión. Este método es especialmente adecuado para biopolímeros como el TPS y el PLA debido a su capacidad para manejar materiales con diferentes propiedades reológicas. La técnica implica la fusión del material polimérico, su inyección en un molde bajo alta presión y el posterior enfriamiento para solidificar la pieza. La optimización de los parámetros de inyección, como la temperatura y la presión, mejora la calidad y las propiedades del producto final.

- Fabricación del Molde mediante CNC

La fabricación de moldes mediante tecnología CNC (Control Numérico por Computadora) ofrece alta precisión y repetibilidad, lo cual es crucial para la producción de señuelos de pesca. A diferencia del Electroerosión (EDM), el CNC es más rentable para moldes con diseños menos complejos. La elección del material del molde y la estrategia de mecanizado son factores críticos que afectan la calidad del producto final.

### ***Innovaciones y Tendencias Recientes***

- Compatibilización de Biopolímeros

Una de las innovaciones recientes en el campo de los biopolímeros es la compatibilización, que implica la adición de compatibilizadores para mejorar la miscibilidad de diferentes polímeros. Esto es particularmente relevante para mezclas de TPS y PLA, donde la compatibilidad entre los dos puede ser limitada. La investigación ha demostrado que los compatibilizadores pueden reducir el tamaño de las fases dispersas y mejorar la adhesión interfacial, resultando en mejores propiedades mecánicas y de barrera.



## -Evaluación de la Biodegradabilidad

La evaluación de la biodegradabilidad es esencial para asegurar que los nuevos materiales cumplan con los requisitos ambientales. Métodos estándar como la prueba de compostaje industrial y la biodegradación en condiciones simuladas de suelo y agua son comunes. Estudios han mostrado que los materiales basados en TPS y PLA pueden degradarse completamente en condiciones de compostaje industrial en un periodo de seis meses, cumpliendo con las normativas de biodegradabilidad (ISO 14855-1:2012).

## ***Conclusión***

El análisis del estado del arte revela que los biopolímeros como el TPS y el PLA ofrecen una alternativa viable y sostenible a los materiales plásticos tradicionales utilizados en señuelos de pesca. Las técnicas de producción por inyección y la fabricación de moldes mediante CNC son adecuadas para este proyecto, proporcionando precisión y eficiencia. Las innovaciones recientes en compatibilización y evaluación de la biodegradabilidad son prometedoras y respaldan la viabilidad de producir señuelos de pesca biodegradables a gran escala.

## Comparativa de materiales

Propiedad	TPS	PLA	PVC plastificado
Resistencia a la Tracción (MPa)	30-50	50-70	20-50
Elasticidad (Módulo de Young) (GPa)	1-2	1-2	1-3
Resistencia al Impacto (J/m)	Moderada	Alta	Alta
Dureza	Moderada	Alta	Alta
Temperatura de Fusión (°C)	160-170	150-160	80-160
Conductividad Térmica (W/m·K)	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.3
Coefficiente de Expansión Térmica ( $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ )	60-80	68-88	50-100
Resistencia Química	Moderada	Alta	Alta
Absorción de Agua	Alta	Baja	Baja
Biodegradabilidad	Alta	Baja	Baja
Energía Incorporada (MJ/kg)	30-40	50-60	60-70
Huella de Carbono	Baja	Baja	Alta
Reciclabilidad	Baja	Moderada	Alta
Costo de Producción (\$/kg)	1.5-5	2-3	1-1.5
Disponibilidad de Materias Primas	Alta	Alta	Alta
Aplicaciones Comunes	Embalajes, utensilios de un solo uso	Embalajes, textiles, medicina	Tubos, juguetes, pisos
Ventajas Específicas	Biodegradable, bajo costo	Biodegradable, alta resistencia	Durable, flexible
Desventajas	Alta absorción de agua, menor resistencia química	Costoso, menor resistencia a altas temperaturas	No biodegradable, toxico

Tabla 1

(Tabla de comparativa de propiedades resistentes en los distintos materiales seleccionados)

# CAPÍTULO III

## Sistemas, subsistemas y componentes

### *Sistema Global*

El sistema global de la máquina de inyección abarca todas las etapas del proceso de producción de los señuelos de pesca, desde la preparación del material hasta el desmoldeo del producto terminado. Este sistema está compuesto por varios subsistemas interrelacionados que trabajan en conjunto para asegurar un proceso eficiente y de alta calidad.

### *Subsistemas y Componentes*

#### *a. Subsistema de Preparación del Material*

Este subsistema se encarga de la correcta preparación del biopolímero antes de ser inyectado en el molde.

Tolva de Alimentación:

Función: Almacena y alimenta el material seco y mezclado a la máquina de inyección.

Componentes: Tolva, sensores de nivel de material, y sistema de transporte del material.

Sistema de Secado:

Función: Elimina la humedad del biopolímero para evitar defectos en la pieza final.

Componentes: Deshumidificador, control de temperatura y flujo de aire.

Mezclador de Aditivos:

Función: Añade y homogeneiza los aditivos necesarios, como plastificantes y colorantes, al material seco.

Componentes: Mezclador, dosificadores de aditivos, y sistema de control de mezcla.

#### *b. Subsistema de Inyección*

Este subsistema es responsable de la plastificación y inyección del biopolímero en el molde.

Unidad de Inyección:

Función: Fundir y homogeneizar el material polimérico, y luego inyectarlo en el molde.

Componentes: Tornillo sin fin, cilindro de calentamiento, resistencias eléctricas, y boquilla de inyección.

Sistema de Control de Temperatura:

Función: Mantiene las temperaturas adecuadas en las distintas zonas del cilindro para asegurar una fusión homogénea del material.

Componentes: Termopares, controladores de temperatura, y sistemas de refrigeración.

Sistema de Control de Presión:

Función: Regula la presión de inyección para asegurar un llenado completo y uniforme del molde.

Componentes: Sensores de presión, válvulas reguladoras, y controladores de presión.

### *c. Subsistema de Moldeo*

Este subsistema comprende el molde en sí y los mecanismos necesarios para su operación.

Molde de Inyección:

Función: Dar forma al señuelo de pesca mediante la cavidad moldeada en su interior.

Componentes: Cavidades del molde, canales de inyección, sistema de enfriamiento del molde, y placas de soporte.

Sistema de Cierre del Molde:

Función: Mantener el molde cerrado bajo alta presión durante el proceso de inyección.

Componentes: Prensa de cierre, hidráulicos o servomotores, y sensores de fuerza de cierre.

Sistema de Enfriamiento del Molde:

Función: Enfriar el material inyectado para que solidifique y pueda ser desmoldeado.

Componentes: Conductos de refrigeración, bomba de agua, y controladores de flujo y temperatura.

### *d. Subsistema de Desmoldeo*

Este subsistema se encarga de la expulsión del señuelo solidificado del molde.

Eyectores:

Función: Expulsar el señuelo del molde sin dañarlo.

Componentes: Punzones de eyección, sistema hidráulico o neumático de accionamiento, y sensores de posición.

Sistema de Apertura del Molde:

Función: Abrir el molde tras el enfriamiento del material para permitir la eyección del producto.

Componentes: Actuadores hidráulicos o eléctricos, guías de alineación, y sensores de apertura.

#### *e. Subsistema de Control de Calidad*

Este subsistema asegura que los señuelos producidos cumplen con las especificaciones técnicas y de calidad.

Sistema de Inspección Visual y Dimensional:

Función: Verificar que los señuelos cumplen con las dimensiones y acabados superficiales requeridos.

Componentes: Cámaras de alta resolución, software de visión artificial, y herramientas de medición precisas como calibres y micrómetros.

Pruebas de Resistencia y Biodegradabilidad:

Función: Evaluar la resistencia mecánica y la biodegradabilidad de los señuelos.

Componentes: Máquinas de prueba de tracción y compresión, cámaras de compostaje, y equipos de análisis de biodegradabilidad.

#### ***Interrelación de los Subsistemas***

Los subsistemas descritos están estrechamente interrelacionados para formar un sistema cohesivo que permite la producción eficiente y sostenible de los señuelos de pesca. La preparación adecuada del material asegura una inyección homogénea, mientras que el control preciso de los parámetros de inyección y enfriamiento del molde garantiza la calidad del producto final. El desmoldeo cuidadoso y las inspecciones de calidad aseguran que cada señuelo cumpla con las especificaciones técnicas y normativas medioambientales.

# CAPÍTULO IV

## Estudio teórico de la pieza a fabricar

### *Descripción*

Pieza de geometría simple, de (x\*x) dimensiones, para la cual no se requiere de movimientos dentro del molde para abaratar costes de producción del molde. La pieza deberá simular el movimiento y la forma de la presa con el fin de atraer a los peces.

### *Funcionalidad*

La función de la pieza a fabricar es la de simular la forma y movimiento de una presa para que los peces piquen en el anzuelo, por lo tanto, debe ser capaz de soportar la introducción de la cabeza plomada con anzuelo, así como capaz de soportar el ser estirado al recoger sedal.

También es interesante el color de la pieza, y teniendo en cuenta el material usado para la producción este será fácilmente coloreado, para que sea más llamativo, y a su vez el señuelo debe ser capaz de resistir las mordidas de los peces que se intentan pescar, ya que si este parte con facilidad se perderán capturas y efectividad en el señuelo.

## Requisitos de diseño y consideraciones iniciales

### *Introducción*

El capítulo de Requisitos de Diseño y Consideraciones Iniciales establece los parámetros técnicos y las especificaciones que guiarán el desarrollo del señuelo de pesca biodegradable. Estos requisitos son fundamentales para asegurar que el diseño sea funcional, sostenible y económicamente viable.

### *Requisitos Funcionales*

El señuelo de pesca debe cumplir con los siguientes requisitos funcionales:

Atracción de peces: El diseño debe imitar eficazmente el movimiento de una presa en el agua.

Durabilidad: El señuelo debe resistir múltiples usos sin perder sus propiedades.

Compatibilidad: Debe ser compatible con diferentes tipos de aparejos de pesca y técnicas como el 'spinning'.

Biodegradabilidad: Debe degradarse en un período razonable sin dejar residuos nocivos.

### *Requisitos de Materiales*

Se utilizarán biopolímeros a base de almidón termoplástico (TPS) y ácido poli láctico (PLA) debido a sus propiedades biodegradables y su origen renovable. El TPS será el material principal por su flexibilidad y compatibilidad con el proceso de inyección, mientras que el PLA se añadirá para mejorar la resistencia mecánica.

### ***Requisitos de Procesos de Fabricación***

El proceso de fabricación incluirá:

Diseño del molde: Utilizando software CAD para asegurar precisión y calidad en los detalles del señuelo.

Fabricación del molde: Empleando tecnología CNC para mecanizar los moldes a partir de bloques de metal.

Moldeo por inyección: Adaptando los parámetros del proceso para trabajar con TPS y PLA, incluyendo control de temperatura y presión de inyección.

### ***Tolerancias de Fabricación***

Las tolerancias de fabricación serán las siguientes:

Dimensiones generales:  $\pm 0.2$  mm para las dimensiones externas del señuelo.

Detalles críticos:  $\pm 0.1$  mm para áreas críticas como los puntos de anclaje del anzuelo.

Acabado superficial: Rugosidad máxima de  $1.6 \mu\text{m}$  (N 7) para asegurar una superficie lisa que no interfiera con la funcionalidad del señuelo.

### ***Factores Ambientales y Económicos***

Se tendrán en cuenta los siguientes factores ambientales y económicos:

Sostenibilidad: Uso de materiales biodegradables y procesos de fabricación que minimicen el impacto ambiental.

Costos de producción: Optimización de los procesos para reducir costos sin comprometer la calidad.

Regulaciones ambientales: Cumplimiento con normativas como el Reglamento REACH y la Directiva de Envases y Residuos de Envases.

### ***Consideraciones Iniciales***

Antes de iniciar el diseño y la fabricación del señuelo, se deben considerar los siguientes puntos:

Estudio de mercado: Análisis de la demanda y preferencias del consumidor para ajustar el diseño a las necesidades del mercado.

Evaluación de proveedores: Selección de proveedores confiables para el suministro de materiales biodegradables.

### ***Conclusión***

Establecer requisitos de diseño y consideraciones iniciales claros es esencial para garantizar el éxito del proyecto. Al definir estos parámetros, podemos asegurar que el señuelo de pesca biodegradable será funcional, sostenible y viable económicamente, cumpliendo con los objetivos del proyecto.

## Diseños estudiados

### Introducción

Se hicieron distintos bocetos de posibles señuelos a producir, a partir de estos se hizo una selección de los que me parecieron mejores y se intentaron diseñar en 3D en la aplicación de SolidWorks, donde me decante por diseños más simples y simétricos, con el fin de obtener mejores resultados en las piezas finales.

### Bocetos previos:

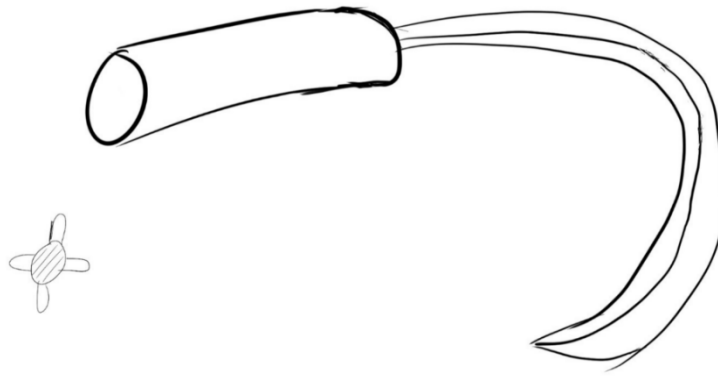


Figura 6

(Boceto de señuelo de pesca)

En este diseño la extracción sería un poco más compleja por la parte de la cola, pero geométricamente es simple, cuenta con una zona donde colocar cualquier tipo de cabeza plomada con facilidad, y la parte gruesa permite un buen agarre y la posibilidad de esconder el anzuelo dentro de la pieza.(Fig.6)

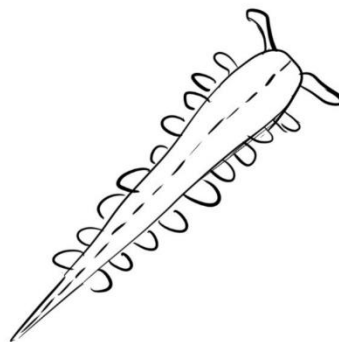


Figura 7

(Boceto de señuelo de pesca)



El ultimo boceto, simula también a un gusano, pero evitando los anillos, en este caso también la línea de partición del molde puede ser fácilmente retirada, geoméricamente es simple, y tiene un buen punto de unión con la cabeza plomada, el posible problema puede ser el excesivo agarre de las cavidades laterales, con el consecuente problema en el momento de extracción.(Fig.7)

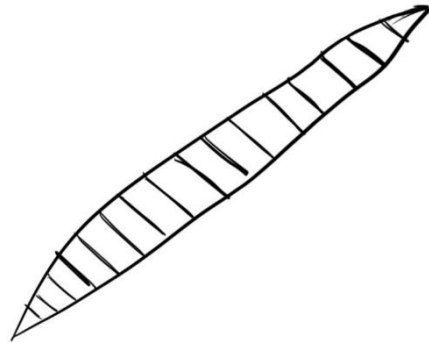


Figura 8

(Boceto de señuelo de pesca)

En este caso es muy simple geoméricamente, la extracción aparentemente es sencilla, y la línea de partición del molde fácilmente se le puede quitar la rebaba, pero en la parte de mecanizado del molde se volvería más complejo y por lo tanto más costoso el dar la forma de los anillos que busca simular un gusano. (Fig.8)

## Diseños simulados

A partir de los bocetos y de unas iteraciones usando el software de MoldFlow, se observó como un diseño que buscara simular la apariencia de un gusano sería la forma más óptima, a su vez cuando mayor sea la simetría y menor la variación de espesor a lo largo de la pieza, mejor acabado y calidad de la pieza, por lo tanto, se crearon unas pocas variantes del diseño que se simularon en el software anteriormente mencionado para verificar la calidad de la pieza una vez inyectada.

-Primera iteración: Para el primer diseño simulado se optó por una geometría simple que tiene en sus bordes un ángulo de salida bastante pronunciado, lo cual en un inicio se pensó que serviría para facilitar la expulsión de las piezas, pero finalmente generaba peores acabados en la pieza frente al diseño elegido finalmente. (Fig.9)

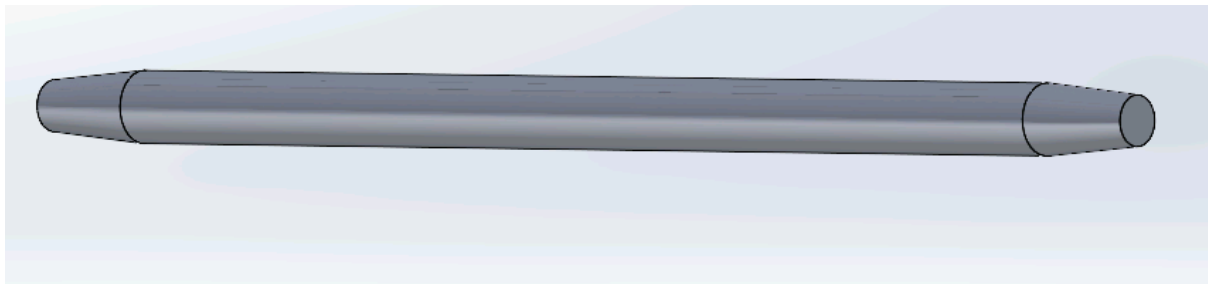


Figura 9

(Diseño realizado en SolidWorks)

Tiempo de llenado (Fig.10):

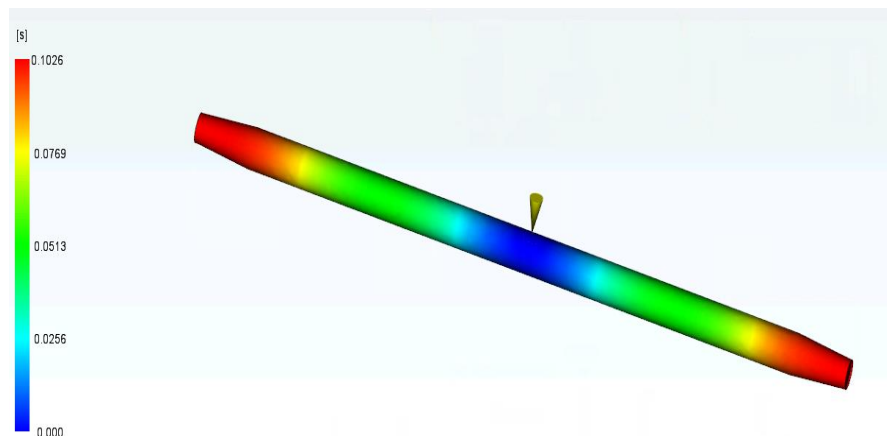


Figura 10

(Simulación del diseño en MoldFlow)

Presión de inyección (Fig.11):

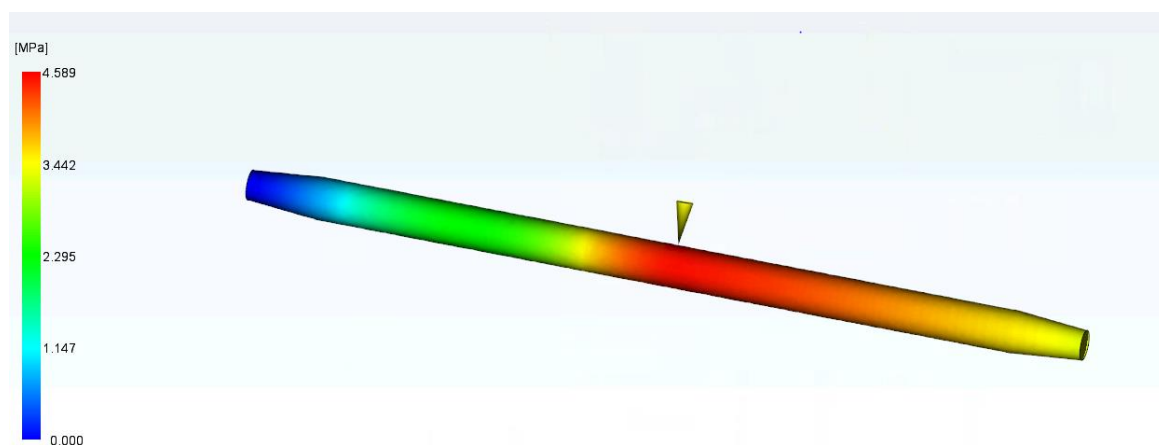


Figura 11  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Temperatura durante el llenado (Fig.12):

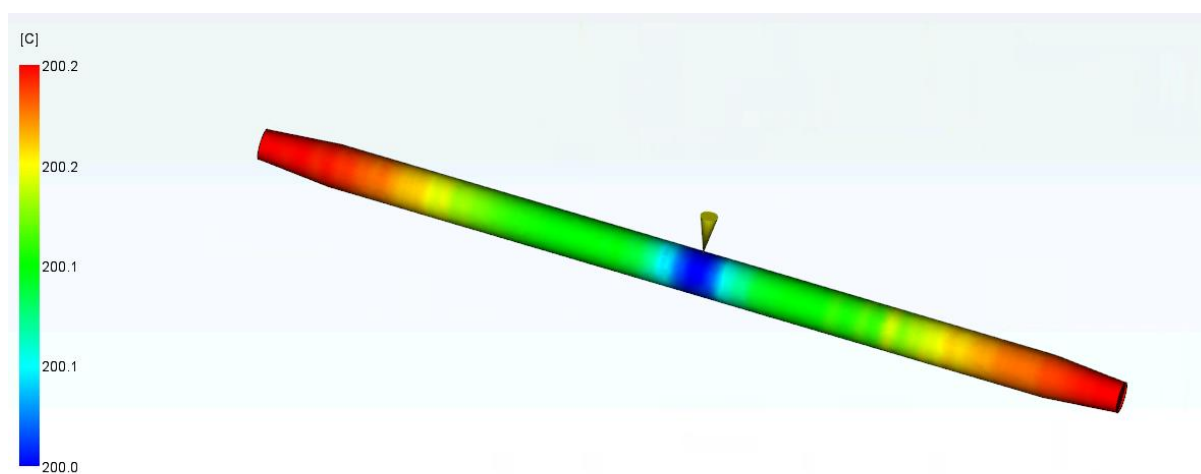


Figura 12  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Contracción al sacar la pieza (Fig.13):

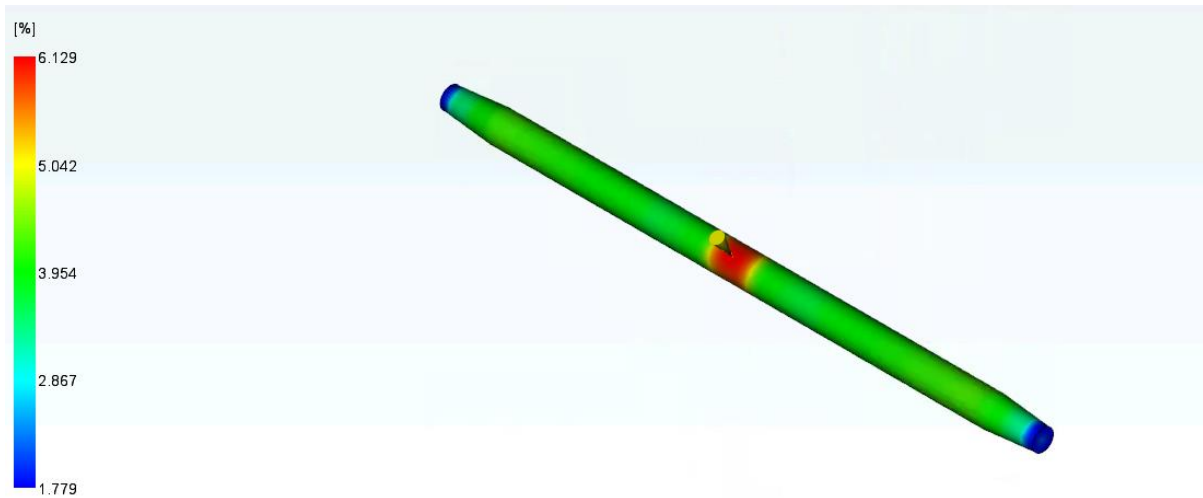


Figura 13  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Segunda iteración: En este diseño se optó por la forma cilíndrica de los gusanos, pero con dos protuberancias en los extremos para darle mejor movilidad durante la caída del señuelo en el agua, lo cual, aunque útil durante la pesca demostró ser problemático para la inyección de la pieza ya que daba problemas en el llenado y solidificación por los cambios bruscos de sección. (Fig.14)

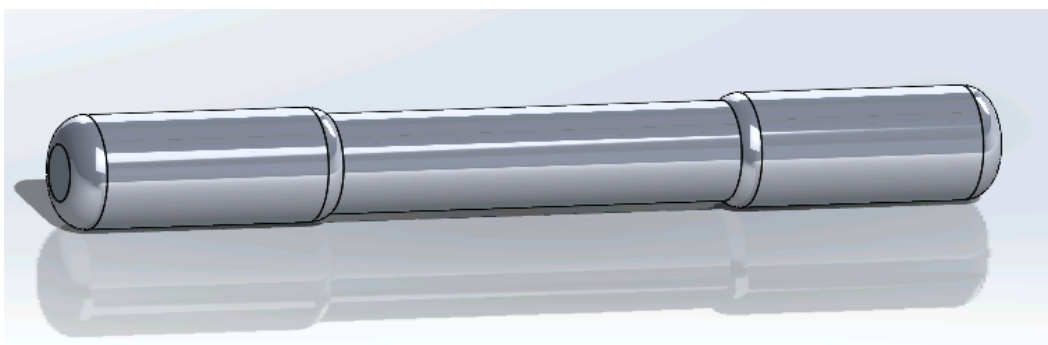


Figura 14  
(Diseño realizado en SolidWorks)

Tiempo de llenado (Fig.15):

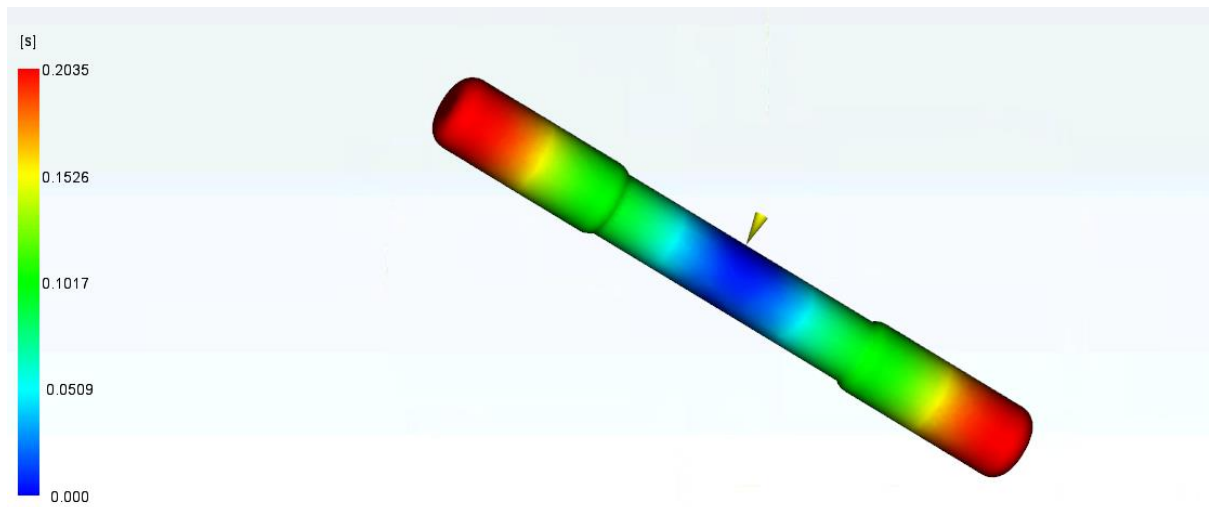


Figura 15  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Presión de inyección (Fig.16):

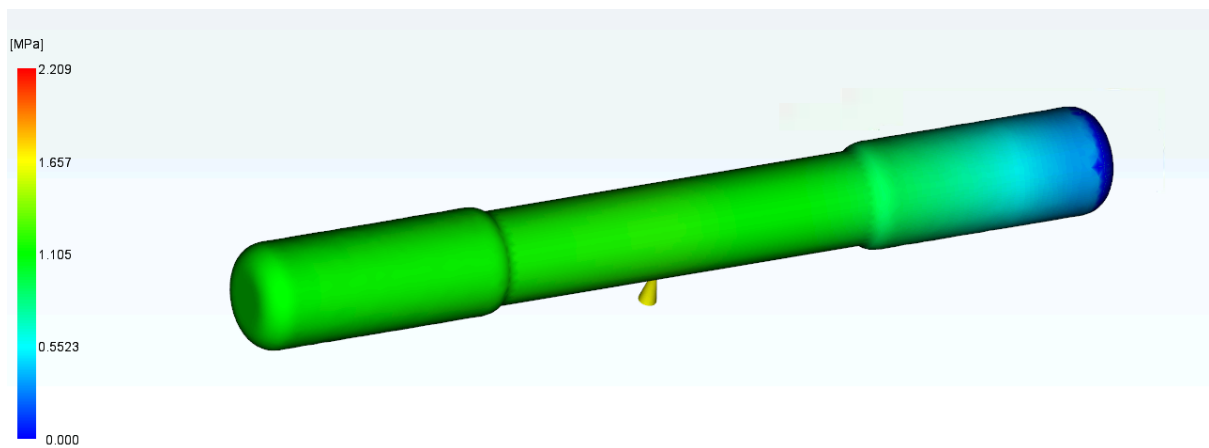


Figura 16  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Temperatura durante el llenado (Fig.17):

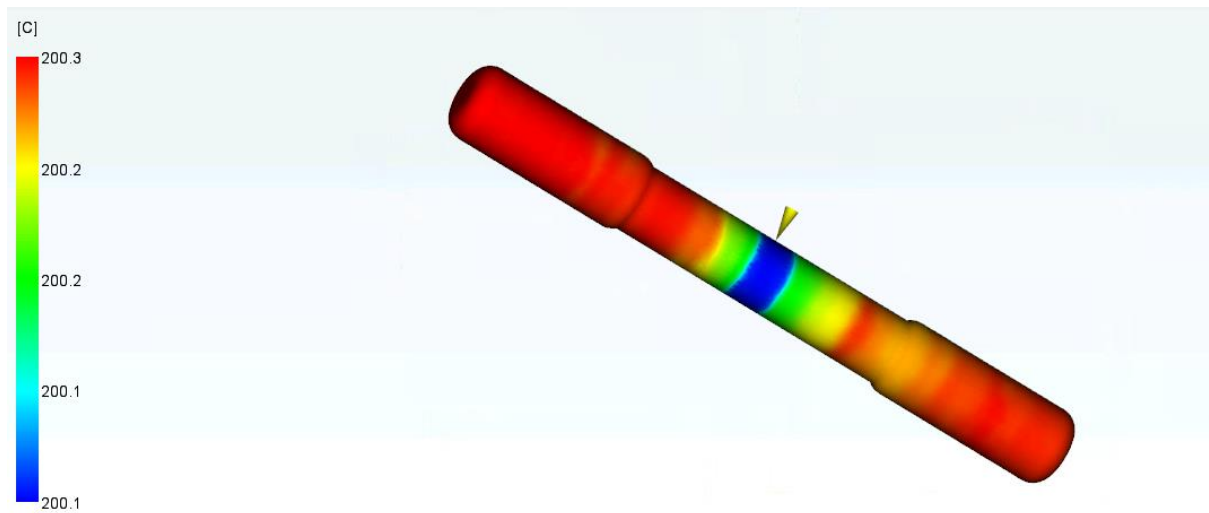


Figura 17  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Contracción al sacar la pieza (Fig.18):

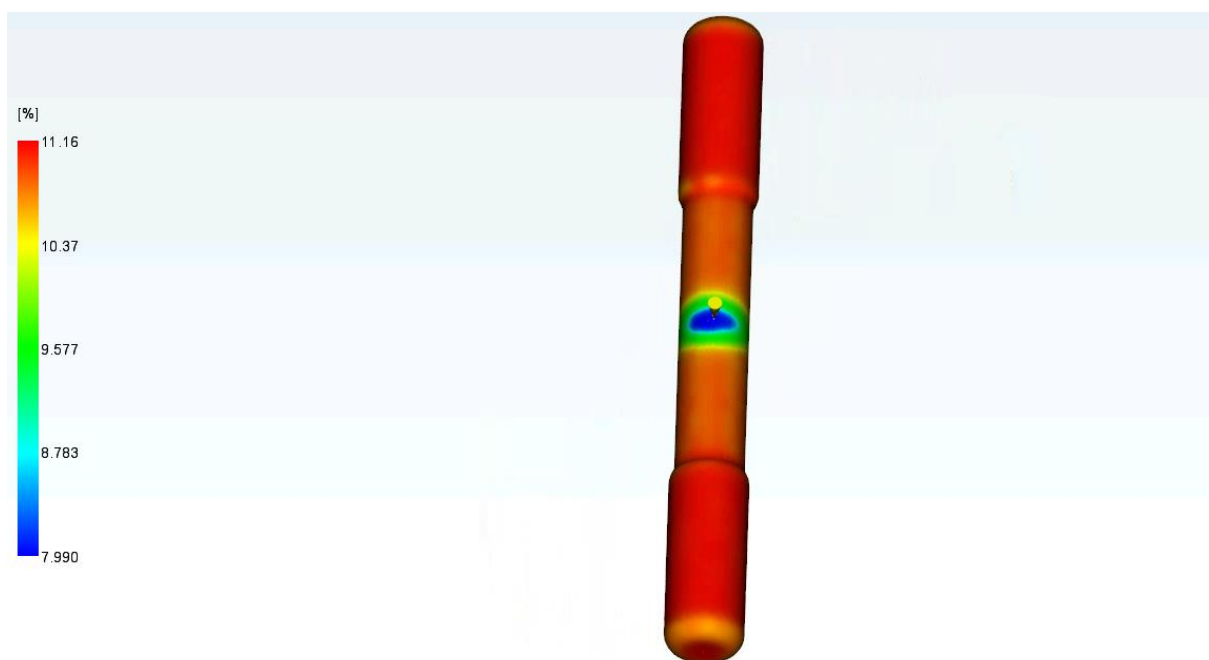


Figura 18  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Tercera iteración: En este caso se intentó usar una geometría más compleja, pero siguiendo la idea de tener un diseño simple, que permita simular a un pez en este caso. Es una pieza difícil de inyectar debido a la zona de inyección, y posiblemente tendría unos pequeños errores en la zona de inyección, por la curva con la que se hizo este diseño. (Fig.19)

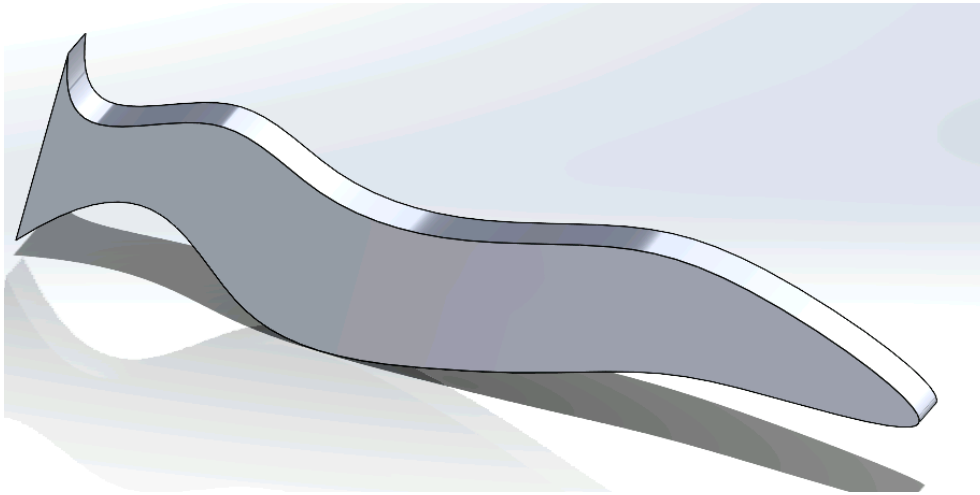


Figura 19

(Diseño realizado en SolidWorks)

Tiempo de llenado (Fig.20):

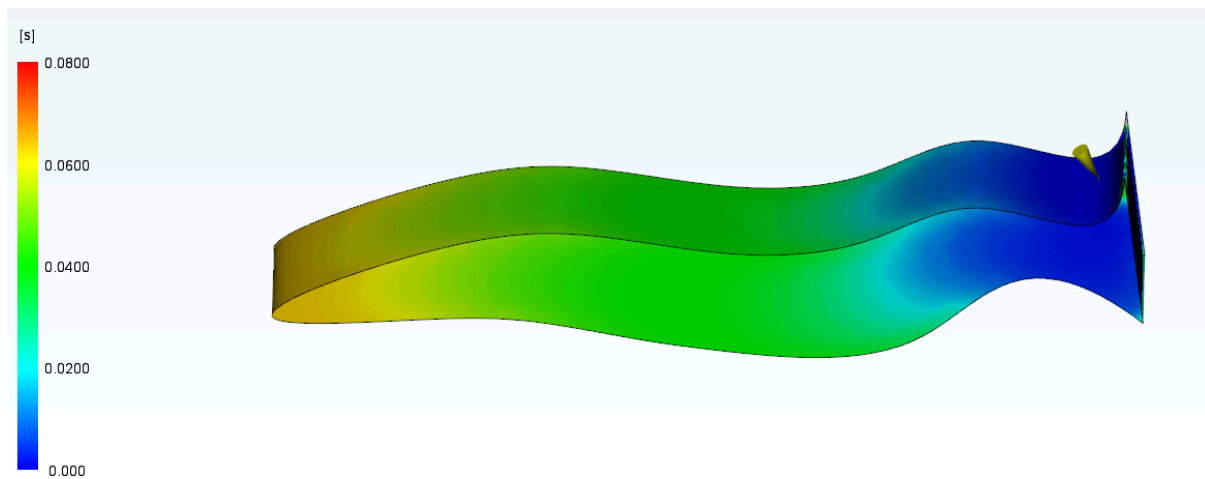


Figura 20

(Simulación del diseño en MoldFlow)

Presión de inyección (Fig.21):

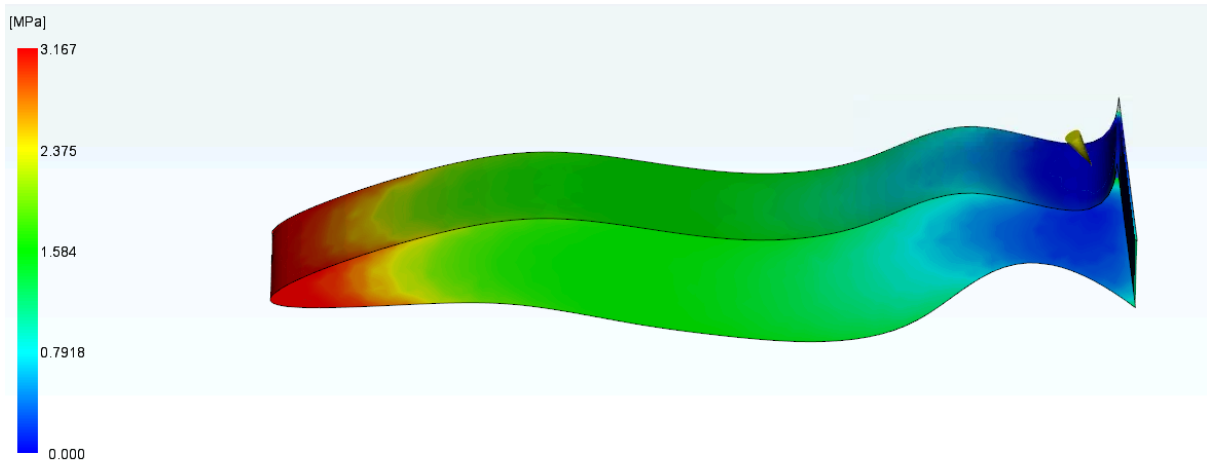


Figura 21  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Temperatura durante el llenado (Fig.22):

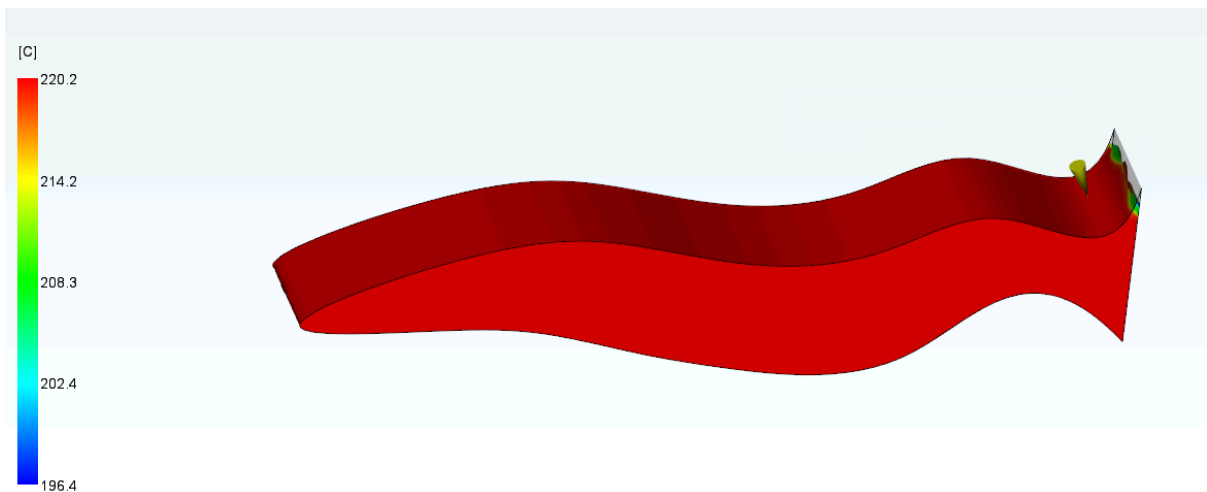


Figura 22  
(Simulación del diseño en MoldFlow)



Contracción al sacar la pieza (Fig.23):

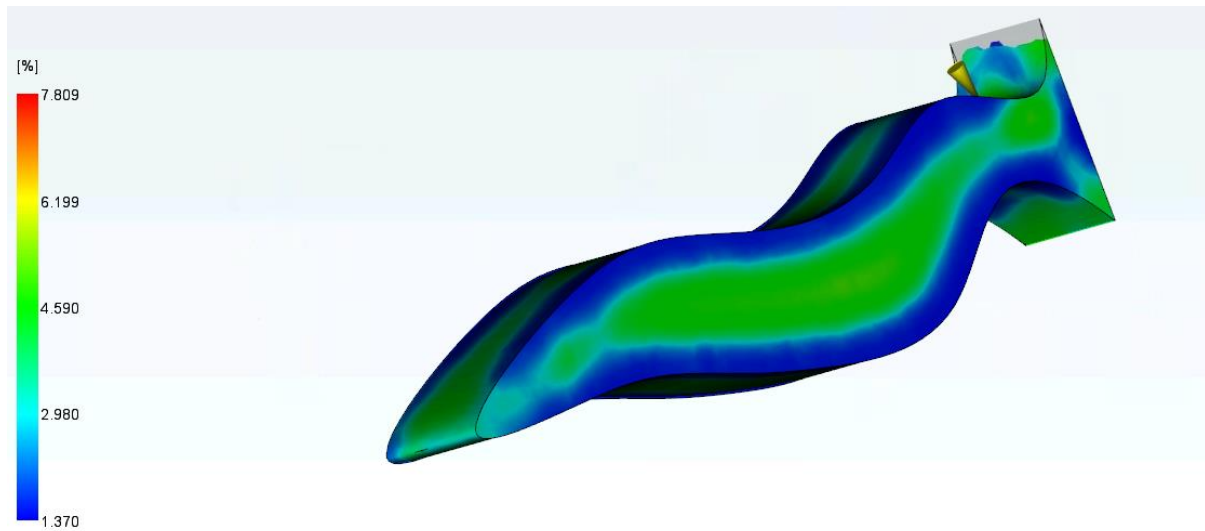


Figura 23

(Simulación del diseño en MoldFlow)

Cuarta iteración: En esta última iteración se optó por el diseño más simple, y eficaz, esta geometría funciona muy bien con distintas cabezas plomadas y logra el efecto visual buscado, así como mostrando buenos resultados en las simulaciones de inyección es por ello por lo que se decidió por el uso de este diseño para el producto, aunque aumentando la longitud de la sección con ángulo de salida para mejorar la calidad de las puntas del señuelo. (Fig.24)



Figura 24

(Diseño realizado en SolidWorks)

Tiempo de llenado (Fig.25):

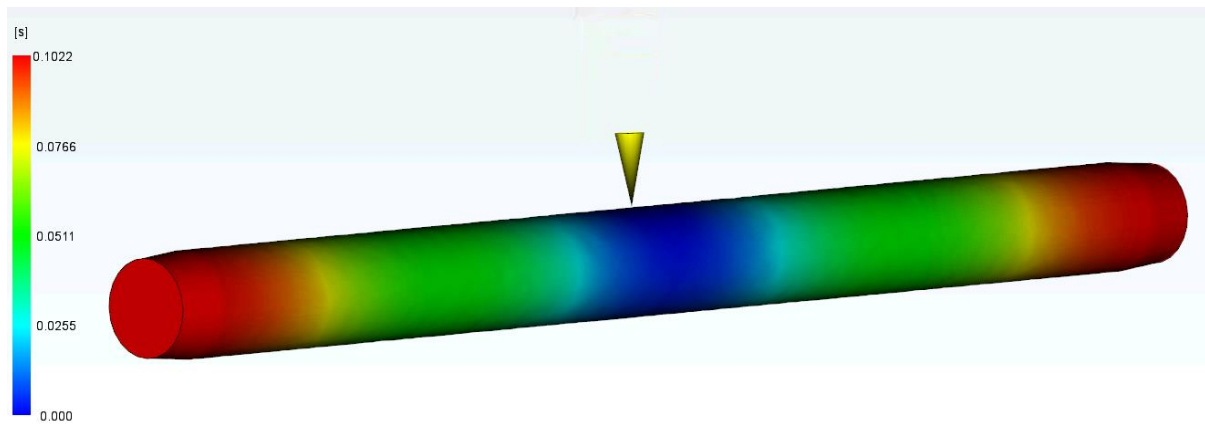


Figura 25  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Presión de inyección (Fig.26):

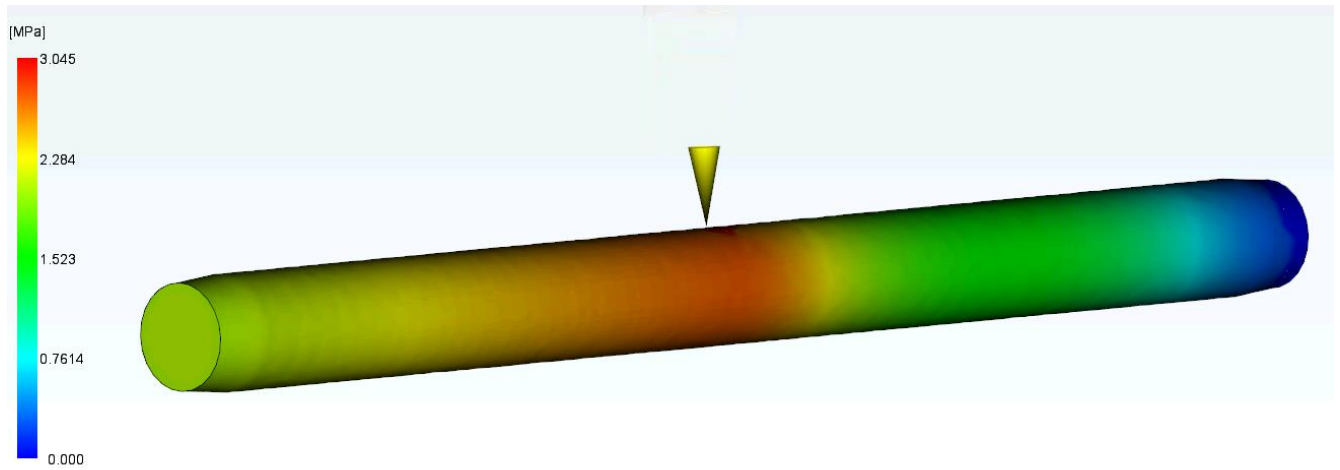


Figura 26  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Temperatura durante el llenado (Fig.27):

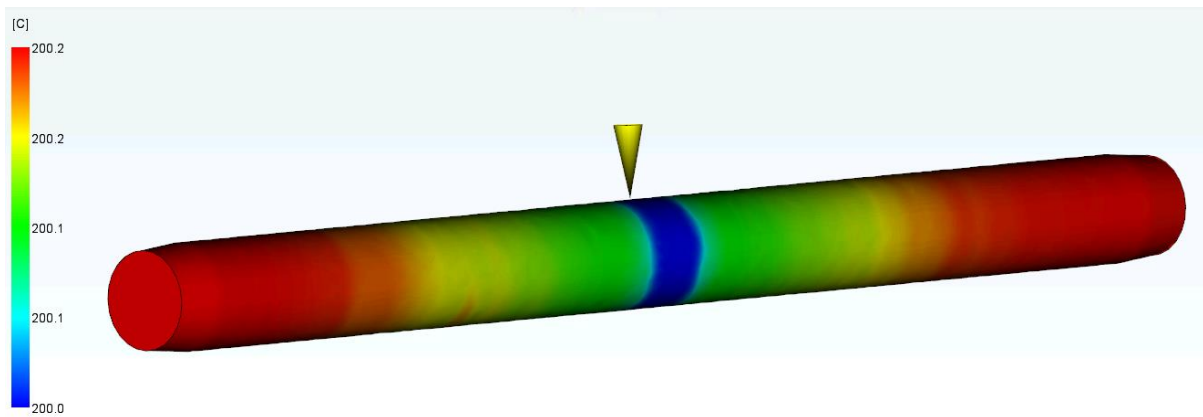


Figura 27  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

Contracción al sacar la pieza (Fig.28):

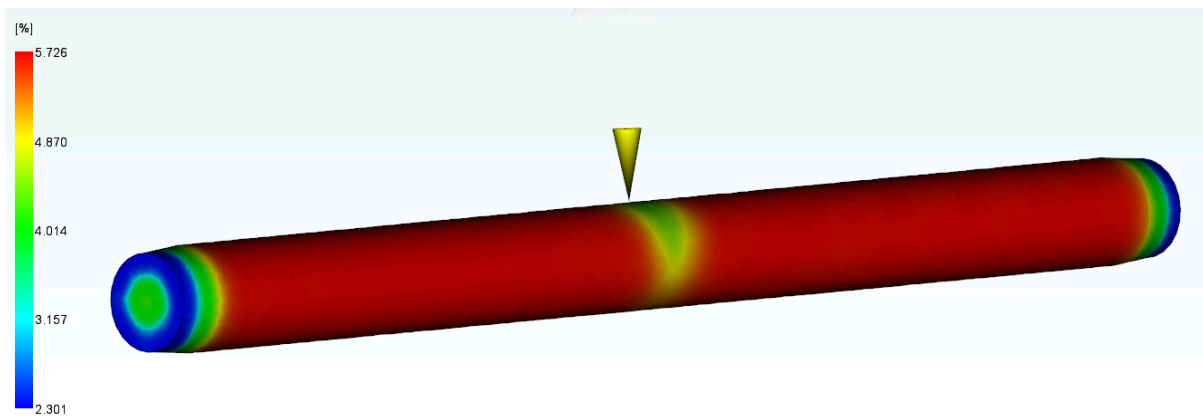


Figura 28  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

## Diseño Final

### Señuelo



Figura 29

(Diseño realizado en SolidWorks)

Se han simulado en MoldFlow el comportamiento de la pieza usando el TPS, en distintos grados para observar cómo los distintos grados de TPS se comportan, y se ha observado que es un material que tiene un importante disminución en el volumen al enfriarse, lo cual se deberá tener en cuenta para que las cabezas plomadas a usar no interfieran en la hidrodinámica del señuelo, aunque este por su naturaleza será usado más a caída que a recogida y la hidrodinámica se convierte en un aspecto menos importante.

En general la simulación nos indica que la pieza se podrá producir con el material pensado anteriormente usando un grado de TPS de la marca Mitsubishi Chemical llamado Rabalon T3775B, el cual ha sido el que menor contracción ha mostrado, mientras que la calidad de la pieza no cambia mucho al cambiar los grados de TPS usados.

En cuanto a los diseños se ha decidido finalmente por la cuarta iteración de diseños (Fig.29), ya que nos ofrece los mejores resultados en las simulaciones realizadas, principalmente en la calidad a esperar, ya que es el diseño con menores variaciones de temperatura a lo largo de la pieza y el que menos contracción al enfriar nos ofrece. Aparte la presión de inyección nos queda a menos de 4 MPa por cavidad, lo que nos permite el uso de máquinas de inyección de menos de 100 T, las cuales son fáciles de encontrar en la mayoría de las empresas de inyección

-Ajustes para la simulación (Fig.30):

Material properties			
Mold temperature [10.00:60.00] C	48.89	▲ ▼	Default
Melt temperature [170.00:250.00] C	211.03	▲ ▼	Default

Figura 30

(Ajustes de temperaturas usados en la simulación de MoldFlow)

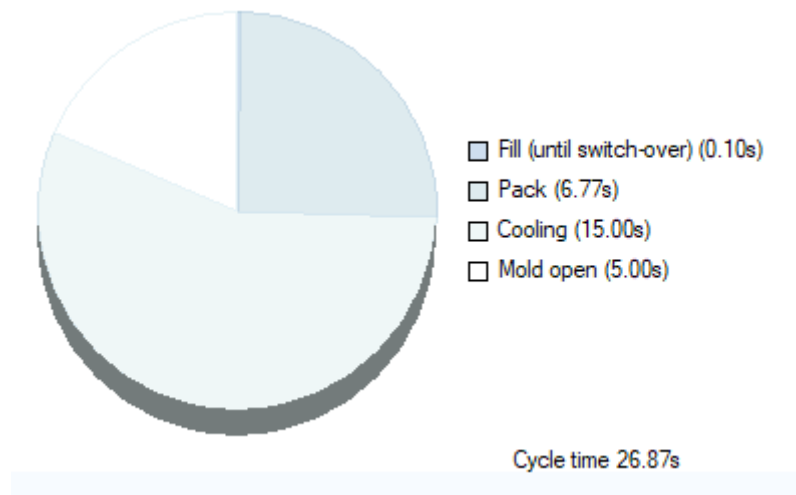


Figura 31

(Grafico circular del tiempo de ciclo en la inyección de la pieza)

-Llenado (Fig.32):

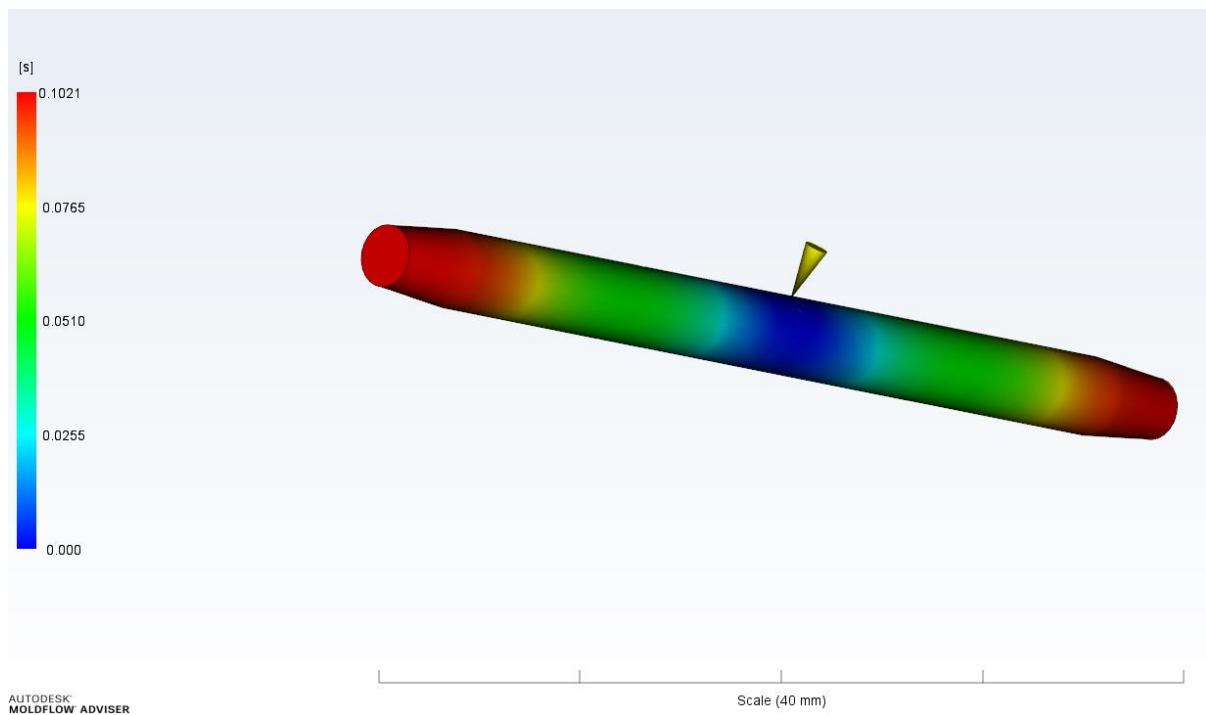


Figura 32

(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Confianza de llenado (Fig.33):

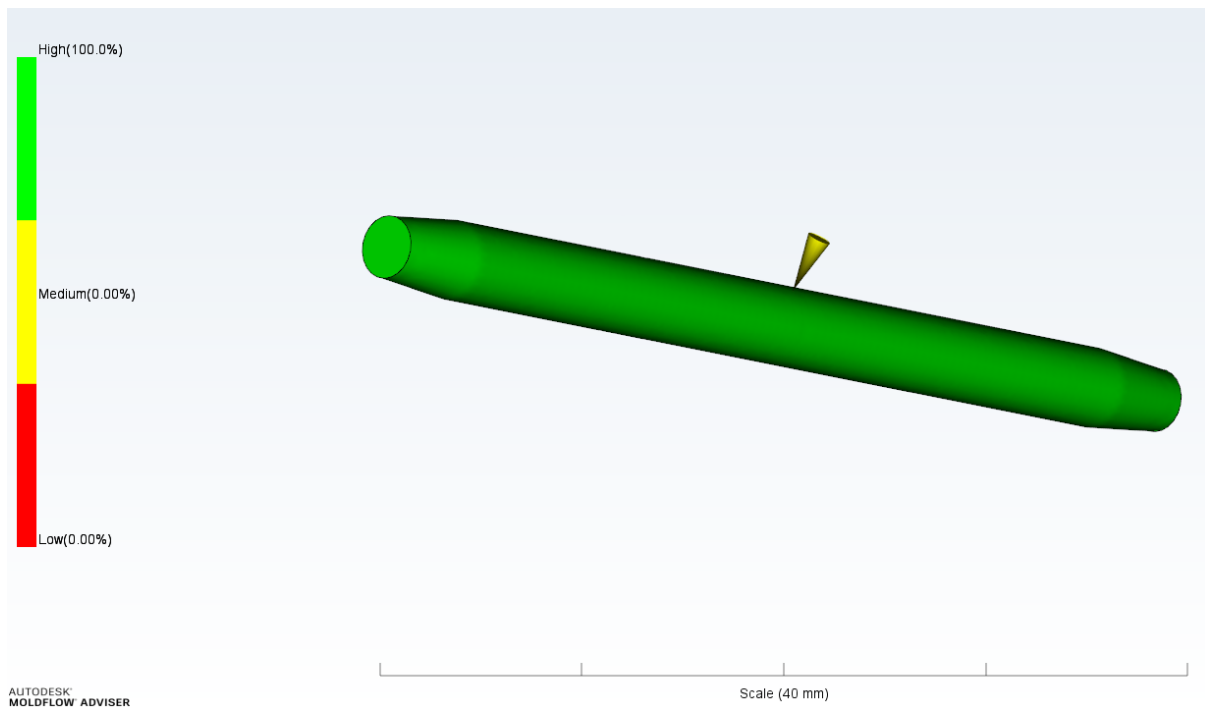


Figura 33

(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Predicción de calidad (Fig.34):

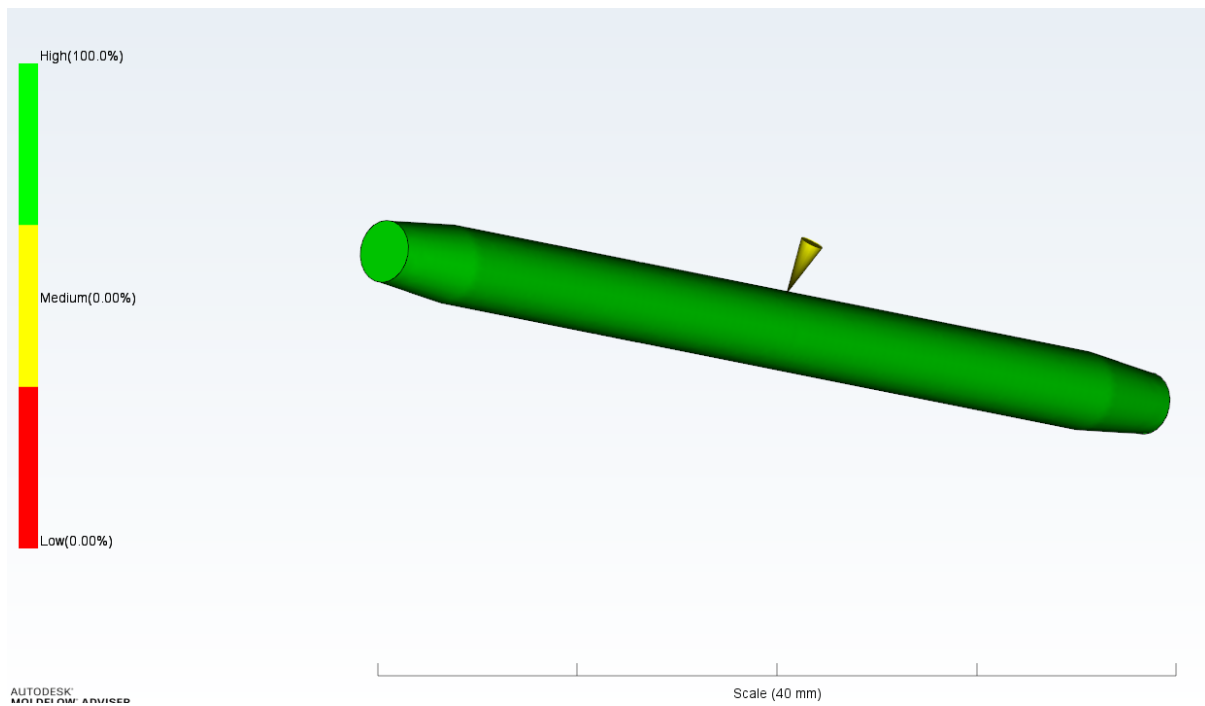


Figura 34

(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Presión de inyección (Fig.35):

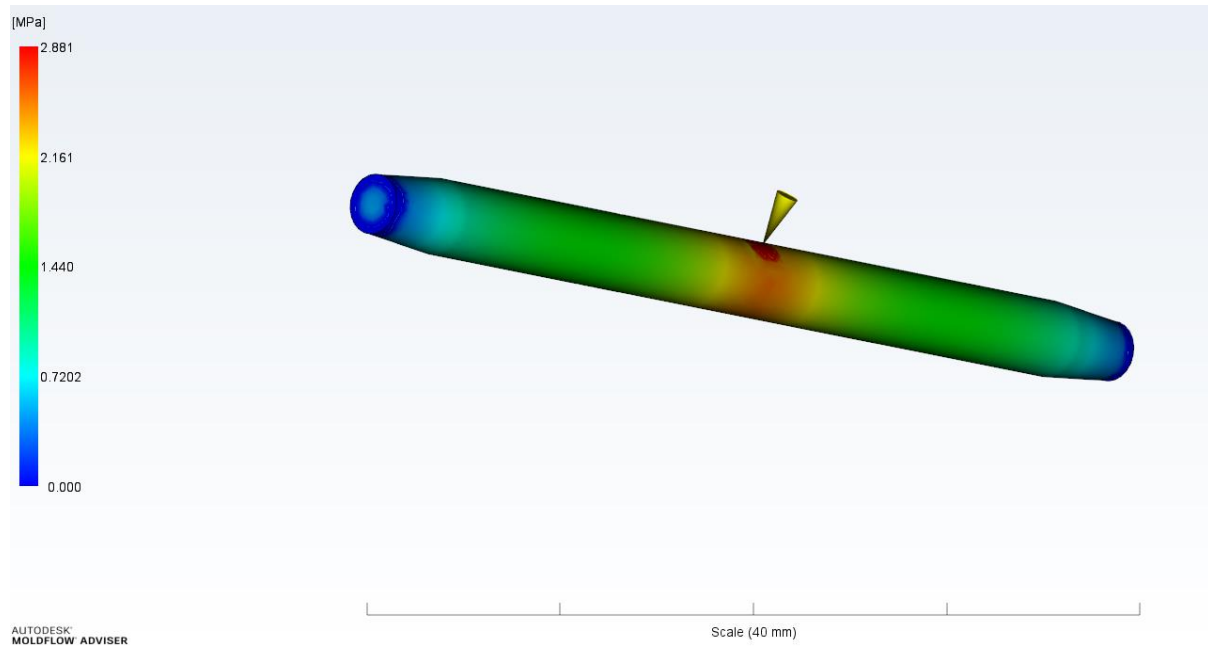


Figura 35

(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Tiempo hasta extracción (Fig.36):

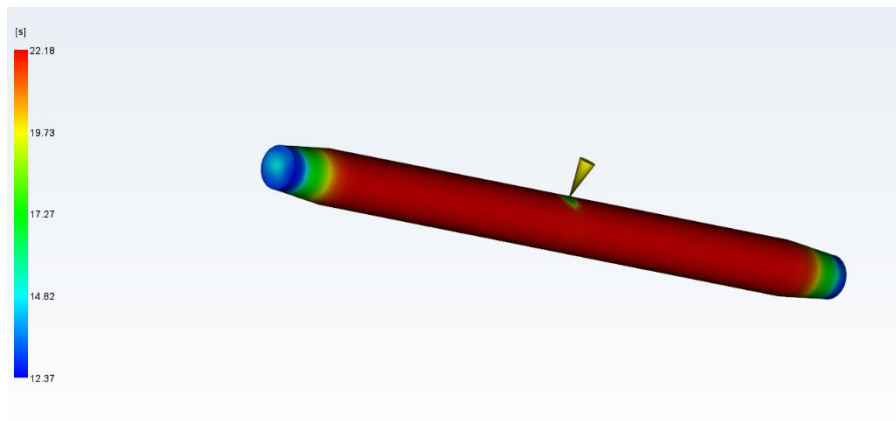


Figura 36

(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Contracción al solidificar (Fig.37):

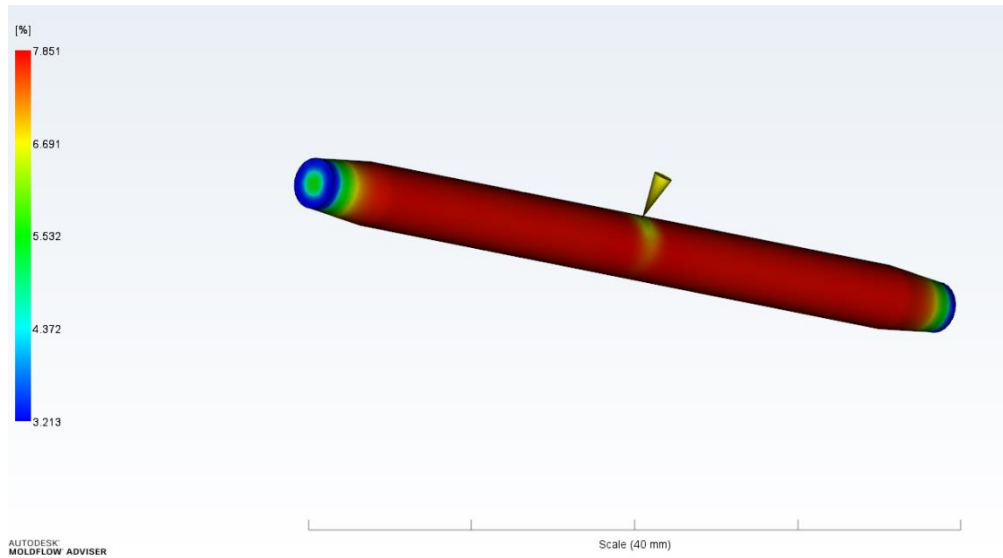


Figura 37  
(Simulación del diseño en MoldFlow)

-Variación de temperatura (Fig.38):

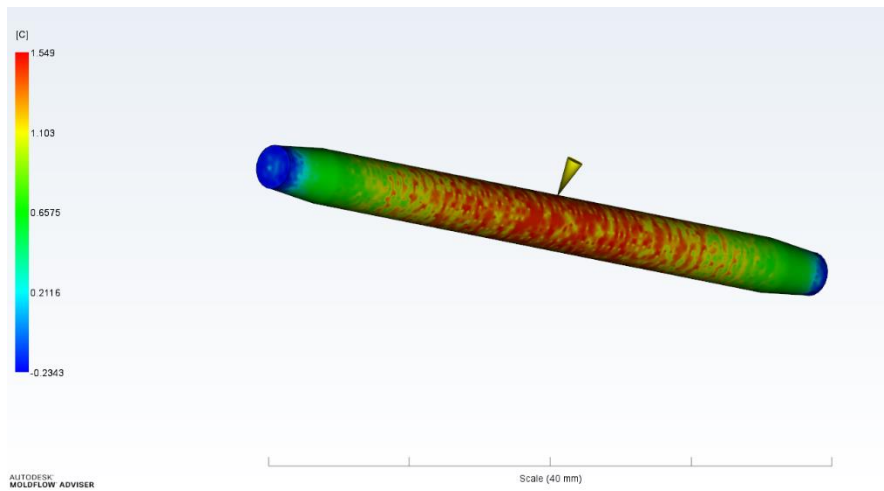


Figura 38  
(Simulación del diseño en MoldFlow)



Tal y como se observan en las distintas capturas realizadas durante la simulación de inyección, la pieza es viable, aunque como se muestra en algunas diapositivas como la de variación de temperatura o la de tiempo hasta extracción los extremos pueden verse afectados por el cambio de sección que tienen, es por ello por lo que tal vez algunas piezas deberán de recortarse por los bordes si es que presentan propiedades empeoradas o marcas. Aunque según los demás casos estudiados las piezas deberían tener una buena calidad acorde con el material usado, y no tendrán marcas ni imperfecciones aparentemente siempre y cuando los parámetros de inyección usados sean los correctos. En cuanto al ciclo tiene una duración inferior a los 30 segundos (Fig.31) por lo que es bastante corto y eficiente, a la vez que al ser un objeto de dimensiones reducidas la fuerza necesaria para inyectar es muy baja lo que permite el uso de más cavidades en el molde con tal de mejorar la productividad, es por ello por lo que se pensó en usar 10 cavidades, lo que según se calculó permitirá usar máquinas de inyección de unas 85 T.

## Molde

Con el software Inventor de Autodesk se ha modelado un molde y su porta moldes de 270x300 mm del vendedor FUTABA SA-S para la generación de 10 piezas en cada ciclo de inyección ya que con la solución de un molde para 4 piezas se usaba demasiado tiempo por pieza de este modo se reducen a poco menos de 3 segundos por pieza, debido a los 27 segundos de ciclo.

En esta imagen (Fig.39) se puede ver el recorrido del material para llegar a las piezas, el cual añadirá más tiempo a la inyección debido a su longitud y puede hacer que el material solidifique por el camino, por lo que se optó por usar pozos fríos con el fin de evitar este problema.

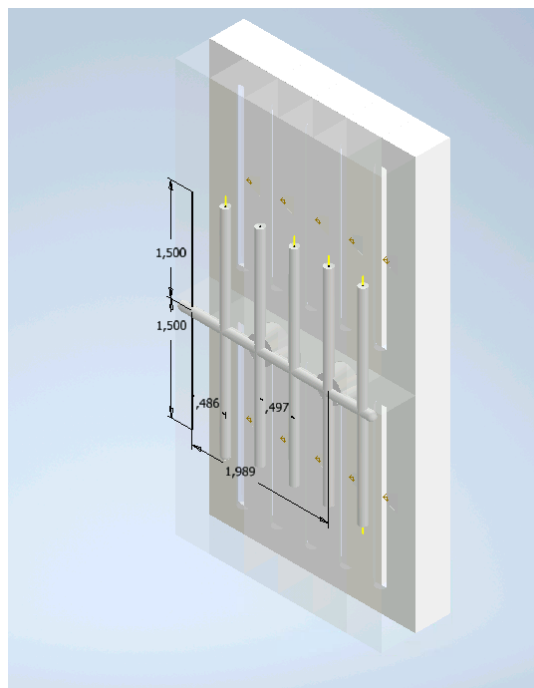


Figura 39

(Sistema de alimentación del molde)

Primero se ha diseñado la cavidad del molde (Fig.40) a partir del cual se ha generado el patrón que se ha usado para el diseño del molde para la producción de 10 piezas. Se ha colocado el punto de inyección donde el análisis del Moldflow sugirió.

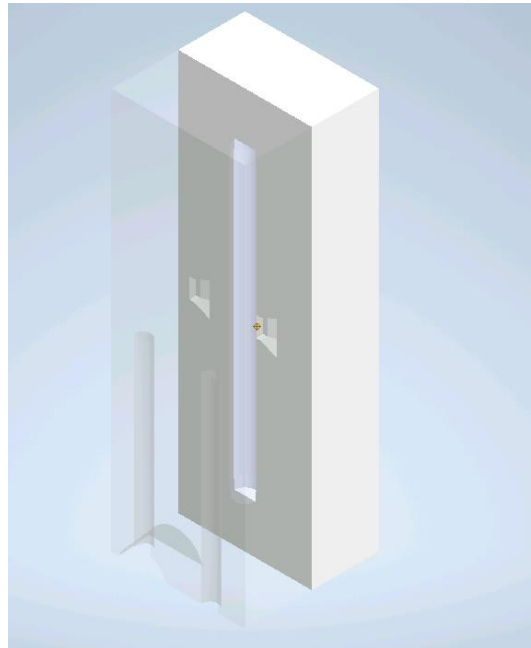


Figura 40

(Cavidad del molde)

Las cavidades del molde quedan dispuestas de esta forma (Fig.41) al aplicar un patrón de 5x2, para aprovechar mejor la superficie del molde ya que por el tipo de pieza nos permite alcanzar un mayor volumen de producción.

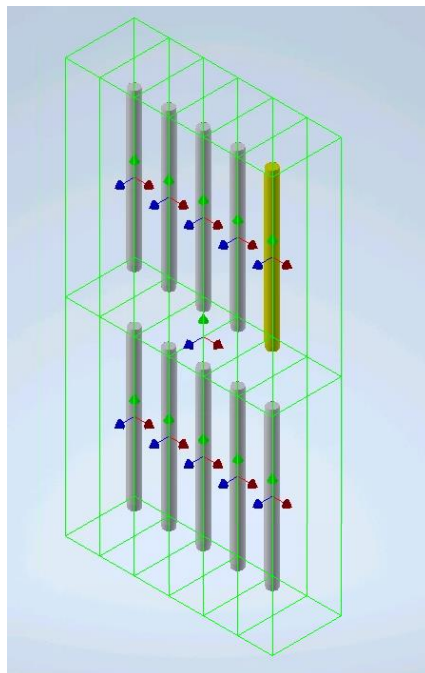


Figura 41

(Patrón de las cavidades del molde)

Se ha usado el tipo de puerta borde (Fig.42), con las siguientes dimensiones para garantizar que dejen sitio al resto de cavidades mientras que se mantiene una geometría reducida para tener un mayor abanico de posibilidades a la hora de elegir el porta moldes, en el caso de que fuera necesario el uso del molde en máquinas de inyección de mayor tamaño.

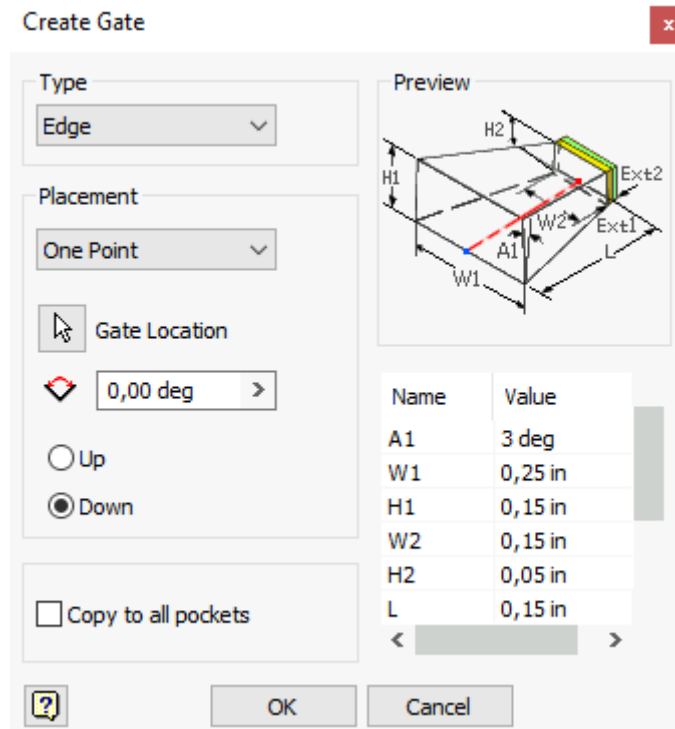


Figura 42

(Tipo de puerta usado en el sistema de alimentación)

Se ha colocado un anillo centrador en el molde (Fig.43) para marcar donde debe entrar la unidad de inyección del tipo LKM LR, y con los parámetros que aparecen en la (Fig.44) este se conectará en el medio de los canales de alimentación para permitir que el material llegue de forma más regular a todas las piezas.

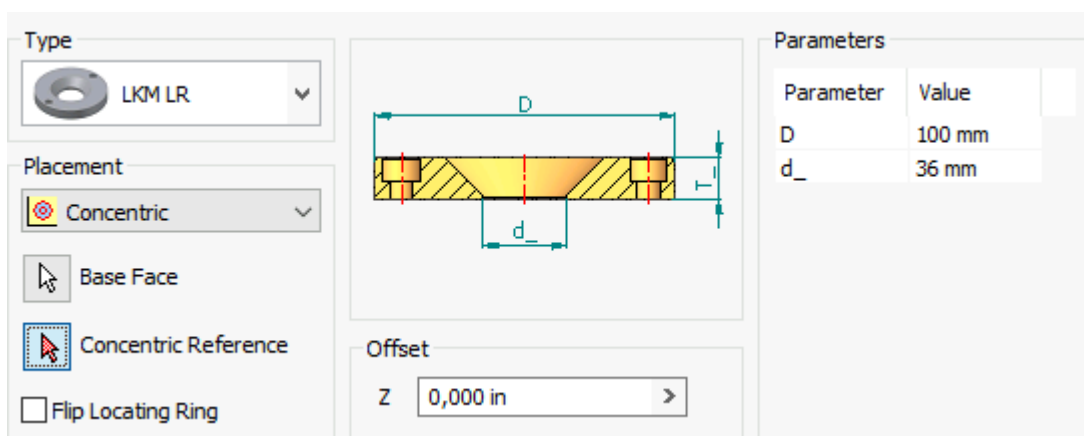


Figura 43

(Tipo de anillo centrador usado en el molde)

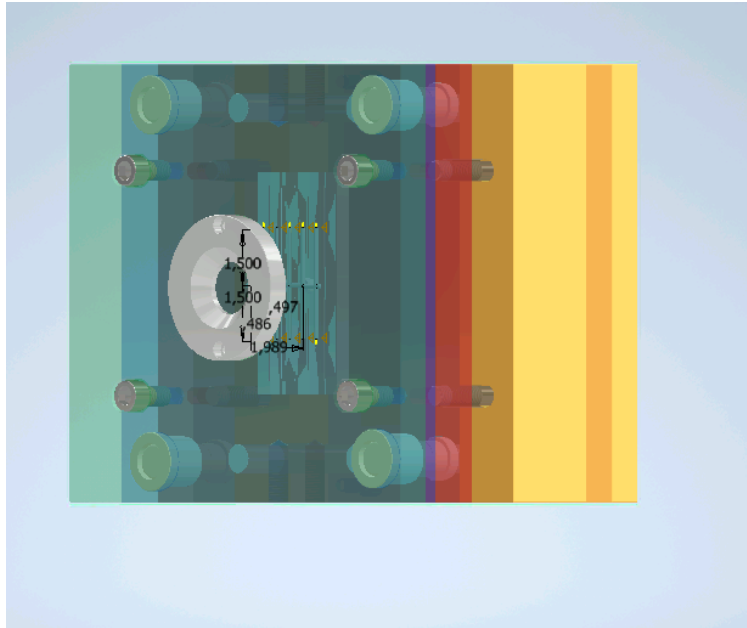


Figura 44

(Diseño del portamoldes visualizado en Inventor)

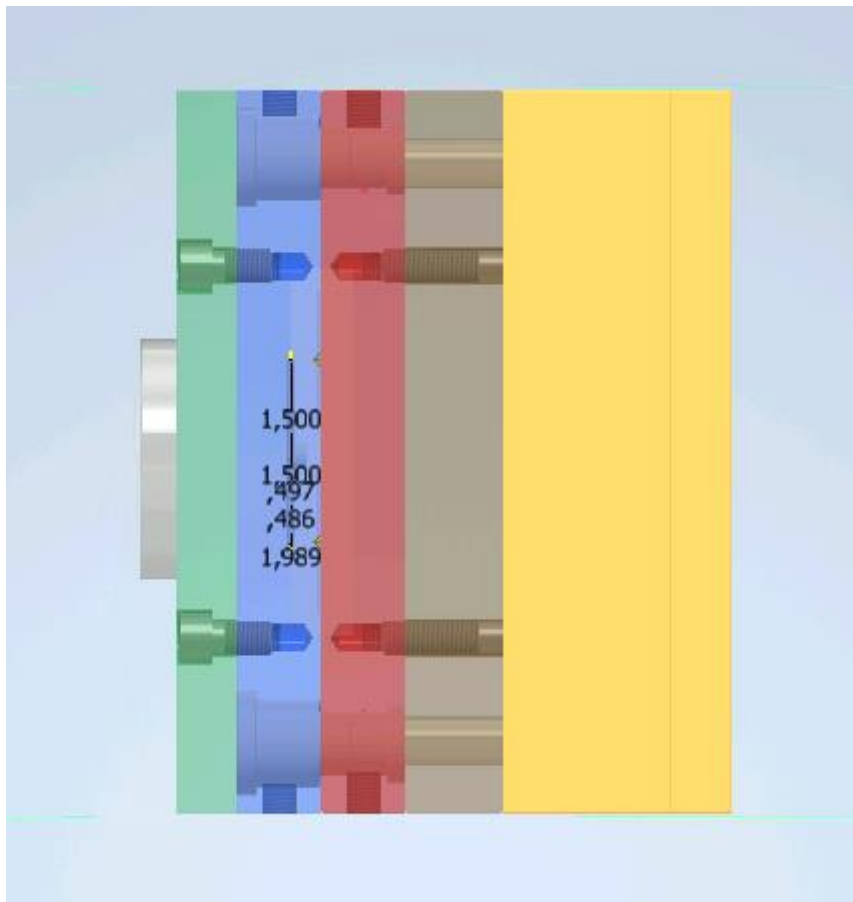


Figura 45

(Diseño del portamoldes visualizado en Inventor)

El portamoldes (Fig.45) será del tamaño marcado (Fig.46), el cual permite la mayor producción por la que se ha optado como solución final (Fig. 47), así como la posibilidad de poder colocar un sistema de refrigeración, de expulsores y de pozos fríos para evitar la entrada de material solidificado a las cavidades. (Fig.48)

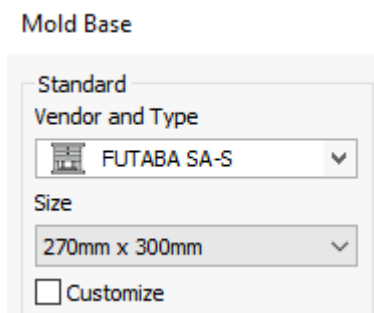


Figura 46

(Tipo de molde y tamaño)

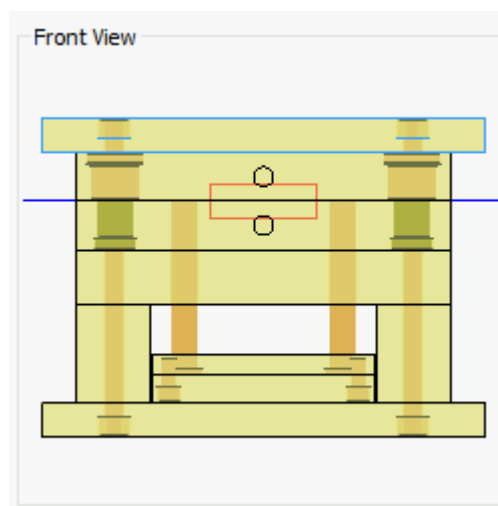


Figura 47

(Diseño del portamoldes visualizado en Inventor)

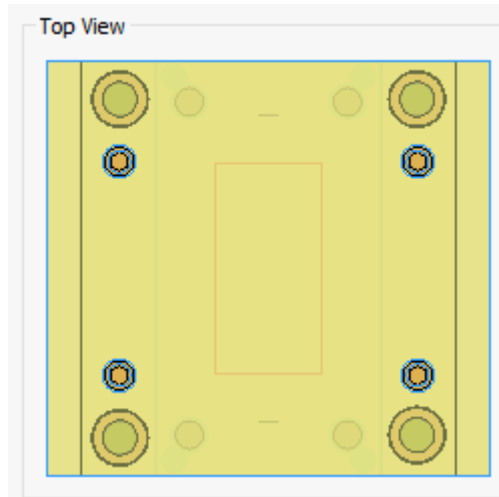


Figura 48

(Diseño del portamoldes visualizado en Inventor)

Para el sistema de alimentación se ha optado por una sección de tipo circular (Fig.49) de 0,125 pulgadas de diámetro, siguiendo el camino de la figura 50.

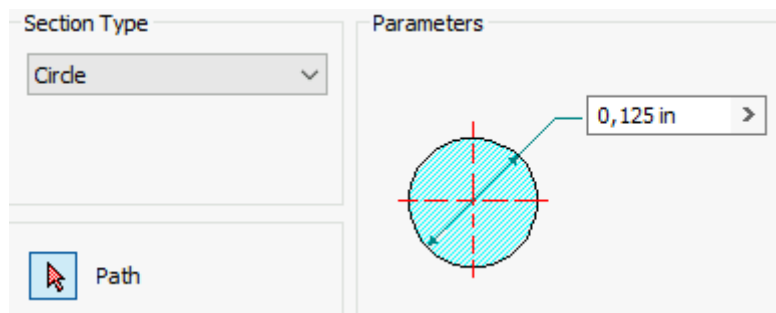


Figura 49

(Tipo de canal de alimentación)

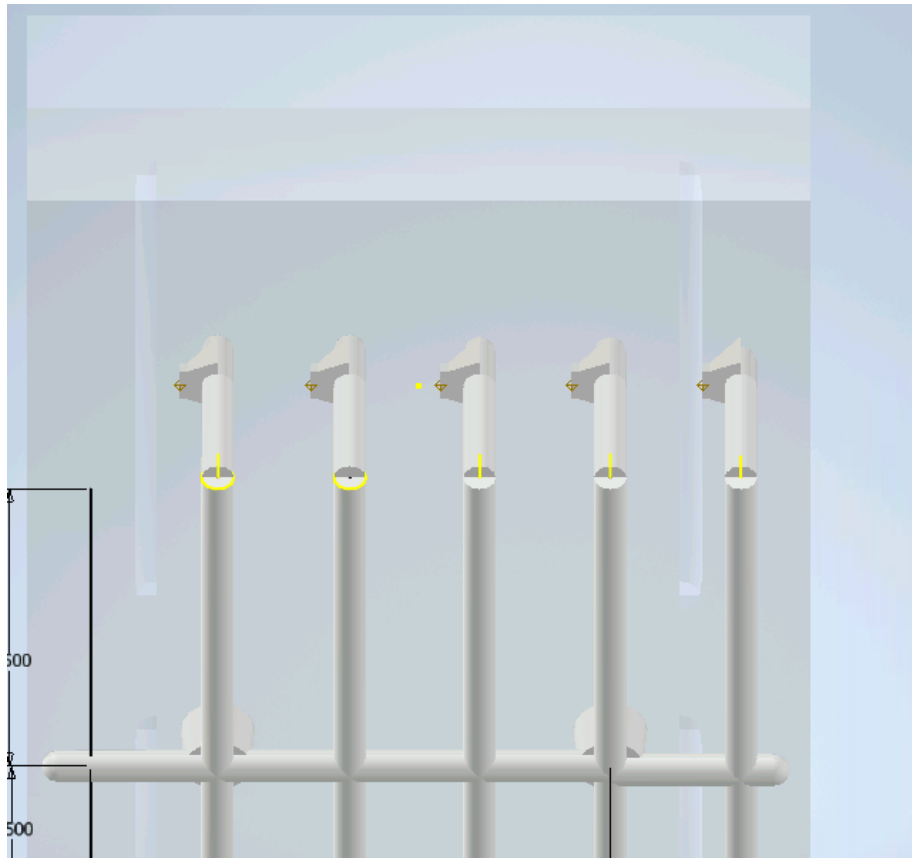


Figura 50

(Sistema de alimentación)

En cuanto al sistema de refrigeración se ha optado por un diseño simple, que permita refrigerar el molde cuando se ponga a producir, ya que según las estimaciones serían necesarios 400 ciclos para producir las piezas deseadas por el cliente. Es por ello por lo que se han usado dos canales de refrigeración (Imagen 51), como se ve aprecia en la figura 52 para garantizar que el molde pueda usarse en tiradas largas manteniendo la temperatura del molde deseada. (Fig.53)

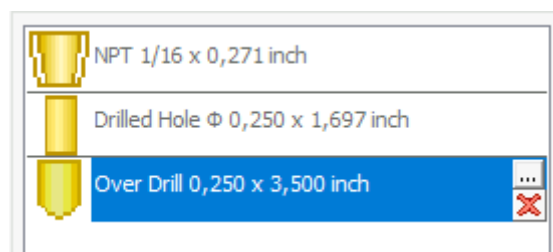


Figura 51

(Tipo de taladrado usado para en el canal de alimentación)

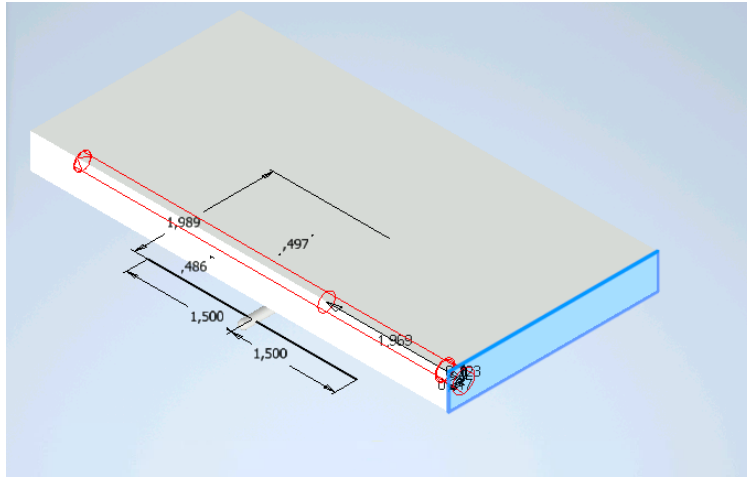


Figura 52  
(Diseño de los canales de alimentación)

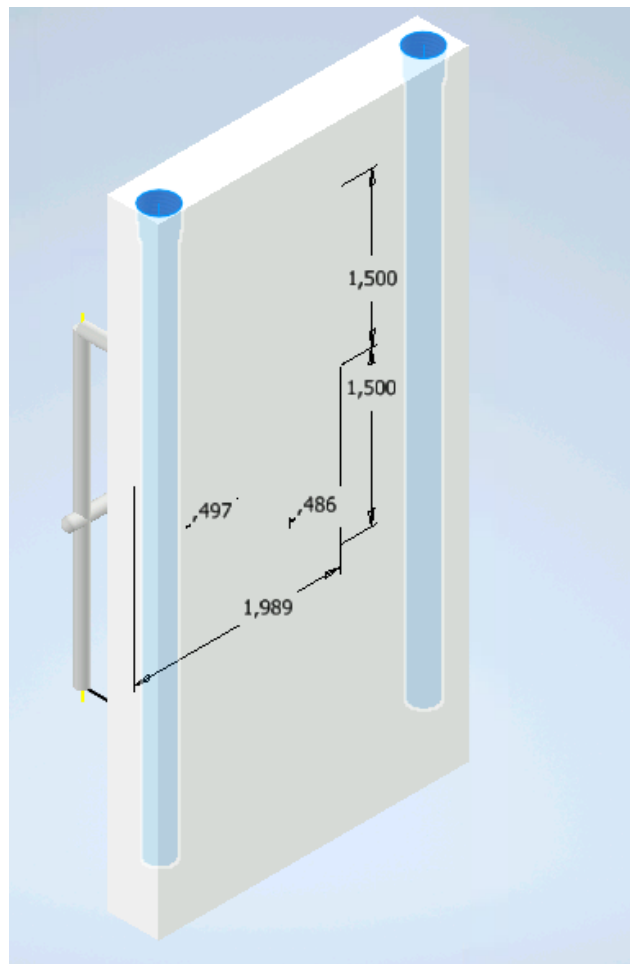


Figura 53  
(Sistema de refrigeración)



El material usado para la fabricación del molde es AISI P20+S acero para moldes de inyección comúnmente usado para otros termoplásticos como (PP, PE,PS), según el fabricante es un material fácil de mecanizar y con un alto temple, lo que lo hace idóneo para la aplicación que va a tener.

## CAPÍTULO V

### Diagrama del Proceso de Moldeo por Inyección:

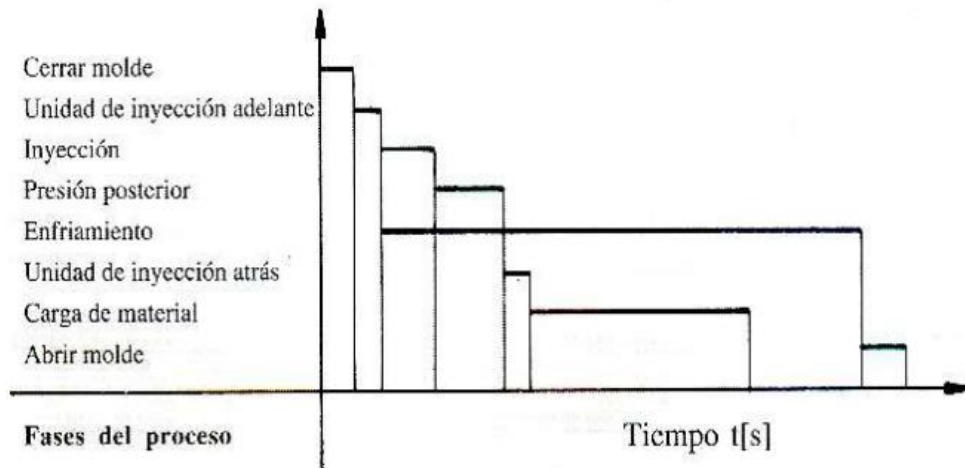


Figura 54

(Gráfica de tiempo por cada fase del proceso de inyección)

#### *Preparación del Material*

Secado del Material (Fig.55): Antes del proceso de inyección, los biopolímeros (TPS o PLA) deben ser secados para eliminar cualquier humedad residual, utilizando un deshumidificador a temperaturas específicas (PLA: 80°C, TPS: 60°C) durante 2-4 horas.



Figura 55

(Maquina de secado de materiales poliméricos)

Mezcla de Aditivos: Se agregan los aditivos necesarios como plastificantes (glicerol) y colorantes al material seco para mejorar sus propiedades y estética.

### ***Cargado del Material en la Máquina de Inyección***

Tolva de Alimentación (Fig.56): El material seco y mezclado se introduce en la tolva de la máquina de inyección. Desde allí, el material se alimenta al husillo de unidad de inyección.



Figura 56

(Tolva de alimentación)

### ***Fusión y Plastificación del Material***

Husillo de Inyección (Fig.57): El material se calienta en el husillo a través de resistencias eléctricas a una temperatura adecuada (PLA: 160-180°C, TPS: 140-160 °C). Un tornillo sin fin dentro del barril mezcla y transporta el material hacia adelante.

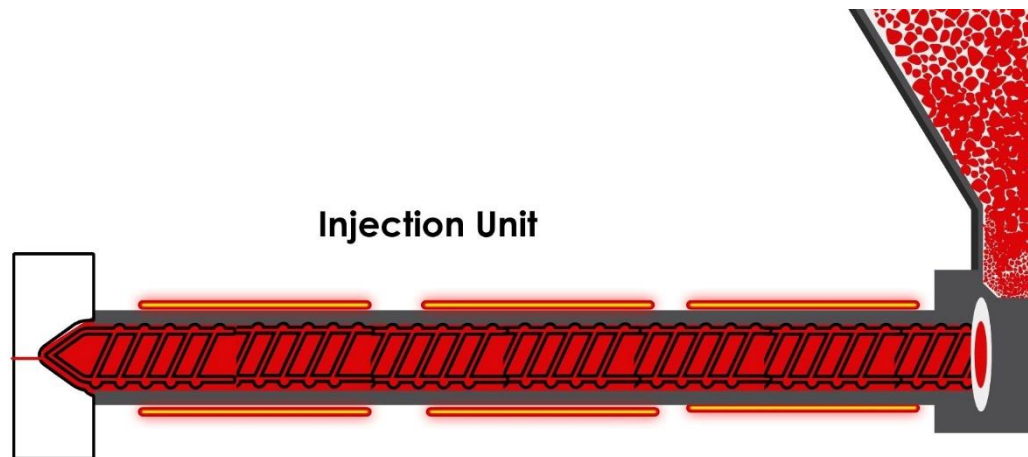


Figura 57  
(Unidad de inyección)

**Homogeneización:** Durante el transporte, el material se homogeneiza para asegurar una mezcla uniforme y sin burbujas de aire.

***Inyección del Material en el Molde*** (Fig.54)

**Movimiento del Tornillo:** El tornillo se mueve hacia adelante, forzando el material fundido a través de una boquilla y un sistema de canales de inyección hacia las cavidades del molde.

**Llenado del Molde:** El material llenará las cavidades del molde, diseñadas para la forma del señuelo. Este paso debe ser rápido y uniforme para evitar defectos.

***Enfriamiento y Solidificación***

**Sistema de Enfriamiento:** El molde contiene conductos de refrigeración que circulan para enfriar el molde y solidificar el material rápidamente si es necesario, esto dependerá del material a usar el uso o no de estos sistemas.

**Tiempo de Ciclo:** El tiempo de enfriamiento es crítico y debe ser optimizado para equilibrar calidad y velocidad de producción dependiendo del grosor el tiempo de enfriamiento no supera los 30-60 segundos.

***Apertura del Molde y Expulsión de la Pieza***

**Apertura del Molde:** Después de que el material se solidifica, el molde se abre automáticamente.

**Sistema de Desmoldeo:** Eyectores dentro del molde empujan la pieza solidificada fuera de las cavidades, permitiendo la recolección del señuelo terminado.

***Inspección y Acabado***

**Inspección de Calidad:** La pieza se inspecciona visualmente y con herramientas de medición para asegurar que cumple con las especificaciones diseñadas.

Acabado Final: Si es necesario, se realizan procesos de acabado adicionales como eliminación de rebabas o aplicación de recubrimientos.

## Proceso de Fabricación de Moldes mediante CNC



Figura 58

(Proceso de mecanizado mediante CNC)

### ***Descripción del Proceso:***

#### ***Diseño del Molde en CAD***

Simulación y Optimización: Se realiza una simulación del flujo del material utilizando software como Moldflow para optimizar el diseño del producto.

Modelado 3D: Se utiliza software CAD (Inventor) para diseñar el molde, incluyendo todas las cavidades, canales de inyección y sistemas de enfriamiento.

#### ***Preparación del Material para el Molde***

Selección del Material: Se selecciona el material adecuado para el molde, generalmente acero para cavidades y componentes críticos, y aluminio para partes no críticas.

Corte del Material: Se cortan los bloques de material a las dimensiones aproximadas requeridas para las distintas partes del molde.

### ***Maquinado CNC del Molde (Fig.58)***

Configuración de la Máquina CNC: Se configuran los parámetros de la máquina CNC, incluyendo las herramientas de corte y las velocidades de operación.

Roughing (Desbaste): Se realiza el desbaste inicial para eliminar grandes cantidades de material y acercarse a la forma deseada. Este paso utiliza herramientas de corte de gran diámetro y alta velocidad.

Finishing (Acabado): Se utilizan herramientas de corte más pequeñas y precisas para dar forma final a las cavidades y otras características del molde, obteniendo un acabado superficial de alta calidad.

### ***Tratamiento Térmico***

Templado y Revenido: El molde se somete a tratamientos térmicos para mejorar su dureza y resistencia al desgaste, asegurando una mayor vida útil.

Relajación de Tensiones: Se realiza un tratamiento para eliminar tensiones residuales en el material, reduciendo la posibilidad de deformaciones.

### ***Montaje del Molde***

Ensamblaje de Componentes: Las distintas partes del molde (cavidades, insertos, placas) se ensamblan cuidadosamente.

Integración del Sistema de Enfriamiento y Eyectores: Se instalan los conductos de enfriamiento y los sistemas de desmoldeo.

### ***Pruebas y Ajustes***

Prueba de Inyección: Se realiza una primera prueba de inyección para verificar el funcionamiento del molde y la calidad de la pieza producida.

Ajustes Finos: Basado en los resultados de las pruebas, se realizan ajustes finos para optimizar el rendimiento del molde.

### ***Mantenimiento del Molde***

Mantenimiento Preventivo: Se establece un programa de mantenimiento regular para limpiar y verificar el molde, asegurando su operación continua y eficiente.

Reparaciones y Reemplazos: Se realizan reparaciones y se reemplazan componentes desgastados o dañados según sea necesario.

# CAPÍTULO VI

## Alternativas de fabricación

### *Materiales:*

Se han encontrado distintas alternativas tanto en el material como en la forma de producirse el señuelo, en cuanto a materiales, las alternativas que también son biodegradables y que se han estudiado son principalmente copolímeros de TPS, con PLA, o arcillas, en todos los casos se busca mejorar el comportamiento del material frente al agua, y en algunos casos mejora la resistencia del material, en estos copolímeros se sigue haciendo uso de plastificantes para hacer procesable el TPS, y evitar que se agriete en el proceso.

El uso de PLA junto con el TPS se ha estudiado como posibilidad ya que mejora las propiedades resistentes y aumenta el tiempo de degradación, el cual para el TPS es reducido. Finalmente se decidió por no usarlo ya que para la función y el tiempo de uso de estos señuelos las propiedades del TPS parecen suficientes.

El uso de nanoarcillas en el TPS es otra mejora para el material, concretamente actúa mejorando la barrera de agua del material, lo cual podría mejorar la duración del señuelo haciéndolo una alternativa o mejora interesante que fue descartada para reducir la complejidad y costes del molde.

### *Procesos de fabricación:*

#### Métodos de Fabricación de Moldes

##### Maquinado CNC (Control Numérico por Computadora)

Proceso: Utiliza herramientas de corte controladas por computadora para dar forma al molde.

Ventajas: Alta precisión, repetibilidad, capacidad de crear geometrías complejas.

Desventajas: Costos iniciales elevados, requiere programación y ajuste detallado.

##### Impresión 3D (Fabricación Aditiva)

Proceso: Construye el molde capa por capa utilizando materiales como resinas o metales.

Ventajas: Reducción de costos y tiempos de producción, flexibilidad en el diseño, adecuado para prototipos y pequeñas series.

Desventajas: Limitaciones en la resistencia del material y acabados superficiales menos precisos.

## Electroerosión (EDM)

Proceso: Utiliza descargas eléctricas para erosionar el material del molde.

Ventajas: Alta precisión, capaz de maquinar materiales duros y crear formas complejas.

Desventajas: Tiempo de producción más largo, costos elevados.

## Alternativas de Fabricación del Señuelo

### Métodos de Producción de Señuelos

#### Moldeo por Inyección

Proceso: El material fundido se inyecta en un molde y se enfría para solidificarse en la forma del señuelo.

Ventajas: Alta precisión, capacidad para producción en masa, control sobre los detalles del producto.

Desventajas: Costos iniciales elevados para el diseño y fabricación del molde.

#### Moldeo por Compresión

Proceso: El material se coloca en un molde caliente y se comprime hasta que adquiere la forma deseada.

Ventajas: Menor costo de equipo, adecuado para producciones de bajo a medio volumen.

Desventajas: Menor precisión comparada con el moldeo por inyección, tiempos de ciclo más largos.

#### Impresión 3D

Proceso: Construcción aditiva del señuelo capa por capa utilizando materiales termoplásticos.

Ventajas: Flexibilidad en el diseño, reducción de tiempos y costos para prototipos.

Desventajas: Limitaciones en la resistencia del material y acabados superficiales menos precisos.



# Innovaciones en Compatibilización de Biopolímeros y Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad

## *Compatibilización de Biopolímeros*

-Compatibilizantes Reactivos: Son aditivos que reaccionan químicamente con los biopolímeros para mejorar la interacción entre las fases incompatibles. Ejemplos incluyen el anhídrido maleico y los agentes acoplantes silanos.

-Compatibilizantes No Reactivos: Son aditivos que no reaccionan químicamente, pero mejoran la compatibilidad mediante mecanismos físicos, como la reducción de la tensión superficial. Ejemplos incluyen surfactantes y plastificantes.

-Blends de Biopolímeros y Polímeros Sintéticos: Combinar biopolímeros como el PLA con polímeros sintéticos como el polietileno (PE) o el polipropileno (PP) para mejorar las propiedades mecánicas y de procesamiento.

-Blends de Diferentes Biopolímeros: Mezclas de diferentes biopolímeros, como PLA y TPS, para combinar las ventajas de cada material.

-Modificación Química: Tratamientos químicos que alteran la estructura del biopolímero para mejorar su procesabilidad y propiedades mecánicas.

-Graft Polymerization: Proceso en el que se injertan cadenas de polímero en la cadena principal del biopolímero para mejorar sus propiedades.

-Modificación con Nanopartículas: Incorporación de nanopartículas para mejorar la compatibilidad y las propiedades mecánicas y de barrera.

## *Innovaciones en Compatibilización*

Compatibilización de PLA con Otros Polímeros:

PLA/PBAT Blends: Polibutileno adipato-co-tereftalato (PBAT) se mezcla con PLA para mejorar la flexibilidad y resistencia al impacto.

Compatibilización con Peróxidos Orgánicos: Uso de peróxidos orgánicos para crear enlaces químicos entre PLA y otros polímeros, mejorando la compatibilidad.

Mejoras en TPS:

Incorporación de Nanopartículas: Uso de nanoarcillas y otros nanomateriales para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera del TPS.

Modificación con Almidones Modificados: Uso de almidones modificados químicamente (como el almidón oxidado) para mejorar la procesabilidad y propiedades del TPS.

### ***Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad***

Métodos Estándar:

Pruebas de Compostabilidad: Evaluaciones de cómo los materiales se descomponen en condiciones de compostaje industrial.

Pruebas de Degradación en Agua: Evaluaciones de la biodegradabilidad en ambientes acuáticos.

Pruebas de Degradación en Suelo: Evaluaciones de la biodegradabilidad en condiciones de suelo.

### ***Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad***

-Pruebas de Compostabilidad:

Normas ASTM D6400 y EN 13432: Estas normas definen los requisitos para que un material se considere compostable, incluyendo la desintegración, biodegradación y ecotoxicidad.

Prueba de Compostaje en Laboratorio: Simula las condiciones de compostaje industrial (temperatura, humedad, aireación) y mide la descomposición del material en un periodo de tiempo específico.

-Pruebas de Degradación en Agua:

Norma ASTM D6691: Evaluación de la biodegradabilidad de plásticos en ambiente marino. Simula condiciones oceánicas para observar la descomposición del material.

Pruebas de Degradación en Agua Dulce: Mide la biodegradación en cuerpos de agua dulce, como ríos y lagos, utilizando técnicas similares a las pruebas marinas.

-Pruebas de Degradación en Suelo:

Norma ASTM D5988: Evaluación de la biodegradabilidad de plásticos enterrados en suelo. Simula condiciones de suelo para medir la descomposición del material.

Pruebas de Degradación en Tierra Agrícola: Simulación de condiciones agrícolas para evaluar la biodegradación y los efectos sobre el suelo y las plantas.

### ***Ejemplos de Métodos de Evaluación de Biodegradabilidad***

Pruebas de Compostabilidad:

ASTM D6400: Protocolo estándar para medir la biodegradabilidad y desintegración de materiales compostables bajo condiciones controladas.

EN 13432: Norma europea que especifica los requisitos para envases y productos compostables, incluyendo pruebas de biodegradación, desintegración y ecotoxicidad.

Pruebas de Degradación en Agua:

ASTM D6691: Protocolo para evaluar la biodegradabilidad de materiales plásticos en condiciones marinas.

Pruebas de Agua Dulce: Simulación de condiciones de agua dulce para medir la descomposición de materiales plásticos.

Pruebas de Degradación en Suelo:

ASTM D5988: Protocolo para evaluar la biodegradabilidad de plásticos enterrados en el suelo, observando la descomposición y efectos sobre el medio ambiente.

Pruebas en Suelo Agrícola: Evaluación del impacto y biodegradabilidad de biopolímeros en condiciones agrícolas, considerando la interacción con plantas y microorganismos del suelo.

# CAPÍTULO VII

## Alcance

El proyecto consiste en el diseño y estudio técnico de los elementos del molde para producir una de las propuestas de diseño proyectadas. Quedando fuera de este el diseño de la maquinaria de inyección y del sistema de extracción automatizado necesario, aunque estos queden definidos para el correcto funcionamiento del proceso de fabricación.

## Antecedentes

Debido al creciente problema de los micro plásticos y radicales liberados al degradarse los residuos que se vierten en los cuerpos marinos, muchas son las iniciativas que buscan evitar el uso de materiales que contaminen al degradarse en cuerpos marinos, en este aspecto en la pesca deportiva se hace uso de señuelos que contaminan por el uso de PVC plastificado, es por ello que algunas empresas como ‘Fiiish’, a partir de materiales poliméricos biodegradables, es por ello que se pensó en el uso de TPS para tener un material con características flexibles, similares al PVC plastificado pero de origen natural, incluyendo el plastificante usado en el TPS el cual se puede obtener de fuentes renovables y ecosostenibles.

## Competencia

Se encontraron otro tipo de empresas que también tienen productos similares, los cuales buscan ser señuelos no contaminantes, como una empresa francesa ‘Fiiish’ que tiene señuelos producidos con biopolímeros con el mismo fin que el producto de este proyecto, pero no se encontraron empresas en la zona de influencia principal de la empresa, aunque dado el actual ecosistema globalizado empresas como la anteriormente mencionada son capaces de competir contra nosotros ya que es capaz de hacer envíos a todo el mundo. En cuanto a forma y uso del señuelo, se diferencian bastante las propuestas de diseño del proyecto a las producidas por las empresas de la competencia. Es por eso que este proyecto aun teniendo competencia, es un proyecto innovador que es capaz de diferenciarse de esta, siendo viable desde este punto de vista.

## Producción estimada

La producción estimada vendrá dada por el número de productos que se necesitan producir para hacer viable el proyecto, es decir que los beneficios de la venta del producto diseñado superen los gastos de diseño y producción del proyecto. Si se pone un precio de 3 euros la unidad, se deberán producir más de 3600 unidades según el estudio económico realizado, por lo que se ha estimado una producción de 4000 unidades para venderlas en paquetes de 4 unidades, volviéndolo un proyecto viable a corto plazo.

## **Stock mínimo**

El proyecto tiene una alta productividad, por lo que el stock mínimo será el número de prototipos requeridos por la empresa, que se producirán en un ciclo de inyección, por lo que el molde debe tener una capacidad de unas 4 piezas, con el fin de tener una elevada producción. Aunque el molde se diseñara para cubrir la producción estimada

## **Zona de influencia**

La zona de influencia de este producto estaría en el mercado español principalmente y en el global de forma más secundaria, ya que se ha juzgado como un mercado con bastante importancia, ya que España es un gran destino de pesca, y por lo tanto es un destino para el cliente potencial del producto. De todos modos, de forma secundaria existiría la zona de influencia global, ya que gracias a la economía globalizada este tipo de productos se ven comprados por todo el mundo, por sus características únicas. De todas formas, para planificar la logística será más interesante pensar en las zonas donde más mercado habría en España, en la zona de costa del mar mediterráneo y también en la zona norte de España en la costa del océano donde mayor afluencia de clientes potenciales hay en España para el tipo de producto a vender

## **Cliente real**

El cliente real busca que el señuelo sea principalmente barato, ya que la reusabilidad de estos señuelos suele ser baja, que el producto se pueda comprar en distintos colores, y que la calidad sea consistente.

## **Cliente potencial**

El cliente potencial sería todo el público que esté relacionado con el mundo de la pesca, especialmente los que usan la técnica de ‘‘spinning’’, ya que el señuelo se usaría en esa técnica. Es un producto que busca sustituir el existente, al tener en cuenta el uso de materiales innovadores que, al ser biodegradables, reduciría la contaminación asociada a la técnica de pesca en cuestión. Por lo tanto, todos los actuales usuarios de estos señuelos a base de PVC plastificado, y en general la gente relacionada con la pesca serían clientes potenciales, así como tiendas de pesca deportiva que estén interesados en ofrecer estos productos. También sería interesante el uso de campañas publicitarias que intenten llamar la atención de este tipo de clientes los cuales suelen estar presentes en las redes sociales y siguen a muchos ‘‘influencers’’ de pesca que marcan tendencias al usar equipos novedosos.

## **Material de la pieza de estudio**

Se ha optado por el uso de un biopolímero a base de almidón de origen vegetal y glicerol como plastificante, se puede obtener de muchas fuentes distintas, pero el almidón usado para el experimento de biodegradabilidad, en concreto proviene de la semilla del níspero, pero la mayoría de la información encontrada sobre el TPS, viene de fuentes de otro tipo como la yuca o la patata, pero lo relevante es la concentración de distintos tipos de almidones, para formar el biopolímero deseado, que tenga las propiedades buscadas de flexibilidad, y resistencia.

Con el fin de simular las propiedades del PVC plastificado, se ha elegido al TPS porque cumple con las características demandadas, por sus similares propiedades anteriormente comparadas y además cumple con el objetivo de buscar el uso de materiales que no sean nocivos para el medioambiente.

En cuanto a la producción del plastificante este también puede provenir de fuentes renovables, ya que el glicerol es un subproducto de la industria de producción de algunos biocombustibles, del cual no hay un gran uso, y por lo tanto el uso como plastificante en este tipo de materiales promueve el uso de estos subproductos no deseados en la industria energética.

En ambos casos todos los desperdicios asociados a la producción son fácilmente reciclables ya que los componentes del material son todos biodegradables, los desperdicios post inyección que no se puedan inyectar son totalmente biodegradables y se podrán reciclar con facilidad.

### ***Fuentes de Biopolímeros***

Maíz:

Descripción: El maíz es una fuente común de almidón debido a su alto contenido de almidón y su amplia disponibilidad.

Proceso de Extracción: El almidón se extrae del maíz mediante molienda húmeda y separación.

Patata:

Descripción: La patata es otra fuente rica en almidón, utilizada ampliamente en la producción de biopolímeros.

Proceso de Extracción: El almidón de patata se extrae mediante trituración y separación de las fibras.

Níspero:

Descripción: El níspero es una fuente menos común pero viable de almidón, con un proceso de extracción similar al de otras plantas amiláceas.

Proceso de Extracción: La extracción de almidón de níspero implica la molienda y separación de los componentes amiláceos.

## ***Proceso de Obtención de Materiales***

Obtención de TPS (Termoplásticos de Almidón):

Extracción de Almidón: Obtención del almidón de fuentes vegetales como maíz o patata.

Modificación del Almidón: Tratamiento del almidón con plastificantes como glicerol para mejorar su procesabilidad.

Producción de TPS: Mezcla y extrusión del almidón modificado para producir el biopolímero TPS.

Obtención de Glicerol:

Fuentes de Glicerol: El glicerol se obtiene como subproducto de la producción de biodiésel o de procesos de fermentación.

Purificación: Proceso de purificación para obtener glicerol de alta pureza, adecuado para su uso como plastificante en biopolímeros.

## **Plan de gestión de calidad aplicada al proyecto**

### ***Introducción***

El plan pretende gestionar la calidad y fiabilidad del proyecto para mejorar la satisfacción del cliente.

### ***Objetivos de calidad***

- Garantizar que la pieza cumpla con las especificaciones proyectadas.
- Evitar el uso de materiales no biodegradables y dañinos para el medio ambiente.
- Establecer un control de calidad que revise cada etapa del proceso
- Cumplir todas las normativas relevantes.

### ***Políticas de calidad***

- Innovación en el uso de materiales sostenibles.
- Asegurar el cumplimiento de las medidas de seguridad y protección ambiental.
- Priorizar la satisfacción del cliente.
- Mejora constante del proceso

### ***Procedimientos de control de calidad***

-Materiales:

- Certificación de los proveedores: Asegurar que los proveedores cumplen con los certificados y normativas de calidad y sostenibilidad necesarios para cumplir con las respectivas normativas de producción.
- Inspección de los materiales: Verificar las propiedades y calidad de los materiales recibidos.

- Fabricación del molde:

- Revisión del diseño: Validación del diseño del molde mediante software.

-Proceso de inyección:

- Parámetros de proceso: Control de las variables de inyección, para mejorar la calidad del producto final.
- Inspección visual y dimensional: Verificación de las dimensiones y apariencia de la pieza producida.

-Control del producto final:

- Pruebas de resistencia: Realización de ensayos mecánicos para comprobar la resistencia del producto.
- Evaluación de biodegradabilidad: Ensayos en condiciones controladas para verificar la degradación del material.

### ***Conclusión***

Este plan permitirá garantizar una calidad a lo largo de todas las piezas producidas mediante la implementación de los procesos descritos en el plan, así como mantener una mejora continua para asegurar una evolución y optimización de los procesos usados en el proyecto.

## **Experimentos**

Ya que la información sobre la degradación de materiales poliméricos no fue posible encontrarla, se decidió por hacer uso de unas probetas de TPS hechas a partir del kernell del níspero, y probar como se degradan al estar en un ambiente marino, para simular esto se generaron las condiciones mediante el uso de un agitador y una solución de agua saturada con sal (Fig.59), se observó como la pieza en menos de 24h se redujo a pequeñas virutas, o se disolvió en el agua, por lo que podemos asegurar que en las condiciones de uso, los señuelos serán capaces de soportar más de 24h de uso, teniendo en cuenta que al hacer uso del agitador, el agua se movía con mucha energía, lo que acelero la degradación, por lo tanto se podrá asegurar que en condiciones de uso que no generan tanta degradación, el material soportara por lo menos más de 24h de uso, aunque seguramente si el señuelo es usado en distintas ocasiones, es decir se usa y se almacena sin limpiarse y secarse, seguramente la humedad retenida por el material será capaz de ir degradándolo poco a poco. No es problema, ya que teóricamente se buscaba que se pudiese usar durante ese periodo de tiempo.



El experimento (Fig.60) se fue revisando frecuentemente para estudiar cómo se degradaba el material, para su posterior estudio se hicieron una serie de fotografías para observar cómo se desprendía el material:



Figura 59

(Pieza antes de someterse al experimento)



Figura 60

(Pieza antes de someterse al experimento)

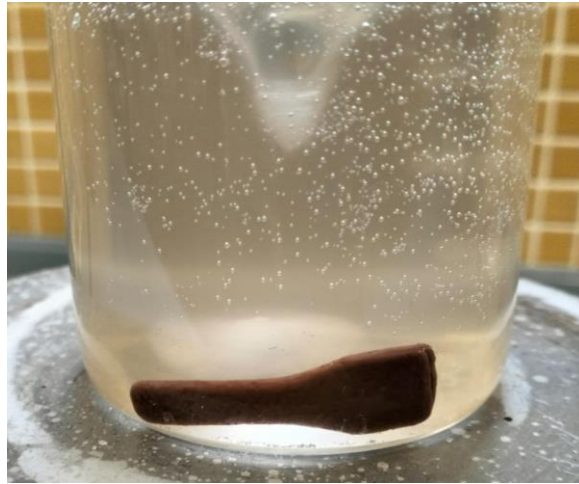


Figura 61

(Pieza durante el experimento)

Al cabo de menos de una hora la degradación ya era visible como se observa en el extremo derecho viendo cómo se lamina la superficie y se va desgastando esta poco a poco. (Fig.61)



Figura 62

(Pieza durante el experimento)

En esta imagen ya se aprecia una pequeña hinchazón de la pieza y su empeoramiento general, se empiezan a generar agujeros en la superficie por la falta de material. (Fig.62)



Figura 63

(Pieza durante el experimento)

Al haber estado solo 5 horas en agitación con agua salada la pieza había perdido la estructura y se había partido en los fragmentos más grandes. (Fig.63)



Figura 64

(Pieza durante el experimento)

Antes de las 24h ya solo se veían pequeños restos y se decidió verter los restos para observar que quedaba de material en el agua, lo que mostro una gran cantidad de macro plásticos la mayoría en avanzado estado de degradación. (Fig.64)

Gracias al experimento se pudo comprobar la rápida degradación de este tipo de materiales, y se pudo verificar que no se hinchaban al degradarse excesivamente como suele pasar en biopolímeros similares.

## Bibliografía

### -Artículos de Revistas Científicas

- Averous, L., & Pollet, E. (2012). Biodegradable polymers. En *Environmental Silicate Nano-Biocomposites* (pp. 13-39). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-4108-2\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-4108-2_2)
- Farah, S., Anderson, D. G., & Langer, R. (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications—a comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 107, 367–392. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X16302058?via%3Dihub>
- Ferri, J. M., García-García, D., Carbonell-Verdu, A., & Balart, R. (2018). Poly(lactic acid) formulations with improved toughness by physical blending with thermoplastic starch. *Journal of Applied Polymer Science*, 135, 45751. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.45751>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>
- He, W., & Wei, C. (2017). Progress in C-type starches from different plant sources. *Food Hydrocolloids*, 73, 162–175. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X17307671?via%3Dihub>
- Kelnar, I., Kratochvíl, J., Kaprálková, L., Zhigunov, A., & Nevalová, M. (2017). Mechanical behavior of biodegradable PLA/PCL blends in seawater environment. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 71, 271-278. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751616117301212?via%3Dihub>
- Manipura, A. (2021). Compatibilization of starch/synthetic biodegradable polymer blends for packaging applications: A review. *J. Compos. Sci*, 5(11), 300. <https://www.mdpi.com/2504-477X/5/11/300>
- Nair, L. S., & Laurencin, C. T. (2007). Biodegradable polymers as biomaterials. *Progress in Polymer Science*, 32(8-9), 762-798. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079670007000664?via%3Dihub>
- Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. B. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2127-2139. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0289>
- Sudesh, K., Abe, H., & Doi, Y. (2000). Synthesis, structure and properties of polyhydroxyalkanoates: biological polyesters. *Progress in Polymer Science*, 25(10), 1503-1555. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079670000000356?via%3Dihub>
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2009.0053>

### ***-Normas y Reglamentos***

International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems—Requirements.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems—Requirements with guidance for use.

Reglamento (CE) N° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).

Reglamento (UE) N° 10/2011 de la Comisión, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

### ***-Otros***

Designing sustainable polymer blends: Tailoring mechanical properties and degradation behaviour in PHB/PLA/PCL blends in a seawater environment. (2021). *Polymers*. <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/18/3183>