



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# MÁSTER EN INGENIERÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Optimización de la reutilización de conchas de  
moluscos: Nuevas materias primas y análisis de  
capacidad industrial

Autor: Sabela Carnota Ramos

Director: Iñigo Sanz Fernández

Junio 2025

Madrid



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Optimización de la reutilización de conchas de moluscos: Nuevas materias  
primas y análisis de capacidad industrial en la ETS de Ingeniería - ICAI de la  
Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2024-2025 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro,  
ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Sabela Carnota Ramos

Fecha: 18/06/2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.:

Fecha: ...../ ...../ .....





**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# MÁSTER EN INGENIERÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Optimización de la reutilización de conchas de  
moluscos: Nuevas materias primas y análisis de  
capacidad industrial

Autor: Sabela Carnota Ramos

Director: Iñigo Sanz Fernández

Junio 2025

Madrid



## **AGRADECIMIENTOS**

Con este proyecto se pone fin a una aventura que comenzó hace seis años. Sé, que todo lo que he conseguido, no lo podría haber hecho sin el amor y apoyo de todas las personas que valoro.

Mi gran pilar de apoyo es mi familia, ya que me han enseñado que siempre que te caes te tienes que levantar. Mis amigos, por los nuevos y los que han llegado en el máster, pero han venido a quedarse. Hemos vivido muchas cosas juntos y sé que sin vosotros estar hoy aquí sería imposible. Por mis profesores, Manuel y Lucía, que creyeron en mí, cuando ni yo lo hacía.

Y, por último, quiero dar las gracias a Iñigo Sanz, que creyó en este proyecto desde el principio.

A todos ellos, y a los que siempre confían en mí, espero que disfruten.



# **OPTIMIZACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE CONCHAS DE MOLUSCOS: NUEVAS MATERIAS PRIMAS Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD INDUSTRIAL**

**Autor: Carnota Ramos, Sabela.**

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia Comillas.

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

Actualmente, reducir el impacto medioambiental de la actividad industrial ha pasado de ser una moda para convertirse en una obligación. No solo por temas legislativos y legales, sino que también por temas económicos. Y, es que está claro que, si tu negocio no tiene un buen enfoque en términos de sostenibilidad, la búsqueda de inversores resultará una misión imposible.

Por ello, surge una necesidad urgente de aplicar soluciones sostenibles, que favorezcan la economía circular y que permitan reducir el daño causado por la actividad industrial. Y, así surge este proyecto, que se centra en la valorización de productos que provienen del sector conservero gallego, concretamente de las conchas de moluscos.

Con este proyecto no se busca únicamente dar una segunda vida a un elemento que se considera residuo, sino que también se busca desarrollar un modelo de negocio viable, medioambientalmente responsable y eliminar los problemas que genera la acumulación de conchas de moluscos en el exterior de las conserveras gallegas.

Como punto de partida, se emplea un proyecto que analizó la viabilidad de reutilizar las conchas de mejillón provenientes de las cinco conserveras gallegas más importantes por orden de facturación: Frisa, Jealsa, Isabel, Calvo y Albo. Gracias a los buenos resultados obtenidos en ese proyecto, se plantea la posibilidad de incorporar nuevos bivalvos al sistema productivo.

Y, os estaréis preguntando, ¿Cuál es elemento o característica clave para seleccionar un bivalvo u otro? Pues la clave está en la cantidad de carbonato cálcico presente en su concha y su disponibilidad en las conserveras gallegas analizadas. Tras realizar un profundo análisis, se determina que los dos nuevos insumos que se deben introducir al sistema productivo son: almeja japónica y berberecho.

Por otra parte, también se analiza si la capacidad industrial existente permite integrar y tratar estos nuevos insumos, sin realizar inversiones significativas. Dado que la fábrica en el proyecto base no estaba trabajando al 100% de su capacidad, ni mucho menos, la fábrica es capaz de asumir la entrada de los nuevos insumos. Lo que sí que será necesario, será aumentar el coste de explotación y personal.

En este nuevo enfoque, también se plantean y analizan diferentes estrategias para la reutilización del agua que se emplea en las instalaciones y en el sistema productivo. Tras la caracterización de todos los tipos de aguas, se analiza su posible reutilización para reducir así la huella hídrica del sistema productivo. Finalmente, se determina que se pueden reutilizar dos efluentes de agua del sistema productivo y el agua pluvial.

Un elemento fundamental de este proyecto es la viabilidad económica, por ello también se realiza un análisis económico detallado a través del cálculo del LCOE. Este término en vez de estar asociado a la generación de energía está asociado a la producción de carbonato cálcico. El valor obtenido de esta métrica resulta ser muy atractivo, ya que permite ofrecer un carbonato cálcico rentable a un precio menor que la media del mercado español.

Algo fundamental que se persigue con este proyecto es su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este proyecto contribuye significativamente a los objetivos relacionados con agua limpia, industria sostenible y eliminación de la hambruna.

Como conclusión, este proyecto muestra un modelo de negocio rentable y sostenible. Además, posiciona a la ingeniería como protagonista en la transición hacia un modelo más económico, responsable y resiliente. La valorización de residuos y la optimización de recursos ya no es una opción, sino que es la estrategia clave para poder triunfar en cualquier sector o industria.

# **OPTIMISING THE REUSE OF MOLLUSC SHELLS: NEW RAW MATERIALS AND INDUSTRIAL CAPACITY ANALYSIS**

**Author: Carnota Ramos, Sabela.**

Supervisor: Sanz Fernández, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI-Universidad Pontificia Comillas.

## **ABSTRACT**

Currently, reducing the environmental impact of industrial activity has shifted from being a trend to becoming an obligation. This is not only due to legislative and legal reasons, but also for economic ones. It's clear that if your business does not have a solid sustainability focus, attracting investors will be nearly impossible.

This creates an urgent need to implement sustainable solutions that promote a circular economy and help reduce the damage caused by industrial activity. This is the context in which this project arises, it focuses on the valorisation of by-products from the Galician canning industry, specifically mollusc shells.

The goal of this project is not only to give a second life to what is normally considered waste, but also to develop a viable and environmentally responsible business model, while addressing the problems caused by the accumulation of mollusc shells outside Galician canning factories.

As a starting point, the project builds on a previous study that assessed the feasibility of reusing mussel shells from the five most important Galician canneries, ranked by revenue: Frisa, Jealsa, Isabel, Calvo, and Albo. Thanks to the positive results of that study, the possibility of incorporating other bivalves into the production system is now being considered.

You might be wondering: what is the key factor for selecting one type of bivalve over another? The answer lies in the calcium carbonate content of their shells and their availability at the canneries studied. After an in-depth analysis, two new inputs have been identified for inclusion in the production system: Japanese clam and cockle.

The project also evaluates whether the existing industrial capacity can support the integration and processing of these new inputs without requiring major investments. Since the factory involved in the initial project was not operating anywhere near full capacity, it is indeed capable of handling the new inputs. However, an increase in operating and personnel costs will be necessary.

This new approach also explores and evaluates different strategies for reusing water within the facility and the production system. After characterizing all water types involved, their potential reuse is analysed to help reduce the water footprint of the production system. It was ultimately determined that two types of process water and rainwater can be reused.

A key component of the project is its economic feasibility. Therefore, a detailed economic analysis is conducted using the calculation of the LCOE (Levelized Cost of Energy). In this case, instead of being related to energy generation, the term is applied to the production of calcium carbonate. The resulting LCOE is very attractive, as it enables the offer of a cost-effective calcium carbonate at a price lower than the Spanish market average.

A fundamental objective of this project is its alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs). It contributes significantly to the goals related to clean water, sustainable industry, and the eradication of hunger.

In conclusion, this project presents a profitable and sustainable business model. It also positions engineering as a key player in the transition toward a more responsible, resilient, and economically sound model. Waste recovery and resource optimization are no longer optional, they are essential strategies for success in any sector or industry

---

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	15
3.	MOTIVACIÓN .....	19
4.	OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	21
4.1	Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	22
5.	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	25
5.1	Cronograma .....	26
6.	RECURSOS A EMPLEAR.....	27
7.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	29
7.1	<b>FASE I:</b> Nuevos Insumos .....	29
7.1.1	Contextualización del problema inicial: Nuevos Insumos .....	29
7.1.2	Importancia del sector de los bivalvos en Galicia .....	30
7.1.3	Análisis de los posibles nuevos insumos.....	31
7.1.4	Análisis de las conserveras .....	32
7.1.5	Análisis en profundidad de los insumos seleccionados.....	34
7.1.6	Análisis actual y futuro del sector conservero gallego .....	41
7.1.7	Cantidad de producción en las conserveras gallegas de todos los bivalvos analizados. ....	44
7.1.8	Cantidad de valvas de bivalvos que se pueden obtener de las conserveras gallegas. 46	
7.1.9	Análisis de la cantidad de entrada de materia prima a la fábrica .....	47
7.1.10	Análisis de la cantidad de producto final obtenido.....	48
7.2	<b>FASE II:</b> Reutilización del agua del sistema productivo.....	50

---

7.2.1	Funcionamiento del sistema productivo & Identificación de agua empleada en el sistema industrial. ....	50
7.2.2.	Identificación del resto de aguas empeladas en la fábrica. ....	57
7.3	<b>FASE III: LCOE y Eficiencia Energética</b> .....	59
7.3.1	Diferencia entre LCOE y LCOG .....	59
7.3.2	Definición de término clave para cálculo: Inversión Inicial.....	60
7.3.3	Definición de término clave para cálculo: Producción anual .....	62
7.3.4	Definición de término clave para cálculo: Coste de operación y mantenimiento .....	62
7.3.5	Definición de término clave para cálculo: Tasa de descuento.....	63
8.	<b>RESULTADOS FINALES DE LOS NUEVOS INSUMOS</b> .....	65
8.1	Análisis de la situación actual de la fábrica.....	65
8.2	Comparativa de composición de los insumos .....	67
8.3	Extrapolación de costes con los nuevos insumos. ....	68
8.4	Análisis de costes por unidad de producto .....	71
9.	<b>SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA</b> .....	73
9.1	Análisis Agua+Sólido1 .....	74
9.1.1	Análisis tratamiento: Agua+Sólido1 .....	74
9.1.2	Reutilización y marco legal: Agua+Sólido1 .....	75
9.1.3	Posibles usos: Agua+Sólido1 .....	75
9.1.4	Almacenamiento y gestión: Agua+Sólido1 .....	76
9.2	Análisis Agua+Peróxido+Sólidos .....	76
9.2.1	Análisis tratamiento: Agua+Peróxido+Sólidos .....	77
9.2.2	Reutilización y marco legal: Agua+Peróxido+Sólidos .....	78
9.2.3	Posibles usos: Agua+Peróxido+Sólidos .....	78

---

9.2.4	Almacenamiento y gestión: Agua+Peróxido+Sólidos.....	78
9.3	Análisis AguaDestilada+HCL+Impurezas .....	78
9.3.1	Análisis tratamiento: AguaDestilada+HCL+Impurezas.....	79
9.4	Análisis Agua Pluvial .....	79
9.4.1	Análisis tratamiento: Agua Pluvial.....	80
9.4.2	Reutilización y marco legal: Agua Pluvial.....	80
9.4.3	Posibles usos: Agua Pluvial.....	80
9.5	Análisis Agua Sanitaria con restos fecales .....	81
9.5.1	Análisis tratamiento: Agua Sanitaria con restos fecales.....	81
9.6	Análisis Agua PCI .....	82
9.7	Análisis Agua de limpieza.....	82
9.8	Resumen de los tipos de agua y sitios en los que se puede reutilizar .....	83
9.9	Selección final de redes de reutilización .....	83
10.	GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y SEGUNDA VIDA .....	85
10.1	Gestión de AguaDestilada+HCL+Impurezas .....	85
10.1.1	Análisis del tanque de almacenamiento para AguaDestilada+HCL+Impurezas .....	86
10.1.2	Sistema de recolección de AguaDestilada+HCL+Impurezas.....	86
10.1.3	Posibles usos de AguaDestilada+HCL+Impurezas .....	87
10.2	Gestión de Agua de Limpieza .....	88
10.2.1	Análisis del tanque de almacenamiento para Agua de Limpieza .....	88
10.2.2	Sistema de recolección de Agua de Limpieza.....	89
10.2.3	Posibles usos del Agua de Limpieza .....	89
11.	CÁLCULO FINAL DEL LCOE .....	91
12.	CONCLUSIONES.....	93

---

13. PRÓXIMOS PASOS .....	95
BIBLIOGRAGÍA .....	97

---

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Almeja Babosa. Fuente: Almeja babosa fresca de Galicia, Pescados Mariscos Galicia (s.f.) .....	36
Ilustración 2: Imagen de almejas japónicas. Fuente: Almeja Japónica grande – De la Ría al Plato (s.f.) .....	37
Ilustración 3: Imagen de berberechos. Fuente: Receta Fácil / Berberechos al Natural, Tu Pescadería. (s.f.).....	38
Ilustración 4: Imagen de Navajas. Fuente: Navajas – Pescado a Casa (s.f.) .....	38
Ilustración 5: Imagen de una zamburiña. Fuente: Descubre dónde encontrar las mejores zamburiñas (s.f.) .....	39
Ilustración 6: Producción de mejillón en conserva. Fuente: El Plan Estratégico de la Conservera de Galicia 2022-2030 apuesta por impulsar la internacionalización y la innovación en el sector, Xunta de Galicia, 27 enero 2023).....	43
Ilustración 7: Peso de las conchas mojadas y secas a transportar. ....	51
Ilustración 8: Fase II del sistema productivo. Fuente: generada por ChatGPT (Mayo, 2025).....	53
Ilustración 9: Ejemplo tipo de sistema de deshidratación en tolva. Fuente: Deshidratación de lodo – TECPRO AMBIENTAL (2024).....	54
Ilustración 10: Elemento principal en el sistema de obtención de carbonato cálcico. Fuente: Ácido Clorhídrico (HCL): Estructura, propiedades y usos. Lifeder.com (2017) .....	56
Ilustración 11: Sistema de distribución de agua potable. Fuente: AySA – Sistema de distribución de agua potable. Aysa.com.ar (2020) .....	58
Ilustración 12: Fórmula cálculo LCOE. .Fuente: propia. ....	60
Ilustración 13: Fórmula cálculo LCOG. Fuente: propia.....	60
Ilustración 14: Ruta a seguir para la recolección de materia prima. Fuente: Google Maps. ....	66
Ilustración 15: Tipos de reutilización del agua. Fuente: Reutilización de agua – CGM Ingeniería (2023) .....	73
Ilustración 16: Decantador primario. Fuente: Synertech (2023) .....	74

---

Ilustración 17: Fórmula química del peróxido de hidrógeno. Fuente: Peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), (2017).....	77
Ilustración 18: Tanque para la acumulación de agua pluviales. Fuente: Europlast (s.f.)	79
Ilustración 19: El reciclaje del agua como única solución sostenible. Fuente: Teamb.com (s.f.).....	89
Ilustración 20: Carbonato cálcico. Fuente: lifeder.com (2020).....	91

---

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de los bivalvos mas importantes por cantidad recolectada en 2023. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023. ....	35
Gráfico 2: Comparativa de cantidad recolectado en años anteriores a 2023 y ese mismo año. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023. ....	41
Gráfico 3: Porcentaje de principales mariscos recolectados en 2022 y 2023. Fuente: Anuario de pesca 2022 y 2023, Xunta de Galicia (s.f.).....	44
Gráfico 4: Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema industrial. Fuente: Elaboración propia.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Posibles elementos a añadir al sistema productivo con su porcentaje de $\text{CaCO}_3$ . Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 2: Gantt del trabajo. Fuente: Elaboración: Propia. ....	26
Tabla 3: Insumo a analizar con su respectivo porcentaje de carbonato cálcico. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 4: Principales conserveras gallegas por orden de facturación. Fuente: Economía Digital Galicia (Sept, 2024).....	32
Tabla 5: Análisis de nuevos insumos en las conserveras ya analizadas. Fuente: Páginas Web conserveras.....	33
Tabla 6: Cantidades de bivalvos recolectados en Galicia en 2023 y beneficios totales obtenidos. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia 2023. ....	34
Tabla 7: Comparativa de cantidad de bivalvo recolectado en 2022 y 2023. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023. ....	40
Tabla 8: Elementos clave para hacer el análisis de la cantidad de insumos que se puede obtener. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 9: Cantidad de producto que salió de las conserveras en 2022. Fuente: Estadísticas pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.).....	45
Tabla 10: Cantidad de producto final obtenido en las conserveras gallegas. Fuente: Estadísticas pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.).....	46
Tabla 11: Peso medio de cada bivalvo y por concha. Fuente: Estadísticas Pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.).....	46
Tabla 12: Cantidad de concha por bivalvo que se puede obtener en Galicia. Fuente: Elaboración Propia. ....	47
Tabla 13: Cantidad de entrada de insumos en la fábrica. Fuente: Elaboración Propia. .	48
Tabla 14: Cantidad final de Carbonato Cálcico que se puede obtener por tipo de Bivalvo. Fuente: Elaboración Propia. ....	49
Tabla 15: Coste de inversión inicial. Fuente: elaboración propia. ....	61
Tabla 16: Coste de explotación anual. Fuente: elaboración propia. ....	62
Tabla 17: Coste de personal. Fuente: Elaboración propia. ....	63

---

Tabla 18: Datos clave del proyecto base para analizar la rentabilidad del nuevo proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 19: Composición de todos los insumos: berberecho, almeja japónica y mejillón. Fuente: Diferencia entre Almejas y Berberechos, Esencia del mar (febrero 2022) & Composición de las conchas de almeja, Diyecobox (agosto, 2024).....	67
Tabla 20: Comparativa del producto tratado en el proyecto base con la cantidad tratada en este proyecto. Fuente: Elaboración Propia. ....	68
Tabla 21: Gastos en consumos generales por unidad de Kg. Fuente: Elaboración propia. .....	69
Tabla 22: Coste de los consumos generales con la introducción de los nuevos insumos. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 23: Comparativa entrada de insumos proyecto actual y base. Fuente: Elaboración Propia.....	69
Tabla 24: Aumento de costes de gastos de personal. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 25: Resumen de costes del proyecto. Fuente: Elaboración propia. ....	71
Tabla 26: Comparativa del coste por tonelada en ambos proyectos. Fuente: Elaboración Propia.....	71
Tabla 27: Resumen de posibles usos del agua del proceso industrial. Fuente: propia...	83



## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto pretende ayudar a paliar uno de los desafíos más importantes para la humanidad hoy en día, el cambio climático. El cambio climático no tiene solo impacto en los ecosistemas; que los destroza y genera la muerte de gran número de especies, sino que también tiene efecto en la economía, salud humana y en la estabilidad mundial. El cambio climático está generando el aumento de los eventos climáticos extremos, lo que da lugar a catástrofes naturales que impactan directamente en la economía de los países. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera solo aumenta anualmente, lo que genera, junto con el aumento de la temperatura, miles de muertes anualmente en todo el mundo. Y, todo esto genera una inestabilidad global, debido a los conflictos por la utilización de recursos naturales y las crisis migratorias, que dan lugar a la inestabilidad humanitaria y política.

Se define el cambio climático como los cambios que se han generado en un largo periodo de tiempo, tanto en las temperaturas de las ciudades como en los patrones climáticos. Aunque dichos cambios se pueden deber a elementos naturales, el principal factor del cambio en el siglo XIX, ha sido la actividad humana e industrial.

Como se puede ver, la sociedad se enfrenta a un gran reto, buscar una solución al cambio climático. Y, con esta idea en la cabeza, es como se dio comienzo a este proyecto. El proyecto que se realiza en este documento, parte de un proyecto realizado hace dos años, *Reutilización de Conchas de Moluscos como Subproductos Industriales de Otras Actividades*. Siendo la autora de este proyecto la misma que está desarrollando el actual.

En el proyecto base, se analizó la viabilidad de la reutilización de cochas de moluscos para la realización de subproducto industriales, concretamente carbonato cálcico. Para llegar a una conclusión en ese proyecto, se analizó la cantidad de materia prima que se podría obtener para generar el producto final. Se determinó que la materia prima se iba a obtener de varias conserveras de la costa gallega, concretamente de las cinco más importantes por orden de facturación. Tras analizar la cantidad de producto final que se

---

podría obtener, se realizó un análisis de gastos en combustible (recolección de producto de las diversas conserveras gallegas para su tratamiento en la fábrica), peajes y mano de obra, para llegar a la mejor conclusión de dónde situar la fábrica.

Una vez realizado este análisis, se analizó la rentabilidad del producto final, teniendo en cuenta los costes de personal, explotación e inversión, y los posibles usos del producto fabricado.

El proyecto fue todo un éxito, ya que se obtenía un producto rentable y competitivo en el mercado. Dado el resultado positivo del proyecto base surgió la siguiente cuestión, ¿se podrían usar otros tipos de materias primas para perseguir el mismo objetivo?

Y así es como surge y se inicia este proyecto, con la idea de poder reutilizar un mayor número de productos que se consideran residuos. Dado que el proyecto base se desarrolla en Galicia, que es la zona de España donde mayor número de conserveras hay, se ha determinado que este proyecto se va a desarrollar en la misma zona geográfica.

La materia prima, se tratará de obtener de las conserveras analizadas en el anterior trabajo. Si esto no es posible, se buscarán nuevas conserveras que puedan asumir el reto u otras entidades de las que se puedan obtener la materia prima deseada.

Con este proyecto no se busca únicamente darle valor a un producto que se considera residuo, sino que también se va a reducir la contaminación medioambiental y los posibles daños que se puedan generar a la salud de las personas, por culpa de putrefacción de la materia prima.

Dado que se establece que la fábrica ya está construida, se analizarán nuevas materias primas que se puedan tratar en la fábrica con una inversión nula o mínima.

Además, para evitar el gran consumo de agua que hay en la industria y contribuir a evitar y reducir el cambio climático, se plantea la regeneración y reutilización del agua dentro del sistema productivo.

---

Además, para poder analizar la rentabilidad del proyecto, se analizará el LCOE y la eficiencia energética de toda la instalación industrial.



---

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Como ya se ha comentado, este proyecto surge de otro. Todo se inició, con una simple imagen que muestra la gran cantidad de viandas de moluscos que se encuentran acumuladas en el exterior de las conserveras.

En las conserveras gallegas, no se trabaja únicamente con mejillones, sino que también se manipulan berberechos, almejas, navajas, zamburiñas y vieiras. La clave de ir a buscar la materia prima a las conserveras gallegas se debe a que las cochas de los moluscos enumerados anteriormente, no se ven involucradas en el producto final (en el caso de las vieiras y de las zamburiñas únicamente se podrían aprovechar una de las cochas, ya que la otra sí que está involucrada en el producto final)

En primer lugar, este proyecto tiene un impacto económico. Si con este proyecto se es capaz de reutilizar más elementos que se consideran residuos se puede reducir el precio de dicho alimento, así como eliminar los costes del tratamiento de estos residuos. También, supondrá un impacto económico si se consigue regenerar y reutilizar el agua de la fábrica.

Si se consigue reducir el coste de venta de los productos alimenticios gracias a este proyecto, este proyecto también tendrá un impacto social. Este objetivo se alcanzará si un mayor número de personas tienen alcance a este alimento.

Y, no se puede dejar de lado el impacto medioambiental que supone este proyecto. Donde al reutilizar productos que se consideran residuos se está aplicando la regla de las 3R. Lo mismo ocurre con la búsqueda de la reutilización del agua, en análisis del LCOE y la búsqueda de la eficiencia energética en toda la fábrica.

En Galicia se capturan anualmente cientos de toneladas de moluscos. Hay que tener en cuenta que la cantidad anual de molusco capturado sufre oscilaciones notables anualmente. Esto se debe a diversos sucesos medioambientales, como las mareas rojas o las enfermedades que pueden contraer los moluscos.

El año pasado, 2023, se capturaron un total de 190.407 toneladas de marisco, un 17,92% menos que en el año anterior. Esta cifra disminuyó por dos elementos, condiciones climáticas adversas y problemas con la gestión de los recursos. Del cómputo total de marisco capturado, hay que tener en cuenta que el 79,26% se dedica al mercado fresco. Lo que se traduce en que 39.490 toneladas se dedicaron al sector conservero, que es el que interesa en este proyecto.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los diversos moluscos que se podrían añadir al sistema productivo.

Molusco	Porcentaje $\text{CaCO}_3$
Berberecho	94-96 %
Almeja	92-95 %
Navaja	90-94 %
Zamburiña	90-93 %
Vieira	91-94 %

*Tabla 1: Posibles elementos a añadir al sistema productivo con su porcentaje de  $\text{CaCO}_3$ . Fuente: Elaboración propia.*

Esta tabla, junto con las cantidades anuales capturadas de cada molusco, serán claves para determinar que dos productos se pueden llegar a introducir en el sistema productivo ya creado.

En el proceso productivo planteado, el agua es un factor fundamental. La materia prima que proviene de las conserveras llega a la fábrica sucia y con restos de materia orgánica. Durante el desarrollo del proyecto se ideará la mejor forma para realizar dicha limpieza, así como la búsqueda de un sistema de reciclaje del agua empleada. De esta manera se produce una reducción del consumo de agua y se disminuye la huella hídrica de la explotación industrial.

Alrededor del 35% del consumo eléctrico español está asociado al sector industrial. Dado el alto consumo que tienen las industrias y las emisiones de  $\text{CO}_2$  que genera este sector anualmente, se plantea la búsqueda de eficiencia en la fábrica. Como medidas de

eficiencia se plantean: optimización del uso de la energía, mejora de la eficiencia de los equipos, eficiencia en los sistemas de calefacción y refrigeración e iluminación eficiente.

Por último, potenciar el ahorro energético y planificar los costes energéticos asociados a la operación de la fábrica es algo fundamental para la viabilidad económica de la industria.



### 3. MOTIVACIÓN

Se considera de vital importancia buscar soluciones para intentar mitigar el cambio climático. Los científicos ya advierten de que la Tierra está llegando a unos niveles insostenibles. El gran consumo, junto con el crecimiento de la población y el continuo aumento del número de emisiones, son uno de los principales elementos que están agravando esta situación.

Este proyecto surgió con la necesidad de reducir el impacto medioambiental negativo en las conserveras, transformando un elemento considerado residuo en un producto de valor. Transformar un residuo en un producto de valor, también permite reducir el coste del producto que venden las conserveras, permitiendo así que un mayor número de personas tengan acceso a este producto.

Por otra parte, también se pensó en la necesidad de introducir elementos de eficiencia y reducción de consumo en la fábrica. De esta manera, se reduce el consumo, ayudando así a reducir el impacto negativo medio ambiental de la industria. Se plantea la idea de la reutilización del agua del sistema productivo así con la búsqueda de herramientas de eficiencia en el sistema productivo.



#### 4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Con este proyecto se persiguen varios objetivos. Estos se van a dividir en tres grandes bloques:

- *Impacto Económico:*
  - Si se aprovecha un elemento que se considera residuo, en este caso las conchas de moluscos, se reduce el coste de gestión de residuos. Esto permitirá la disminución del coste del producto alimenticio.
  - Al reutilizar el agua del sistema productivo, disminuye el consumo, lo que genera una disminución de los costes asociados a este bien.
  - La optimización energética de la fábrica, igual que en el caso del agua, produce una reducción del consumo y de los costes asociados a este bien.
- *Impacto social:*
  - Al reutilizar un producto que se considera residuo, se le está dando valor a un producto que tenía valor nulo. Esto permitirá la reducción del precio del producto alimenticio, lo que permitirá que un mayor número de personas tengan acceso a este tipo de bien.
- *Impacto medioambiental:*
  - Claramente, con este proyecto se persigue la regla de las 3R, reutilizar materiales considerados residuos.
  - La huella hídrica también se ve reducida gracias a la disminución del consumo de agua.
  - Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la búsqueda de la eficiencia energética, buscando sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación y equipos óptimos.

#### 4.1 Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Intentar alcanzar objetivos de la lista de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es fundamental para progresar como sociedad y proteger al medio ambiente. Dichos objetivos fueron creados por la Organización de Naciones Unidas (ONU) para perseguir diecisiete objetivos. A continuación, se muestran los ODS que se persiguen en este proyecto:

- ***Objetivo 2 – Hambre Cero***

Este objetivo persigue erradicar el hambre y la desnutrición en todo el mundo para 2030. Si se consigue aprovechar un producto que se considera residuo, se podría disminuir el coste de dicho producto alimenticio. De esta manera, un mayor número de personas tendrían acceso a este alimento.

- ***Objetivo 6 – Agua Limpia y Saneamiento***

El acceso a agua potable es una necesidad humana fundamental. Con este proyecto, se busca la reutilización del agua del sistema productivo, lo que generará una disminución del consumo de agua potable en la industria. Así, toda el agua que se evite consumir en la fábrica, se podrá emplear para otras acciones.

- ***Objetivo 7 – Energía asequible y no contaminante***

Como en este proyecto se busca la optimización del uso de la energía mediante la mejora de los equipos y medidas de ahorro energético. Así, se persigue uno de los objetivos de este ODS, que es la eficiencia energética.

- ***Objetivo 8 – Trabajo decente y crecimiento económico***

Dado que se persigue reducir el consumo energético y el consumo del agua, la viabilidad y rentabilidad económica de las conserveras puede mejorar notablemente. Además, al crear un nuevo producto se genera una mayor actividad económica y empleo.

- ***Objetivo 9 – Industria, innovación e infraestructura***

Este proyecto es pura innovación, ya que no existe nada parecido en el mercado hoy en día. Con este proyecto se ofrece un producto de valor único, basado en introducir nuevas formas de aprovechamiento de residuos.

- ***Objetivo 13 – Acción por el clima***

Se ha comentado en varias ocasiones la búsqueda de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Todo ello se conseguirá gracias a la disminución del consumo y las medidas de eficiencia energética que se quieren implementar.



---

## 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En este apartado se describe como va a ser la metodología de trabajo para obtener un resultado óptimo en el proyecto y conseguir todos los objetivos propuestos.

Gracias al trabajo previo (el que se realizó en el TFG), se sabe bajo que categoría de residuo se agrupan las conchas de moluscos. Ahora, lo que se busca es integrar nuevos productos al sistema productivo. Se intentarán añadir, por lo menos dos nuevas materias primas al proceso. Para decidir que nuevos insumos se introducen, hay que analizar diversos factores. En primer lugar, hay que analizar los moluscos disponibles en la costa gallega. A continuación, hay que analizar el porcentaje de carbonato cálcico que tienen estas conchas de moluscos. Y en último lugar, hay que analizar la cantidad de molusco capturado por familia, y la cantidad de dicho producto que se dedica al sector conservero.

Una vez se sabe con qué nuevos insumos se va a trabajar, es hora de analizar si la fábrica va a ser capaz de tratar esta nueva entrada de materia prima. En primer lugar, hay que analizar si el sistema productivo puede tratar los nuevos insumos o hay que realizar algún cambio en las máquinas y en las instalaciones para poder tratarlo. También, se analizará si el sistema productivo actual es capaz de asumir la nueva cantidad de entrada de materia prima o si fuese necesario añadir alguna máquina más para poder trabajar con ese aumento de insumos. Por último, hay que analizar la viabilidad económica, viendo si dicho cambio supone un coste de inversión significativo o no.

Llegado este punto, es hora de entrar en la búsqueda de la eficiencia en la fábrica. Se empezará buscando el mejor sistema de reutilización del agua para el sistema productivo. Una vez encontrado dicho sistema, se analizarán las posibles acciones de eficiencia energética que se podrían aplicar al sistema productivo y a la fábrica en general. Y para finalizar, se hará un análisis con el LCOE.

Una vez obtenidos todos los resultados necesarios, se tomará una decisión y se analizarán los resultados.

## 5.1 Cronograma

A continuación, se muestra el Gantt del trabajo esperado para este proyecto.

AREA ESTUDIO	CONCEPTO ESTUDIO	nov-24	dic-24	ene-25	feb-25	mar-25	abr-25
Análisis del Problema	Definir problema						
	Recabar información						
	Analizar situación						
	Búsqueda de Solución						
Análisis Nuevos Insumos	Búsqueda nuevos insumos						
	Análisis de la composición						
	Cantidades producidas						
	Cantidades tratadas conserveras						
	Análisis de la evolución de producción últimos años						
	Selección nuevos insumos						
Impacto de los Nuevos Insumos	Necesidad de cambios en el sistema productivo						
	Costes del cambio del sistema productivo						
	Capacidad fábrica para asumir nuevo insumos						
Análisis de la Reutilización del agua	Identificar aguas residuales del proceso						
	Analizar volúmenes de gasto de agua						
	Establecer uso del agua reutilizada						
	Evaluación de tecnologías de tratamiento						
	Cálculos costes						
	Análisis de la viabilidad						
Análisis de la Eficiencia Energética	Identificar consumo energético						
	Evaluar la eficiencia de los equipos						
	Identificar oportunidades de mejora						
	Propuesta de soluciones						
Análisis del LCOE	Viabilidad económica						
	Recopilar datos						
	Cálculos						
Análisis Final	Evaluar resultados						
	Análisis compradores del producto						
	Conclusiones						

Tabla 2: Gantt del trabajo. Fuente: Elaboración: Propia.

## 6. RECURSOS A EMPLEAR

Para realizar este proyecto, será necesario el uso de diversos programas informáticos, además de la consulta de documentos en páginas web oficiales del gobierno, entre otros. A continuación, se muestran todos los recursos a emplear en este proyecto:

- Paquete Microsoft Office: Word, Excel y PowerPoint
- Google Scholar: para la búsqueda de documentos científicos
- Páginas webs:
  - o Red Eléctrica Española ([Negocio Eléctrico en España | Red Eléctrica](#))
  - o Xunta de Galicia ([Portada - Xunta de Galicia](#))
  - o Gobierno de España ([Energía](#))
- Información obtenida de diversas fuentes periodísticas: El Mundo, Expansión, El País y La Voz de Galicia.
- Enseñanzas obtenidas durante mi recorrido en ICAI: economía, ingeniería medioambiental, química, ingeniería energética, investigación operativa y sistemas de producción y fabricación.



## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se van a describir y analizar los elementos más importantes que van a permitir tomar decisiones y llegar a una conclusión.

Dado que este proyecto consta de tres partes, esta sección se va a dividir en tres. Las tres fases a tratar en este apartado son: nuevos insumos, análisis de la regeneración del agua y LCOE.

### 7.1 FASE I: Nuevos Insumos

Lo primero que se va a investigar y analizar son los nuevos insumos que se pueden añadir al proceso productivo.

#### *7.1.1 Contextualización del problema inicial: Nuevos Insumos*

Como ya se ha comentado, este proyecto surge de uno anterior realizado por el mismo autor que este documento. Todo comenzó con la visualización de una simple imagen, la acumulación de conchas de mejillones en el exterior de una conservera gallega. Analizadas las cantidades de mejillón que se pueden extraer, el proceso productivo y la rentabilidad del mismo, era hora de plantearse lo siguiente ¿se puede extender el mismo sistema productivo a un mayor número de bivalvos?

Para hacer el análisis correcto hay que tener en cuenta que la localización del sistema productivo se encuentra en las cercanías del EDAR Pobra do Caramiñal (A Coruña, Galicia) Esto implica, que los nuevos insumos deben de provenir de esta CC.AA, si no se quiere que el coste en transporte aumente en exceso. De esta manera se va a analizar si los proveedores actuales tienen la disponibilidad de proveernos de estos nuevos insumos.

Un factor fundamental para la selección de las nuevas materias primas es: % carbonato cálcico, cantidad y rentabilidad.

### *7.1.2 Importancia del sector de los bivalvos en Galicia*

Galicia, es una CC.AA. situada en el noroeste de España. Se caracteriza por la gran cantidad de kilómetros de costa que posee, y esto se debe sobre todo a sus numerosas rías. Se denomina ría a un valle fluvial inundado por el mar, donde el agua salada del mar penetra en la costa generando que se mezcle el agua dulce con la salada.

Las rías son un factor clave para este proyecto, ya que es donde se crían la mayor parte de los bivalvos que se consumen. Para entrar en contexto, los bivalvos se pueden criar y desarrollar en :

- *Bancos Naturales/Zonas de Mariqueo*: son zonas naturales donde los diversos bivalvos crecen de forma natural. Entre las zonas donde se pueden obtener estos productos destacan: Ría de Arousa, Rías de Muros-Noia, Ría de Vigo, Ría de Pontevedra y Ría de Ferrol.
- *Acuicultura en bateas*: esta técnica se emplea sobre todo para la producción de mejillón. Se basa en sementar cuerdas con mejilla (cría del mejillón), y atarlas a la plataforma de madera que está anclada en el mar. Las cuerdas se encuentran sumergidas en el mar durante unos 12-18 meses hasta que el bivalvo está disponible para su recolección.
- *Criaderos de bivalvos*: algunas especies de bivalvos se cultivan en criaderos denominados laboratorios de acuicultura. Generalmente, se crían en estos lugares para después trasladarlos a bancos naturales o viveros donde crecen hasta que alcanzan la talla mínima para poder ser un producto comercializado.

Gracias a todas estas características, el sector del marisco en Galicia genera un gran impacto en la economía, empleo, gastronomía y medio ambiente. Ya no solo por la

recolección del marisco, sino que también por las diversas industrias y procesos que siguen después de la recolección del mismo. El producto recolectado se puede consumir directamente (después de ser depurado) o puede ser enviado a una conservera para ser tratado y envasado.

Las conserveras son claves en este proyecto, ya que es de donde se va a obtener la materia prima para nuestro proceso productivo.

### 7.1.3 *Análisis de los posibles nuevos insumos*

Como se ha comentado en el apartado anterior, los nuevos insumos se van a obtener de las conserveras. Para hacer este análisis primero se van a analizar los bivalvos que se pueden extraer de la costa gallega, dejando de lado el mejillón. A continuación, se muestra una tabla con todos los bivalvos que se extraen de la costa gallega y su porcentaje de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ).

Denominación Bivalvo	Nombre Científico	% $\text{CaCO}_3$
Almeja Fina	Ruditapes decussatus	95
Almeja Babosa	Venerupis pullastra	93
Almeja Japónica	Ruditapes philippinarum	94
Almeja Rubia	Dosinia exoleta	94
Berberecho	Cerastoderma edule	96
Navajas	Ensis arcuatus	97
Longueirón	Solen marginatus	97
Ostra	Ostrea edulis	97
Vieira	Pecten maximus	97
Volandeira	Aequipecten opercularis	98
Zamburiña	Chlamys varia	98
Coquina	Glycymeris glycymeris	95

*Tabla 3: Insumo a analizar con su respectivo porcentaje de carbonato cálcico. Fuente: Elaboración propia.*

Hay que tener en cuenta, que no todo el % de carbonato cálcico que tienen las conchas se va a poder aprovechar, ya que las conchas tienen impurezas y pueden tener alteraciones en la composición. Además, si las condiciones del agua cambian la composición de las

conchas puede cambiar, ¿y esto porque ocurre? Si las condiciones del agua se ven modificadas, implica que se han modificado factores como el pH o la salinidad, lo que afecta directamente a la disponibilidad de carbonato cálcico en agua, lo que afecta directamente a la calcificación de las conchas.

#### 7.1.4 *Análisis de las conserveras*

Como ya he comentado en reiteradas ocasiones este proyecto se basa en uno realizado hace dos años. En dicho proyecto se analizaron las siguientes conserveras: Jealsa Rianxeira, Frinsa del Noroeste S.A., Conservera Escurís, Conserveras Selectas de Galicia y Conserveras Calvo.

Antes de analizar, si estas conserveras tienen los insumos nombrados en el apartado anterior, vamos a analizar si estas conserveras siguen siendo las más importantes en Galicia.

Tres conserveras concentran el 70% de los ingresos de la industria conservera gallega (Economía Digital Galicia, 2024): Jealsa, Frinsa y Nauterra, anteriormente denominada Calvo. A continuación, se muestra una tabla con las diversas conserveras analizadas, organizadas por orden de facturación:

Conservera	Facturación Anual (M€)
Jealsa Rianxeira	<b>778,5</b>
Frinsa del Noroeste	<b>712,8</b>
Nauterra	<b>696,8</b>
Conserveras Escurís	<b>451</b>
Bolton Food	-

*Tabla 4: Principales conserveras gallegas por orden de facturación. Fuente: Economía Digital Galicia (Sept, 2024)*

Respecto a esta tabla se van a comentar varios elementos. No hay datos de Bolton Food, cuyo nombre comercial es Conserveras Isabel, ya que el sistema productivo se encuentra cerrado para hacer una remodelación da las fábrica.

Por otra parte, el panorama del top cinco conserveras por orden de facturación continúa prácticamente igual que hace un par de años, lo único que ha cambiado es la posición de las dos primeras conserveras. Jealsa ha superado a Frinsa al convertirse en el principal suministrador de productos en conserva de los supermercados Mercadona (El país, Oct 2023). Frinsa, en cambio, ha optado por un modelo de internacionalización.

Lo siguiente que se va a analizar, es si dichas conserveras tienen los posible insumos a añadir que se nombraron en el apartado anterior. Para ello se muestra la siguiente tabla:

Marisco	Jealsa	Frinsa	Nauterra	Conserveras Ecurís	Bolton Food
Almeja Fina					
Almeja Babosa					
Almeja Japónica		X	X		
Almeja Rubia					
Berberecho	X	X	X	X	
Navajas	X	X		X	
Longueirón					
Ostra					
Vieira					
Volandeira					
Zamburiña	X		X	X	
Coquina					

*Tabla 5: Análisis de nuevos insumos en las conserveras ya analizadas. Fuente: Páginas Web conserveras.*

Esta simple tabla ya permite sacar varias conclusiones muy importantes. Aunque en un primer momento, se tuvieron en cuenta todos los tipos de bivalvos que se producen en Galicia, con esta tabla se puede observar que no todos los mariscos con concha se emplean para hacer conservas.

De esta manera, para los posteriores análisis que se van a realizar únicamente se van a tener en cuenta los siguientes bivalvos con concha: almeja japónica, berberecho, navajas y zamburiñas.

Además, también cabe destacar la empresa Bolton Food. Esta empresa únicamente trata un tipo de bivalvos, los mejillones. Esto implica que de esta conservera no se va a poder obtener mayor cantidad de entrada de insumos.

### 7.1.5 *Análisis en profundidad de los insumos seleccionados*

En el apartado anterior, se decidieron y determinaron los bivalvos que se querían y podían analizar. Antes de poder tomar una decisión de que dos nuevos insumos se pueden introducir en el sistema productivo de la fábrica, es necesario saber la producción de dichos mariscos anualmente en Galicia y la cantidad que tratan las conserveras analizadas. A continuación, se analizan las cantidades que se producen anualmente de los cuatro productos seleccionados.

Pero antes de realizar dicho análisis se va a mostrar una tabla, donde se encuentran todas las cantidades de bivalvo recolectadas en 2023 en la costa gallega y los beneficios totales generados por especie. Se muestran los datos de 2023 ya que son las últimas cifras oficiales que hay (Anuario de Pesca de Galicia 2023)

Denominación Bivalvo	Cantidad Recolectada (kg)	Beneficios Totales (€)
Almeja Fina	152.973	6.704.075
Almeja Babosa	217.100	5.693.517
Almeja Japónica	2.027.404	27.164.678
Almeja Rubia	150.522	2.393.168
Berberecho	484.584	5.662.496
Navajas	559.382	6.814.374
Longueirón	72.834	631.984
Ostra	49.199	307.240
Vieira	170.714	828.288
Volandeira	369.060	1.017.456
Zamburiña	24.640	324.791
Coquina	505.338	3.272.021

*Tabla 6: Cantidades de bivalvos recolectados en Galicia en 2023 y beneficios totales obtenidos. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia 2023.*

También se muestra un gráfico donde se representan las especies de bivalvo más importantes, en función de la cantidad recolectada.

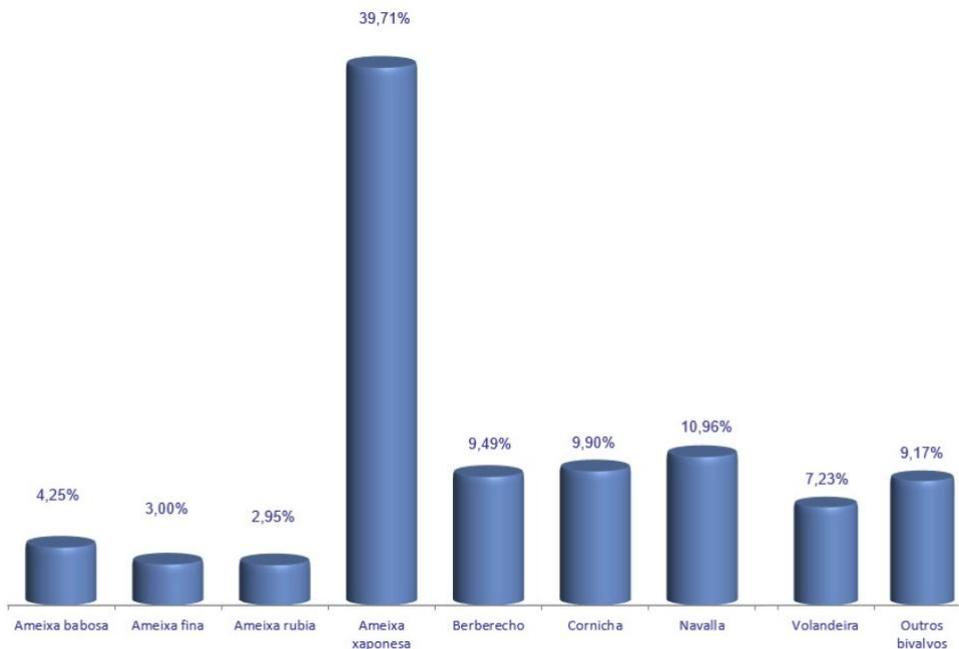


Gráfico 1: Porcentaje de los bivalvos mas importantes por cantidad recolectada en 2023. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023.

Antes de comenzar con ningún análisis es importante comentar varios aspectos de este gráfico. Sin ninguna duda, el bivalvo más recolectado es la almeja japónica. Después le siguen las navajas, coquinas y berberechos.

- Almeja Babosa & Almeja Japónica

Aunque la Almeja Babosa ha sido una especie significativa de la economía marisquera gallega, en los últimos años la cantidad recolectada de este bivalvo se ha visto reducida notablemente. Esto se puede afirmar con los siguientes datos: en 1997 se extrajeron de la comunidad gallega 2.129.473 kilos de almeja babosa, pasando a obtener únicamente 334.971 kilos en 2022. Esto supone una caída en la producción y recolección de esta especie marina de un 84,27% en tan solo 25 años (Galicia Express, 2023).

Pero lo mismo ocurrió en 2023, que son las últimas cifras completas de recolección de este bivalvo en Galicia que hay. Respecto al 2022 se redujo su producción un 79%, lo que corresponde con un total de 26 toneladas recolectadas de almeja babosa. Es verdad que esta cifra es muy baja, ya que en 2024 únicamente en la Ría de Arousa se recolectaron 38

toneladas, por lo que la cifra del 2024 ha mejorado respecto a la de 2023 (elDiarion.es, enero 2025)

¿Pero a que se debe esta reducción en la producción y la recolección? Existen diversos factores que hay que tener en cuenta para entender esta situación: el cambio climático, la contaminación de las rías y la competencia de especies invasoras (Xunta de Galicia, noviembre 2024)

Dadas las altas temperaturas en verano y los cambios de los ciclos de lluvia, la salinidad se ha visto afectada. Todo esto junto con la temperatura han dado lugar a una alta mortalidad de especies marinas, entre las que se encuentra la almeja babosa.

Además, dada la escasez de este tipo de almeja, se han introducido en el ecosistema nuevos productos, entre los que se encuentra la almeja japónica.

Para revertir esta situación, la Xunta de Galicia, está apostando por regenerar el ecosistema. Además, la Consellería do Mar, está implementando iniciativas como la entrega de más de 500.000 unidades de semilla de almeja babosa a las diversas cofradías. Lo que se espera con esta iniciativa es la regenerar los bancos marisqueros y apoyar al sector.



*Ilustración 1: Almeja Babosa. Fuente: Almeja babosa fresca de Galicia, Pescados Mariscos Galicia (s.f.)*

También es necesario hablar en este apartado sobre la almeja japónica, la cual ha aumentado desde los 300.000 kg en 1997 a las 2.200 toneladas en 2022. Se podría estar hablando del sustituto de la almeja babosa (GaliciaPress, mayo 2023) Además, se

caracteriza por que es una almeja que tiene mayor resistencia y adaptabilidad en comparación con especies autóctonas, como es el caso de la almeja babosa o la almeja fina.



*Ilustración 2: Imagen de almejas japónicas. Fuente: Almeja Japónica grande – De la Ría al Plato (s.f.)*

- **Berberecho**

La siguiente especie que se va a analizar son los berberechos. En este caso las cifras reflejan una disminución de producción de este bivalvo en los últimos años. La cifra total de kg recolectado en 2023 fue de 484.584 kg, es decir se recolectaron un 78,9% menos kilogramos de este bivalvo respecto a 2024.

Esta situación se repite respecto a la almeja babosa. Dado que es una caída muy brusca de un año para otro, se va a analizar si hubo algún suceso extraordinario que generó que las cantidades de bivalvo recolectadas se redujeran tan drástica y notable.

Tras la búsqueda de un explicación, se descubrió que había un parásito en las rías gallegas que generó que la cifra de recolección se viese disminuida. La aparición de un parásito denominado *Marteilia Cochillia* afectó de manera grave a la población de berberechos. Dicho parásito mataba a las especies que se estaban criando en las rías. A mayores, también hay que hablar del gusano *Postenterogonia orbiculari*, un gusano que se alimenta tanto de mejillones como de berberechos lo que amenaza la fauna y bivalvos locales. (DOG: Xunta de Galicia, diciembre 2023).



*Ilustración 3: Imagen de berberechos. Fuente: Receta Fácil / Berberechos al Natural, Tu Pescadería. (s.f.)*

- Navajas

Pues a diferencia de los otros dos tipos de bivalvos analizados, la cantidad recolectada de bivalvos ha ido aumentando en los últimos años, pasando de casi 240.00 kg recolectados en 2010 a algo menos de 560.000 kg en 2023 (La voz de Galicia, 2011).

Al igual que en los dos casos anteriores, también hubo episodios de gran mortalidad de navajas. Para intentar remediar esta situación la Xunta de Galicia ha establecido medidas de repoblación. Entre ellas se encuentra la entrega de unidades de semilla a la Consellería do Mar (Xunta de Galicia, 2023)



*Ilustración 4: Imagen de Navajas. Fuente: Navajas – Pescado a Casa (s.f.)*

- Zamburiña

El principal problema de este bivalvo es su producción limitada en Galicia. Hoy en día, se están tomando medidas para poder obtener mayor producción, dada la creciente demanda de este bivalvo y la disminución de unidades producidas.

Existen diversos proyectos como el de la empresa Monroa SL, para intentar producir zamburiñas en una batea. Este proyecto espera que se obtenga una producción anual por batea de entre 16,6 y 18,5 toneladas a partir del segundo año de operación (El Español, 2021)

Como se ve, es un producto cuya demanda está en pleno crecimiento. Además, se están buscando nuevas técnicas para poder recolectar una mayor cantidad. Así mismo, la Xunta de Galicia está estableciendo planes y medidas de gestión y sostenibilidad, para garantizar una explotación sostenible de este recurso (DOG: Xunta de Galicia, diciembre 2023).



*Ilustración 5: Imagen de una zamburiña. Fuente: Descubre dónde encontrar las mejores zamburiñas (s.f.)*

Una vez analizados todos los insumos, es notable que la cantidad de bivalvos recolectados en 2023 ha disminuido en gran medida respecto a otros años. Por ello, se muestra la siguiente tabla, donde se comparan las cantidades de marisco recolectado en dos años distintos.

Denominación Bivalvo	Cantidad Recolectada Anual (kg)	
	2022	2023
Almeja Fina	260.748	152.973
Almeja Babosa	217.100	217.100
Almeja Japónica	2.262.831	2.027.404
Almeja Rubia	143.047	150.522
Berberecho	2.299.203	484.584
Navajas	542.059	559.382
Longueirón	57.884	72.834
Ostra	84.271	49.199
Vieira	83.199	170.714
Volandeira	498.647	369.060
Zamburiña	30.122	24.640
Coquina	498.220	505.338

Tabla 7: Comparativa de cantidad de bivalvo recolectado en 2022 y 2023. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023.

Con esta tabla se puede observar, que en la mayoría de los casos la cantidad de bivalvo recolectado en 2023 se vio reducida notablemente respecto 2022, y en grandes proporciones. El caso más importante y de mayor preocupación es el de los berberechos, donde en tan solo un año la cantidad de producto recolectado se vio disminuido en un 78,92%.

Pero, ¿lo que ocurrió es 2023 fue un caso aislado? Aunque la tendencia de producto recolectado anualmente está a la baja, lo que ocurrió en 2023 fue un caso aislado. Esto se debió a varios aspectos: lluvias torrenciales que redujeron la salinidad de las rías, los vertidos industriales que incrementaron la toxicidad de las aguas y la aparición de especies invasoras como el cangrejo azul, que se alimenta de los bivalvos de las rías gallegas (The guardian, enero 2025)

Para justificar que la cantidad de producto recolectado anualmente en las rías gallegas está disminuyendo, se muestra la siguiente gráfica:

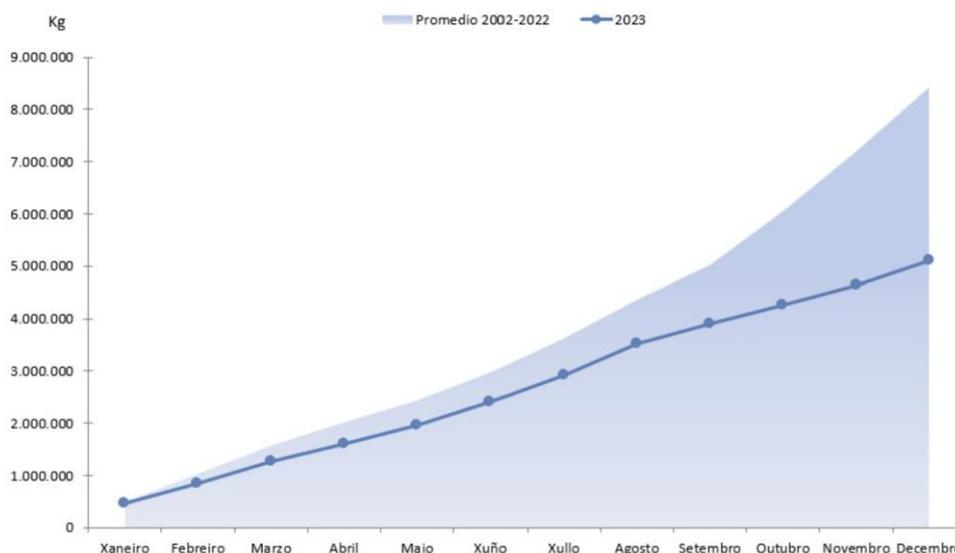


Gráfico 2: Comparativa de cantidad recolectado en años anteriores a 2023 y ese mismo año. Fuente: Anuario de Pesca de Galicia de 2023.

### 7.1.6 Análisis actual y futuro del sector conservero gallego

Tras el análisis de los datos de marisco recolectado en 2023 en las rías gallegas, se considera de vital importancia analizar en profundidad la situación de ese año y lo que se espera a futuro.

- Análisis sector conservero 2023

Galicia es considerada la principal potencia marisquera del país. Aproximadamente el 85% de la producción nacional de este sector proviene de esta CC.AA. Esto se debe principalmente a la gran cantidad de marisco que se cría y se recolecta en este lugar, y a la presencia de las principales conserveras españolas en esta zona. (El plan Estratégico del sector conservero creado por la Xunta, enero 2023)

Por otra parte, existe un crecimiento en el número de exportaciones de este sector. Una cifra que corrobora esta afirmación es la siguiente: desde el 2012 el número de

exportaciones gallegas ha incrementado en un 73%, siendo los principales mercados Portugal, Italia y Francia. (ICEX, septiembre 2023)

Pero, aunque estas cifras sean esperanzadoras, hay que tener en cuenta otros aspectos muy importantes como son los desafíos medioambientales. Como ya se viene comentando a lo largo del documento, la población de mariscos en las costas gallegas ha sufrido una disminución preocupante, produciéndose en algunos casos una disminución del 90%. Por ejemplo, los mejillones, la materia prima por la que se inició este proyecto, ha pasado de tener una producción de 250.000 toneladas en 2021 a 178.000 en 2023 (The guardian, enero 2025)

Esta situación tuvo lugar por la combinación de tres factores fundamentales: económicos, ambientales y logísticos.

En 2023, se reportó la caída de producción de algunos mariscos hasta el 90%. Esto se debió sobre todo a la contaminación, cambio climático y la aparición de especies invasoras, como el alga asiática. Este último elemento generó la aparición de una gran presencia de toxinas en el agua, lo que generaba que no se pudiese recolectar el marisco. Por otra parte, el aumento de la temperatura del agua generó que muchas especies muriesen.

2023 también se vio muy influenciado por el precio de la energía, lo que tuvo un impacto directo y negativo sobre las conserveras. Lo mismo ocurrió con el mundo del sector logístico, donde hubo una gran cantidad de dificultades lo que provocó que el precio de este servicio se incrementara.

La clave se encuentra en la siguiente pregunta, ¿se están buscando soluciones para esta situación? Si, la Xunta ha puesto en marcha el Plan Estratégico de la Conservera de Galicia 2022-2030 (Xunta de Galicia, enero 2023). Aparte de centrarse únicamente en impulsar la internacionalización, innovación y sostenibilidad, la Xunta también se está centrando en repoblar y criar más cantidades de especies de mariscos, para que el sector conservero gallego continúe manteniéndose líder.

- Análisis futuro

Aunque la situación en 2023 para el sector marisquero y conservero gallego estuvo muy lejos de ser idílico, considero que el futuro, aunque es algo incierto es muy prometedor.

Entre las claves que encontramos para que este sector se vea como prometedor está el Plan Estratégico de la Conserva 2022-2030, donde se han unido la Xunta de Galicia, el Centro Tecnológico del Mar, Fundación Cetamar y Anfac-Cecopesca, y han fijado un gran número de medidas entre las que se encuentran: garantiza la sostenibilidad de las materias primas, innovación y acceso a recursos financieros para el sector (Plan Estratégico de la Conservera 2022-2023, septiembre 2021)



*Ilustración 6: Producción de mejillón en conserva. Fuente: El Plan Estratégico de la Conservera de Galicia 2022-2030 apuesta por impulsar la internacionalización y la innovación en el sector, Xunta de Galicia, 27 enero 2023)*

### 7.1.7 Cantidad de producción en las conserveras gallegas de todos los bivalvos analizados.

Tras saber los tipos de bivalvos con los que trabajan las conserveras y las cantidades de producto que se recolectan anualmente, es necesario saber la cantidad de insumo que se podría obtener para la fábrica. Para poder llegar a una decisión y estimación final se van a tomar como base los datos de facturación y kilogramos recolectados en 2022, ya que los datos de 2023 se han visto muy influenciados por factores externos. Tal y como se analiza en la comparativa de las siguientes gráficas.

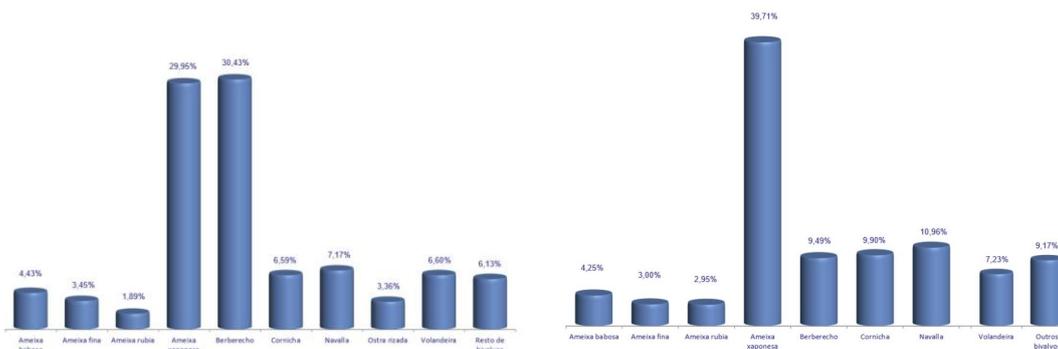


Gráfico 3: Porcentaje de principales mariscos recolectados en 2022 y 2023. Fuente: Anuario de pesca 2022 y 2023, Xunta de Galicia (s.f.)

Para poder realizar este análisis se muestran a continuación los datos más relevantes.

Denominación Bivalvo	Recolección Galicia 2022 (kg)
<b>Almeja Japónica</b>	2.262.831
<b>Berberecho</b>	2.299.203
<b>Navajas</b>	542.059
<b>Zamburiña</b>	30.122

Tabla 8: Elementos clave para hacer el análisis de la cantidad de insumos que se puede obtener. Fuente: Elaboración propia.

Continuando con este análisis, se obtuvieron los datos de la cantidad de producto en conserva, que se produce anualmente en España. Dichos datos se muestran y analiza a continuación.

Denominación Bivalvo	Cantidad de Producto en Conserveras en España 2022 (kg)
Almeja Japónica	2.296.000
Berberecho	2.292.000
Navajas	300.000
Zamburiña	26.000

Tabla 9: Cantidad de producto que salió de las conserveras en 2022. Fuente: Estadísticas pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.)

Primero de todo, hay que comentar que en la *tabla 8* se está hablando del producto final, sin concha, por lo que más adelante hay que hacer una estimación de a qué cantidad de kilos de concha corresponde dicha cantidad.

Con todos los datos expuestos, es necesario esclarecer varios aspectos. Como se viene comentando a lo largo del documento, la cantidad de producción de marisco gallego se ha visto reducida en los últimos años. Dado que las conserveras tienen que seguir operando, y la cantidad de materia prima que proviene de Galicia no es suficiente, se han visto obligados a buscar la materia prima a otros lugares como Portugal o Marruecos. Por ello, los valores de mariscos tratados en las conserveras gallegas, es similar o incluso superior, en algunos casos, al marisco recolectado en dicha CC.AA.

Hay que esclarecer también, que el método de producción es el mismo, es decir; la materia prima continúa llegando a las conserveras de la misma manera y en el mismo formato, con concha. Esta situación beneficia al proyecto, ya que hay posibilidad de expandir el mercado y de aumentar la cantidad de materia prima que puede tratar la fábrica.

Aunque en la tabla se reflejan los números a nivel nacional, para este proyecto solo interesan los valores asociados a Galicia. Dado que el sector conservero gallego corresponde con el 80% del sector conservero nacional, se obtienen los siguientes datos del panorama gallego.

Denominación Bivalvo	Cantidad de Producto en Conserveras en Galicia 2022 (kg)
<b>Almeja Japónica</b>	1.836.800
<b>Navajas</b>	240.000
<b>Berberecho</b>	1.833.600
<b>Zamburiña</b>	20.800

Tabla 10: Cantidad de producto final obtenido en las conserveras gallegas. Fuente: Estadísticas pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.)

### 7.1.8 Cantidad de valvas de bivalvos que se pueden obtener de las conserveras gallegas.

En el apartado anterior, se obtuvo la cantidad de producto final que venden las conserveras. Este producto no refleja la cantidad de materia prima que se puede obtener para el proceso productivo de este proyecto, por lo que ahora es necesario obtener esa cifra.

Para llegar a ese valor final, es necesario saber qué % del peso del bivalvo completo corresponde con el peso de la concha. Para llegar hasta ese valor, se muestra la siguiente tabla:

Denominación Bivalvo	Peso por Bivalvo (gramos)	Peso Concha (gramos)	Peso Parte Comestible (gramos)
<b>Almeja Japónica</b>	22,3	17,84	4,46
<b>Berberecho</b>	12,5	9,38	3,12
<b>Navajas</b>	25,2	15,9	9,3
<b>Zamburiña</b>	42	29,8	12,2

Tabla 11: Peso medio de cada bivalvo y por concha. Fuente: Estadísticas Pesqueras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.)

Como se puede observar, no todos los bivalvos tienen un peso medio por pieza igual ni tienen una concha de peso similar. La concha que más pesa en comparación con el peso del componente comestible es la almeja japónica, que corresponde un 80% del peso del conjunto (comestible + concha). El siguiente en la lista, son los berberechos, donde aproximadamente un 75% del peso total del berberecho se asocia con la concha. En tercer lugar, se encuentra la zamburiña, donde el 71% de la misma corresponde con el peso de la concha, aproximadamente. Y en último lugar, el bivalvo que tienen un menor peso de concha en comparación, es la navaja. En este caso, aproximadamente un 63% del peso de la navaja corresponde con el peso de la concha.

Con estos datos se va a crear una nueva tabla. Dicha tabla permite conocer la cantidad anual de conchas de moluscos disponibles en Galicia, para el proceso productivo.

Denominación Bivalvo	Peso Total Conchas (kg)
<b>Almeja Japónica</b>	7.347.200
<b>Navajas</b>	720.000
<b>Berberecho</b>	3.122.075
<b>Zamburiña</b>	77.726

*Tabla 12: Cantidad de concha por bivalvo que se puede obtener en Galicia. Fuente: Elaboración Propia.*

Hay que tener en cuenta que no se va a contar con toda esta cantidad de producto, ya que no se va a trabajar con la materia prima de todas las conserveras gallegas.

#### *7.1.9 Análisis de la cantidad de entrada de materia prima a la fábrica*

En este proyecto se está trabajando con las principales conserveras gallegas: Jealsa, Frinsa del Noroeste, Nauterra y Conserveras Escurís. En el anterior proyecto, que sirve de base de este, se estimó que estas conserveras trataban un 20% de todo el producto que era tratado en todas las conserveras gallegas. Dado que la estimación, continúa teniendo sentido para este proyecto, se van a calcular las cantidades totales de materia prima que

podrían entrar en la fábrica. Con esta cifra en mente, se calcula la cantidad de entrada de materia prima que se espera obtener de estos nuevos insumos para la fábrica.

Denominación Bivalvo	Insumos Fábrica (kg)
<b>Almeja Japónica</b>	1.469.440
<b>Navajas</b>	144.000
<b>Berberecho</b>	624.415
<b>Zamburiña</b>	15.545

*Tabla 13: Cantidad de entrada de insumos en la fábrica. Fuente: Elaboración Propia.*

Con todos estos datos, se puede hacer una estimación de la cantidad de carbonato cálcico final que se podría obtener.

#### *7.1.10 Análisis de la cantidad de producto final obtenido*

Para este apartado hay que tener en cuenta varios factores: el % de carbonato cálcico de cada tipo de concha de bivalvo, el desperdicio y la cantidad de materia prima que entra en la fábrica.

Los porcentajes de la cantidad de carbonato cálcico que tiene cada concha de bivalvo se muestra en el apartado 8.1.3. Por otra parte, hay que estimar el desperdicio de materia prima. El desperdicio se puede deber a porque la concha viene en mal estado, porque se pierde cierta cantidad de producto durante el proceso productivo, porque no se trabaja bien con la materia prima o simplemente porque existen desperdicios inevitables.

Dado que se está trabajando con residuos de seres vivos, y que se cuenta con una fábrica innovadora y eficiente, la cifra de desperdicio se establece del 5% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2011). Con esta cifra y con los porcentajes de carbonato cálcico de cada elemento, ya se puede estimar la cantidad de producto final que se puede llegar a obtener.

---

Denominación Bivalvo	Producto Final (kg)
<b>Almeja Japónica</b>	1.326.170
<b>Navajas</b>	131.328
<b>Berberecho</b>	575.398
<b>Zamburiña</b>	14.473

*Tabla 14: Cantidad final de Carbonato Cálcico que se puede obtener por tipo de Bivalvo. Fuente: Elaboración Propia.*

Con esta tabla, ya se puede tomar una decisión sobre los nuevos insumos que se podrían llegar a introducir en el sistema productivo. Ahora, hay que determinar si resulta rentable introducirlos en el sistema productivo, si hay que modificar el proceso y si los recursos existentes son suficientes para hacerse cargo de estos nuevos insumos.

## 7.2 FASE II: Reutilización del agua del sistema productivo

Para poder buscar el sistema óptimo para la reutilización del agua es necesario identificar en qué puntos del proceso productivo se ve involucrado el agua. Una vez se caractericen todos los efluentes, hay que determinar si es posible su reutilización dentro o fuera de la fábrica.

### 7.2.1 Funcionamiento del sistema productivo & Identificación de agua empleada en el sistema industrial.

Para poder saber en qué puntos del proceso se ve involucrada el agua es necesario saber cómo funciona el sistema productivo. Para ello, se muestra el siguiente diagrama con las distintas fases del proceso y los elemento que se ven involucrados.

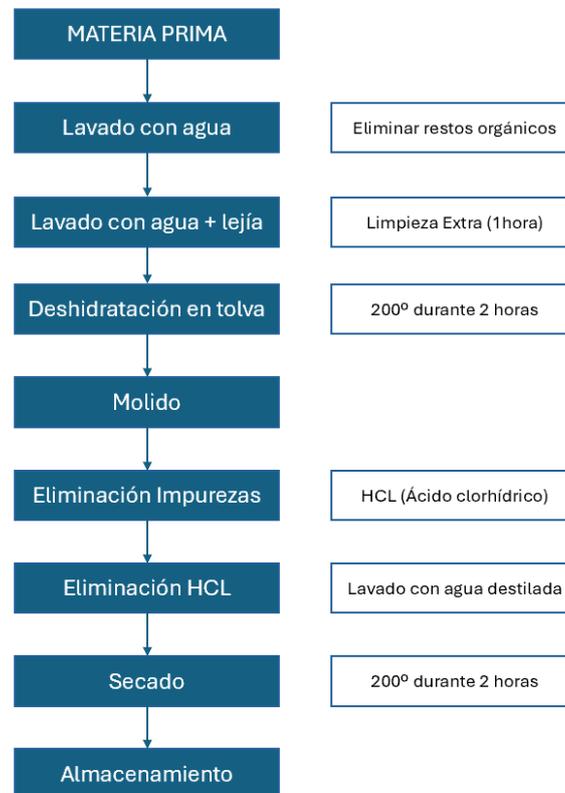


Gráfico 4: Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema industrial. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se va a describir en detalle el sistema productivo, para identificar todos los procesos donde el agua se ve involucrada. Y con esto identificado, se podrá determinar si se pueden reutilizar y en tal caso, cual es el proceso para conseguir limpiar el agua.

El proceso consta de nueve fases, y se desarrollan desde la recepción de la materia prima hasta el empaquetado de la misma.

- *Fase I: Recepción de materia prima*

Como ya se ha comentado, la materia prima se recolecta de las diversas conserveras gallegas, siguiendo una ruta y empleando un camión. El camión tiene una capacidad de 10 metros cúbicos. Para poder calcular la cantidad de concha de mejillón que se puede transportar, hay que tener en cuenta la densidad de las mismas.

Hay que tener en cuenta que, en función de si las conchas están mojadas , ya que se acumulan en el exterior de la conservera y pueden mojarse, o secas, se obtiene un número de toneladas a transportar u otro.

Si las conchas están secas, se estima que la densidad de las mismas es de 600 kg/m<sup>3</sup>, en cambio sí están mojadas se estima que es de 800 kg/m<sup>3</sup>. Con estos datos, se puede calcular un rango de valores, entre los que se encuentra el peso de la materia prima que entra en la fábrica.

$$\text{Peso Conchas Secas} = 10 \text{ m}^3 * 600 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} = 6 \text{ toneladas}$$

$$\text{Peso Conchas Mojadas} = 10 \text{ m}^3 * 800 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} = 8 \text{ toneladas}$$

*Ilustración 7: Peso de las conchas mojadas y secas a transportar.*

Como se acaba de calcular, el rango de valores se encuentra entre 6 y 8 toneladas. Hay que tener en cuenta que el número de valvas recolectadas en ambos casos es la misma, solo que en caso de estar mojadas y contener residuos orgánicos pesan más.

---

Cuando la materia prima llega a la fábrica, esta se introduce en una tolva. Dicha tolva permite colocar las conchas de mejillón en bandejas de 15 kilogramos.

Las bandejas donde se depositan las conchas tienen un tamaño de 1,5x0,75x0,2 metros. A parte del tamaño, también es importante comentar que la bandeja tiene agujeros, que permiten que el agua junto con los restos orgánicos se filtre a través de ella. Este tamaño permite que las bandejas sean transportadas por dos operarios, de manera sencilla y cómoda. Además, también facilita el tratamiento de la materia prima en las fases posteriores.

- *Fase II: Lavado con agua*

Tras recibir el producto en la fábrica, lo primero que se realiza es lavar las conchas con agua a presión para eliminar los restos sólidos que haya en ellas. La presión de la manguera que se emplea para este proceso tiene una presión de 2,5 bar. El agua que se emplea en este proceso acaba mezclada con restos sólidos, por lo que se le denominará a partir de ahora: *Agua+Sólidos1*.

Para llevar a cabo esta fase, las bandejas con las conchas pasaran por una cinta transportadora con rodillos. A medida que las bandejas pasan por la cinta transportadora, se emplea una manguera con agua para limpiar las conchas. Hay que tener en cuenta que las bandejas tienen agujeros y que la cinta transportadora con rodillos, consta con separaciones suficientemente grandes que permiten filtrar el agua y los restos sólidos. Debajo de la misma, hay un sistema de recolección de este tipo de agua, *Agua+Sólidos1*.

En la imagen, que se muestra a continuación, se puede ver una representación del sistema real planteado para esta fase.



*Ilustración 8: Fase II del sistema productivo. Fuente: generada por ChatGPT (Mayo, 2025)*

- *Fase III: Lavado con agua + Peróxido de Hidrógeno*

Una vez que se han eliminado los restos sólidos de las conchas, se pasa a sumergir las conchas en una solución de agua con lejía. De esta manera se produce una limpieza extra de las mismas que permite eliminar en su totalidad todos los restos sólidos de las conchas. Dicha solución está formada por: agua y una solución de 7% de peróxido de cloro. A esta solución junto con los restos orgánicos se denomina a partir de ahora: *Agua+PeróxidoCloro+Sólidos2*.

El sistema de recolección del agua es idéntico al del paso anterior. Es importante comentar, que no se mezclan los dos efluentes de agua, cada una va a un depósito distinto, y será tratada de forma independiente.

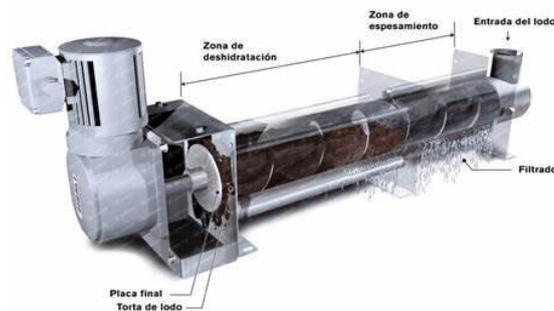
- *Fase IV: Deshidratación en tolva*

El siguiente paso se basa en la esterilización del producto. Para ello, se mete el producto en un horno tolva a 200°. El producto se pasará en esta sección dos horas. Durante el proceso, las conchas se irán rompiendo y descomponiendo con el giro de la tolva.

Hay que tener en cuenta, que la capacidad de la tolva es de 120 kilogramos, por lo que cada vez que se emplea la tolva se introducirán en ella seis bandejas completas. Por otra parte, una vez se finaliza la Fase III, las bandejas con conchas limpias se acumulan al final de la cinta transportadora unas encima de otras. Esto ocurre gracias a un sistema automatizado que coloca las bandejas en pilas de cuatro bandejas.

Dado que en la tolva no se introducen las bandejas, para introducir el material a la tolva se emplea una cinta transportadora. En ella se vierte el contenido de las bandejas, y la cinta transportadora se mueve y avanza para ir introduciendo la materia prima en su interior.

Una vez todo el contenido se encuentra en el interior de la tolva, la cinta transportadora se para y la tolva se cierra para comenzar a trabajar.



*Ilustración 9: Ejemplo tipo de sistema de deshidratación en tolva. Fuente: Deshidratación de lodo – TECPRO AMBIENTAL (2024)*

#### - Fase V: Molido

Tras dos horas en el horno, el producto se pasará a la fase de molido y triturado. Para ello, el producto se irá vertiendo a medida que sale de la tolva, en bandejas planas sin agujeros. El tamaño de las bandejas es igual que es de las anteriores, 1,5x0,75x0,2 metros, lo único que se modifica es la cantidad de producto que se vierte en las mismas, que en este caso es de 10 kilogramos. De esta manera, será más sencillo y rápido triturar y moler el producto final.

Cada bandeja pasa en un primer lugar por un sistema de triturado. Este es un sistema de cuchillas que corta las conchas de mejillón en pequeños trozos. Una vez se tengan las conchas de mejillón cortadas, estas se pasarán por un sistema de prensado, para que las conchas se descompongan en mayor proporción.

Tras el proceso de prensado, el producto se verterá sobre un gran embudo, donde será molido y se verterá de nuevo sobre las bandejas.

- *Fase VI: Eliminación de impurezas*

Una vez el producto esté triturado y en formato polvo se pasará a la fase de eliminación de impurezas. Para eliminar todos los componentes que no sean carbonato cálcico se empleará un tratamiento con HCL (ácido clorhídrico). Para ello, se verterá el producto de las bandejas en grandes cilindros donde habrá HCL. Tras llenar los cilindros con HCL y con producto final en formato polvo, este se cerrará y se batirá durante media hora. Al finalizar esta operación, se abrirá la parte de abajo del cilindro y se verterá el producto sobre un gran embudo que contine diversos filtros.

Gracias al filtro incorporado en el embudo, los componentes que no nos interesan, salvo el HCL, se quedan atrapados en el filtro.

- *Fase VII: Eliminación HCL*

Tras pasar por el proceso de filtrado, hay que eliminar el HCL por completo de la composición, para ello se empleará agua destilada. Dicha agua destilada arrastrará los restos de HCL e impurezas. A partir de ahora, a esta mezcla de agua se le denomina: *AguaDestilada+HCL+Impurezas*.

El producto de la fase anterior se encuentra mezclado con varios productos. Para eliminar dichos productos se emplea agua destilada. De esta manera, ya se tiene el producto final deseado, lo único que ocurre es que está mojado.



*Ilustración 10: Elemento principal en el sistema de obtención de carbonato cálcico. Fuente: Ácido Clorhídrico (HCL): Estructura, propiedades y usos. Lifeder.com (2017)*

- *Fase VIII: Secado*

Finalmente, hay que pasar el producto final por un proceso de secado. Para ello se introduce el producto en un horno a 200° durante dos horas. Tras salir del horno, se deja enfriar el producto final y se almacena.

- *Fase IX: Almacenaje*

El producto final se almacena en sacos de 15 kilogramos. Dichos sacos se venden directamente a los clientes, que lo emplean como materia prima en su proceso productivo.

- *Caracterización de aguas en el sistema productivo*

Se identifican durante el proceso industrial tres tipos de aguas diferentes (cada una tiene una denominación diferente para que sea más sencillo identificarlas):

- Agua+Sólido1: con agua de la red se limpian los restos orgánicos de las conchas. Con esta limpieza se obtiene una mezcla de agua con restos sólidos, que se espera poder reutilizar.
- Agua+Peróxido+Sólido: se emplea para realizar una limpieza profunda de las conchas y eliminar todos los restos orgánicos. Lo que se emplea es una disolución de agua con peróxido de cloro, que tras su uso contiene también restos orgánicos.
- AguaDestilada+HCL+Impurezas: llegando al final del proceso del sistema productivo es cuando se emplea esta disolución. EL HCL se emplea para eliminar todas las impurezas (todos los componentes que no son carbonato cálcico). Finalmente, tras su uso se obtiene una mezcla de agua destilada con HCL y con impurezas.

---

En los siguientes apartados, se identificará si los tipos de agua identificadas se pueden reutilizar, y en tal caso, como se puede realizar dicha reutilización.

### *7.2.2. Identificación del resto de aguas empeladas en la fábrica.*

En esta sección se van a analizar otros tipos de aguas que se emplean en la fábrica, y no se ven involucradas en el sistema productivo. El listado es el siguiente:

- *Red pluvial*: se intentará con este proyecto la reutilización del agua de lluvia para los lavabos e inodoros. Se espera poder recolectar la cantidad necesaria para abastecer estos dos servicios, en caso de no ser necesario se tomará el agua de la red general o se buscarán otras alternativas. En los siguientes apartados, se profundizará sobre el proceso de recolección, tratamiento y uso.
- *Red sanitaria con aguas fecales*: se definen como aquellas aguas residuales que contienen material orgánico y microorganismos. Este tipo de agua proviene principalmente de inodoros, lavabos y duchas. Por ello, este tipo de aguas contienen heces, orina y jabón.

Es importante comentar en ese apartado que se va a emplear una red sanitaria separativa. Y, ¿Qué implicaciones tiene esto?, pues que las aguas fecales y las aguas pluviales se conducen por redes diferentes. De esta manera, se evita que las lluvias saturen las plantas de tratamiento, aunque la inversión económica sea más importante.

- *Red PCI*: es una infraestructura hidráulica permanente que distribuye agua a los distintos elementos del sistema de protección contra incendios. Hay que tener en cuenta, que la red de agua con la que se abastecen los sistemas puede ser muy diversa. En los siguientes apartados se analizará, cual es el mejor sistema para abastecer de agua los sistemas. Para ello, también se considerarán todos los tipos de aguas que se ven involucrados en la fábrica.

- *Red de agua de limpieza:* es una red que proporciona agua para operaciones de limpieza de suelos, superficies, equipos y maquinaria. Hay que tener en cuenta, que el agua final, contendrá todo tipo de componentes, tanto componentes químicos, como restos sólidos o jabón.  
Dado que esta red de agua, no tiene que tener características de potabilidad, se evaluará si agua de otros sistemas puede ser empleada en este proceso

En total, sumando todos los tipos de agua de este apartado, junto con los anteriores, hay que evaluar un total de siete tipos de agua diferentes.



*Ilustración 11: Sistema de distribución de agua potable. Fuente: AySA – Sistema de distribución de agua potable. Aysa.com.ar (2020)*

### 7.3 FASE III: LCOE y Eficiencia Energética

En este último apartado se va a hablar sobre el LCOE y la eficiencia energética. Antes de comenzar con los cálculos y con el análisis de los mejores sistemas de eficiencia energética para la fábrica, es necesario definir varios conceptos.

El Levelized Cost of Energy (LCOE), denominado en español, coste nivelado de la energía, es una métrica que permite medir el coste medio de la generación de electricidad a lo largo de la vida útil de un activo energético (Ibm, 2024) Esta métrica permite determinar la viabilidad y la competitividad de un proyecto de generación de electricidad.

Hay que tener en cuenta, que este término tiene en cuenta los costes asociados a la construcción y operación del sistema. Por otra parte, no tiene en cuenta factores clave que pueden influir directamente en la viabilidad económica, como son las fluctuaciones de los precios de la electricidad.

Además, también se tiene el término de eficiencia energética, que se basa en optimizar el uso de la energía. De esta manera, se produce un mayor ahorro económico, un menor impacto ambiental y una mejora de la competitividad debido a los costes operativos (aBEIWordIberdMex, 2023)

#### 7.3.1 Diferencia entre LCOE y LCOG

Como se acaba de comentar el término del LCOE mide el coste por unidad de energía producida. En este proyecto, no se está produciendo energía, sino que lo que se busca es producir un bien.

Esto implica que lo que realmente se busca calcular en este proyecto, es el coste por unidad de producto, y la herramienta que mide este elemento es el LCOG

El cálculo de este elemento es similar al del LCOE, aunque es necesario modificar algún elemento de la fórmula. Para comprender mejor ambas fórmulas, se muestran a continuación las fórmulas de ambas herramientas.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t + O_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

*Ilustración 12: Fórmula cálculo LCOE.. Fuente: propia.*

$$LCOG = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t + O_t + I_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+r)^t}}$$

*Ilustración 13: Fórmula cálculo LCOG. Fuente: propia.*

Como se ve, en ambas fórmulas únicamente se modifica un elemento. Para el LCOE hay el término  $F_t$ , que representa el combustible, mientras que para el LCOG existe el término  $I_t$ , que se refiere al coste de insumos o materia primas.

En el denominador, también se modifica  $E_t$  en el LCOE por  $Q_t$  en el LCOG. En la primera ecuación,  $E_t$  se refiere a la energía generada, mientras que  $Q_t$  habla sobre la cantidad de unidades producidas.

Por otra parte, también hay términos generales en la fórmula. A continuación, se identifica a que corresponde cada término:  $C_t$  (coste de capital),  $O_t$  (coste operativo) y  $r$  (tasa de descuento).

### 7.3.2 Definición de término clave para cálculo: Inversión Inicial

Para poder realizar el cálculo requerido en este apartado, en un primer momento hay que determinar la inversión necesaria para que este proyecto se lleve a cabo.

A continuación, se indica en una tabla todos los elementos fundamentales para que el proyecto se pueda poner en marcha. Además, también se indican todos los elementos necesarios para cumplir con los requerimientos de este apartado.

Concepto	Unidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Compra terreno industrial (m2)	7.200	40	288.000
Construcción nave industrial e instalaciones (m2)	1.000	400	400.000
Equipamiento industrial para producción	1	324.000	324.000
Sistema de recolección, tratamiento y distribución de Agua Pluvial	1	11.500	11.500
Sistema de recolección, tratamiento y distribución de Agua de los dos primeros procesos	1	18.000	18.000
Tanque y sistema de acumulación de Agua Destilada+HCL+Impurezas	1	8.000	8.000
Tanque y sistema de acumulación de Agua de Limpieza	1	5.000	5.000
Proyecto y dirección de obra	1	-	36.200
Licencia de obra y actividad	1	-	3.620
Impuesto construcción ICIO	1	-	28.960
<b>COSTE INVERSIÓN INICIAL</b>			<b>1.123.280</b>

Tabla 15: Coste de inversión inicial. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla, se han añadido todos los elementos necesarios tanto para realizar el sistema productivo como para poder llevar a cabo los sistemas de regeneración de agua y la posible venta de ciertos efluentes de agua.

Es necesario nombrar, que en los sistemas de almacenaje de agua se está teniendo en cuenta todos los sistemas necesarios para que esto ocurra. Es decir, se están teniendo en cuenta las válvulas de bombeo, los filtros, rejillas y sistemas de ventilación y seguridad.

Por primera vez, se introduce que el horizonte temporal de este proyecto va a ser de veinticinco años. Este es un dato fundamental para el cálculo. Dado el valor de la inversión inicial, se ha determinado que para  $t$  mayor que 1, no se va a realizar ninguna inversión significativa.

### 7.3.3 Definición de término clave para cálculo: Producción anual

El segundo término más importante para poder realizar los cálculos es la producción de carbonato cálcico que se espera en los siguientes años. Como se determinó en el apartado de los nuevos insumos, inicialmente se producen anualmente 8.427 T de carbonato cálcico.

Dado que en este proyecto se ha decidido que se va a operar con la misma cantidad de producto anual y con el mismo tipo de insumo, la cifra de 8.227 T permanecerá constante durante los veinticinco años de duración del proyecto.

### 7.3.4 Definición de término clave para cálculo: Coste de operación y mantenimiento

Los costes de operación y mantenimiento son aquellos que se asocian a la producción. Este término está formado por dos tipos de coste, los de explotación y los de personal. A continuación, se muestran unas tablas con el desglose de costes.

Concepto	Unidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Consumo eléctrico anual (kW*h)	97.583	0,1223	13.748
Consumo agua anual (m3)	1.765	1,91	3.355
Coste telecomunicaciones anual	1	1.500	1.500
Coste alcantarillado y depuración anual	1780	1	1.581
Coste transportes anual	1	43.753	43.753
Coste mantenimiento instalaciones anual	1	12.500	12.500
Coste seguridad anual	1	12.000	12.000
<b>COSTE DE EXPLOTACIÓN</b>			<b>88.437</b>

Tabla 16: Coste de explotación anual. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Unidad	Salario bruto	Coste a la empresa
Administrador gerente	1	45000	56.250
Administrativo	1	25000	31.250
1º Operador de planta	1	30.000	37.500
2º Operador de planta	1	30.000	37.500
3º Operador de planta	1	12.375	15.469
1º Transportista	1	28.000	35.000
2º Transportista	1	11.550	14.438
<b>COSTE PERSONAL</b>			<b>227.406</b>

*Tabla 17: Coste de personal. Fuente: Elaboración propia.*

Dado los costes establecidos, se ha determinado que el coste de operación es de **315.843** € anuales.

### 7.3.5 Definición de término clave para cálculo: Tasa de descuento

Dado que se trata de un proyecto industrial, la tasa de descuento que se va a aplicar al proyecto es normal. Hay que tener en cuenta que la tasa de descuento representa la rentabilidad mínima esperada del proyecto para que compense invertir en él, teniendo en cuenta el riesgo y la situación actual.

De esta manera, se ha determinado que la tasa de descuento va a ser del **6%**. Así mismo, también se determina que el proyecto se va a realizar con un **t** igual a **25 años**.



---

## 8. RESULTADOS FINALES DE LOS NUEVOS INSUMOS

Tras la búsqueda y el análisis de toda la información relevante para esta sección, es hora de determinar si es rentable integrar los dos insumos seleccionados al proceso productivo. Aunque no se ha dicho explícitamente, ya se sabe cuáles son los dos insumos seleccionados: Almeja Japónica y Navajas.

Esta sección se va a dividir en varios subapartados. En primer lugar, hay que analizar y detallar cuales es la situación actual de la fábrica (partiendo de los datos del proyecto ya realizado). En segundo lugar, hay que analizar si es necesario modificar de alguna manera el sistema productivo. Y, por último, habrá que analizar si el aumento de costes compensa en comparación con los beneficios, y determinar finalmente la rentabilidad total.

### 8.1 Análisis de la situación actual de la fábrica.

Como ya se ha comentado en reiteradas ocasiones, este proyecto surge de uno ya realizado. En esta sección, se va a dar información clave para este proyecto. Por ello se va a hablar de: localización, sistema de recolección de materia prima y costes clave asociados a la actividad original del sistema productivo.

- Localización

La localización del sistema productivo se encuentra en la parcela adyacente al EDAR Pobra do Caramiñal. Se seleccionó este lugar por varias razones. En primer lugar, se planteó la necesidad de la cercanía a un EDAR para el tratamiento de aguas residuales. Tras llegar a esa conclusión, se intentó buscar una parcela cercana a un EDAR y que a su vez permitiese ahorrar el máximo coste en transporte. Con estas dos ideas claras, se selecciona como mejor localización de la fábrica la parcela adyacente al EDAR Pobra do Caramiñal. Además, algo clave de esta localización es que hay terreno para poder ampliar el sistema productivo.

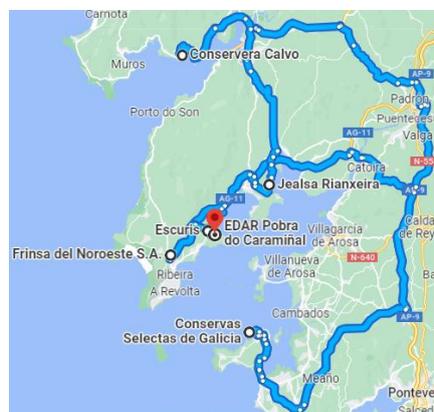
- Sistema de recolección de materia prima

Para el sistema de recolección de materia prima se estableció una ruta, la cual se considera óptima. La ruta es la siguiente: el camión de recogida de materia prima parte del sistema productivo (parcela adyacente al EDAR Pobra do Caramiñal) y se dirige Nauterra. Tras recolectar en la primera parada se dirige a conserveras Bolton. Y lo mismo sigue ocurriendo en el siguiente orden: Jealsa Conservera, Frinsa del Noroeste y Conserveras Escurís. Una vez que finaliza su recolección en la última conservera regresa a la fábrica con toda la materia prima recolectada.

Una vez ya se sabe la ruta que se estableció en el anterior proyecto, es necesario comentar varios aspectos. Para la introducción de estos nuevos insumos, no se va a contar con la conservera Bolton Food, ya que esta empresa únicamente trata un tipo de bivalvo, los mejillones.

Y, ¿Qué sistema de recolección se estableció? Se plantearon varias opciones de recolección: diaria (7 días a la semana), laborables (5 días a la semana) e intercalada (3 días a la semana). Dado el volumen tratado, se seleccionó el sistema de recogida laborable para el proyecto base.

Por otra parte, como el número de kilómetros anuales es inferior 100.000 y que se está hablando de un proyecto innovador, se opta por tener un sistema de renting para los camiones, ya que cubre tanto los gastos de seguro como de mantenimiento.



*Ilustración 14: Ruta a seguir para la recolección de materia prima. Fuente: Google Maps.*

- Costes asociados al proyecto base

A continuación, se van a mostrar los costes importantes del proyecto base. Estos datos serán claves para este proyecto y para analizar la rentabilidad final de introducir los nuevos insumos.

Elementos Clave	Unidad	Coste Anual (€)
Ruta diaria: 7 días semanas (gasóleo + peaje)	-	43.753
Ruta laborable: 5 días semanas (gasóleo + peaje)	-	25.173
Consumo eléctrico anual (kW*h)	84.480	10.332
Salario operador de planta		37.500*
Consumo de agua anual	1.320	2.521
Coste alcantarillado y depuración anual	1.320	1.188

\*lo que le cuesta a la empresa cada operario

Tabla 18: Datos clave del proyecto base para analizar la rentabilidad del nuevo proyecto. Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 Comparativa de composición de los insumos.

Para poder saber si es necesario modificar el sistema productivo es necesario analizar la composición de cada insumo, en comparación con la composición de la valva de mejillón. A continuación, se muestra una tabla donde se muestra la composición de cada elemento:

Componente	Berberecho (%)	Almeja Japónica (%)	Mejillón (%)
Carbonato Cálcico (CaCO <sub>3</sub> )	96	94	95
Magnesio (Mg)	0.1-1	0.2-2	0.2-2
Fósforo (P)	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5
Sodio (Na)	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5
Potasio (K)	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.2
Hierro (Fe)	0.01-0.2	0.01-0.2	0.01-0.2
Silicio (Si)	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1

Tabla 19: Composición de todos los insumos: berberecho, almeja japónica y mejillón. Fuente: Diferencia entre Almejas y Berberechos, Esencia del mar (febrero 2022) & Composición de las conchas de almeja, Diyecobox (agosto, 2024)

Como se puede comprobar con esta simple tabla, la composición de todas las conchas de los diversos seres vivos es muy similar. Esto implica, que el proceso productivo va a ser el mismo para todos los insumos.

Tras llegar a esta conclusión, se están teniendo buenas noticias ya que no es necesario invertir dinero en la modificación del sistema productivo.

### 8.3 Extrapolación de costes con los nuevos insumos.

En este apartado se van a analizar y extrapolar los costes del proyecto base a este nuevo proyecto. Para ello hay que tener claro dos números, la cantidad de materia prima que se trataba en el proyecto base y la que se va a tratar ahora. Toda esta información se muestra en la siguiente tabla:

Concepto	Cantidad (Kg)
Proyecto Base (Mejillón)	6.333.000
Nuevos Insumos (Berberechos + Almeja Japónica)	2.093.855
Nuevo Proyecto (M+B+A)	8.426.855

Tabla 20: Comparativa del producto tratado en el proyecto base con la cantidad tratada en este proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Gracias a esta tabla se puede observar que aumenta la cantidad de entrada de insumos en un 33%. A continuación, se van a analizar los costes en tres grupos: consumos generales, coste de gasóleo más peaje y coste mano de obra.

- Consumos generales

Para este apartado, lo que se va a hacer es lo siguiente. Primero se van a tomar los costes del proyecto base y se va a calcular el coste en €/unidad. Cuando se obtengan estos datos, se extrapolarán a los datos actuales de la nueva fábrica. Para comenzar, se muestran los costes anuales de los consumos generales por unidad.

Elemento	Coste unidad (€/kg)
Consumo eléctrico anual (kW*h)	0,001631454
Consumo de agua anual	0,000398074
Coste alcantarillado y depuración anual	0,000187589

Tabla 21: Gastos en consumos generales por unidad de Kg. Fuente: Elaboración propia.

Ahora con estos datos, ya se puede hacer una extrapolación a los datos de la nueva fábrica. A continuación, se muestra esta extrapolación.

Elemento	Coste total (€)
Consumo eléctrico anual (kW*h)	13.748
Consumo de agua anual	3.355
Coste alcantarillado y depuración anual	1.581

Tabla 22: Coste de los consumos generales con la introducción de los nuevos insumos. Fuente: Elaboración propia.

Estos datos serán empleados más adelante para hacer el cálculo de rentabilidad.

- Consumo de peajes y gasóleo

Antes de comenzar con los cálculos, es necesario determinar el número de veces adicionales que hay que realizar la ruta para recolectar la nueva materia prima. Para ello se muestra la siguiente tabla donde se compara la cantidad de producto recolectado en el proyecto base con el que hay que recolectar ahora:

Concepto	Cantidad (Tn)
Proyecto Base	6.333
Nuevos Insumos	2.094
Proyecto Actual	8.427

Tabla 23: Comparativa entrada de insumos proyecto actual y base. Fuente: Elaboración Propia.

El sistema de recolección en el proyecto base, se basaba en recolectar materia prima todos los días laborables del año. Dado que un año consta de unos 261 días laborable, implica que diariamente el camión recolector recogía 24.300 kilogramos de valva de mejillón. Dado que la ruta se va a mantener igual, se van a calcular el número de días que se necesitarían para recolectar la nueva materia prima (dividiendo la cantidad de materia

prima del proyecto actual entre los que se recoge anualmente del proyecto base). Se obtiene finalmente que son necesario 347 días para la recolección de toda la materia prima necesaria para el sistema productivo. Esto se traduce en que se necesitan 86 rutas adicionales para recolectar todos los elementos.

Dados estos cálculos se va a establecer el siguiente sistema de recolección:

- *Días laborables*: todos los días laborables del año se va a recolectar materia prima (igual que en el proyecto base)
- *Días laborables intercalados*: dos días a la semana se realizará la ruta dos veces, una por la mañana y otra por la tarde.

Esto se resume en que cada semana se realizará la ruta siete veces. Para poder continuar con el coste de gasóleo y peaje es necesario hacer un pequeño cálculo del número de kilómetros que va a recorrer el camión anualmente. Este dato ya se tenía calculado del proyecto base, y se obtienen un total de 93.075 km anuales. Este dato es clave, ya que al no superar los 100.000 km anuales no hay que cambiar el sistema de alquiler del vehículo, lo que evita generar un gasto asociados a dicho cambio.

También se tiene calculado el coste del gasóleo y peaje, que genera esta ruta anualmente. El coste total de **gasóleo más peaje**, asciende hasta los **43.753€ anuales**.

- Gastos en personal

Como se acaba de calcular la cantidad de materia prima tratada aumenta en un 33% respecto el proyecto base. Este porcentaje es el que se va a emplear para hacer el cálculo de horas de personal extra que se necesitan.

Concepto	Coste
3º Operario Fábrica	12.375
2º Transportista	11.550

Tabla 24: Aumento de costes de gastos de personal. Fuente: Elaboración propia.

Con esta tabla ya se tienen todos los costes necesarios, para calcular y analizar la rentabilidad de este nuevo proyecto.

#### 8.4 Análisis de costes por unidad de producto

Todos los costes asociados a la explotación, personal e inversión se muestran en el apartado 8.3 de este documento. Para recordarlos y tenerlos en mente se muestra una tabla resumen con el valor de cada uno de ellos.

Concepto	Coste (€)
Inversión	1.123.280
Explotación (anual)	88.437
Personal (anual)	227.406

*Tabla 25: Resumen de costes del proyecto. Fuente: Elaboración propia.*

Hay que hablar sobre un aspecto fundamental, la amortización. Se establece, igual que el proyecto base, que la amortización se realiza en ocho años, siendo el coste anual entonces de **140.410 €**

Para saber si con este proyecto aumentan o disminuyen los costes respecto al número de unidades producidas, se muestra la siguiente tabla.

Elemento	Tn producto final	Coste anual	Coste (€/tn)
Proyecto Base	5.573	397.812	71
Proyecto Actual	7.474	456.253	61

*Tabla 26: Comparativa del coste por tonelada en ambos proyectos. Fuente: Elaboración Propia.*

Con esta tabla, ya se tiene respuesta a si la entrada de nuevos insumos resulta rentable o no. Dado que el coste por tonelada disminuye, se afirma que la introducción de estas nuevas materias primas resulta rentable y disminuye el coste por unidad producida.



## 9. SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA

El proceso productivo para la limpieza y el acondicionamiento de las conchas, desde la recepción hasta su almacenamiento para la venta, genera distintas redes de agua. A continuación, se identifican todas las redes de agua: Agua+Sólido1 (agua que contiene restos orgánicos), Agua+Peróxido+Sólidos, AguaDestilada+HCL+Impurezas, Aguapluvial, Agua sanitaria, Agua de la red PCI, y Agua de limpieza.

Para analizar la viabilidad de reutilizar estos tipos de agua dentro del proceso productivo o en diversos servicios auxiliares hay que tener en cuenta el Reglamento de Reutilización del Agua, que se determina en el Real Decreto 1085/2024, y está en vigor desde octubre de 2024. Este reglamento determina los usos permitidos y prohibidos de aguas reutilizadas, así como los requisitos de calidad según el uso que se le quiere dar. Básicamente, establece un marco normativo par el uso seguro de aguas regeneradas en España.

A continuación, se analiza cada tipo de agua por separado, identificando su potencial de reutilización conforme a la normativa vigente, el tratamiento requerido para lograr la calidad necesaria, los posibles usos en el proceso productivo o servicios auxiliares de la fábrica. Además, también se determinará cual es el diseño más sostenible y viable técnicamente.



Ilustración 15: Tipos de reutilización del agua. Fuente: Reutilización de agua – CGM Ingeniería (2023)

## 9.1 Análisis Agua+Sólido1

Esta agua corresponde con el agua empleada en el prelavado inicial del sistema productivo. Se rocían las conchas de los moluscos con agua a presión para eliminar y arrastrar de las conchas los sólidos más importantes y voluminosos, como pueden ser arena o restos orgánicos.

Como resultado final, se obtiene agua con alta turbidez, con sólidos en suspensión y materia orgánica.

### 9.1.1 Análisis tratamiento: Agua+Sólido1

Como se acaba de comentar, el agua final de este proceso contiene una alta carga orgánica, lo que indica que se necesita un tratamiento completo antes de la reutilización. A continuación, se detalla el proceso para obtener un agua que se pueda reutilizar.

En primer lugar, es necesario realizar un pretratamiento físico para eliminar los sólidos gruesos y sedimentos. Para ello se empleará un sistema de rejillas y tamices, que permitirá retener pequeñas conchas y residuos.

En segundo lugar, se empleará un decantador primario, para separar arena y sólidos pesados. En la siguiente imagen, se muestra un ejemplo de este tipo de aparatos.



*Ilustración 16: Decantador primario. Fuente: Synertech (2023)*

---

Antes de la etapa final, es necesario incluir una etapa de filtrado, donde se empleará un filtro de carburo de silicio, para evitar introducir micro plásticos en el sistema. Y, por último, se aplicará un sistema de desinfección, mediante radiación UV, para alcanzar el nivel microbiológico requerido.

Con todas estas etapas, el agua alcanza un nivel de calidad adecuado. Además, como no se han añadido en este proceso ningún elemento químico difícil de sustraer, con este sistema se cumplirán los procesos físico-químicos.

### *9.1.2 Reutilización y marco legal: Agua+Sólido1*

Tras el tratamiento descrito en el anterior apartado, esta agua se puede clasificar como agua regenerada para uso industrial. Es decir, el Reglamento 1085/2024, permite su reutilización para usos industriales, siempre y cuando el agua se encuentre dentro de los parámetros de calidad.

Por ejemplo, la calidad del agua tiene que cumplir que el E.coli sea menor o igual a 1000 UFC/100mL.

Con este análisis, se puede afirmar, que con este proceso de tratamiento y cumpliendo los estándares de calidad, es posible reutilizar el agua del prelavado.

### *9.1.3 Posibles usos: Agua+Sólido1*

El agua regenerada se puede emplear en diversos puntos del proceso productivo. En primer lugar, se puede emplear de nuevo para el prelavado, generando así un circuito cerrado. Además, esto tiene un beneficio ya que en las etapas iniciales las exigencias de calidad del agua son menores que en el resto.

---

Por otra parte, esta agua también se podría emplear para el sistema de limpieza de suelos y equipos, siempre y cuando no se vea involucrado ningún equipo o maquinaria que trata el producto de valor.

Y, por último, otro uso posible sería el empleo en los lavabos de la fábrica. De esta manera, se sustituiría, el uso de agua potable en las descargas de los inodoros.

#### *9.1.4 Almacenamiento y gestión: Agua+Sólido*

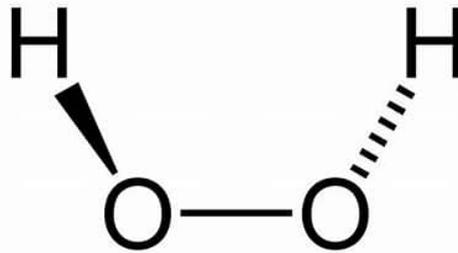
La generación de este tipo de agua depende directamente de la producción. Además, los usos planteados del agua regenerada no suponen la necesidad de un suministro continuo. De esta manera, se considera que la mejor opción es un sistema de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento tiene que cumplir así mismo con unos parámetros. Ha de estar cubierto y tiene que contar con sistemas de homogenización y recircularización. Además, contará con un sistema de control de nivel y bomba adecuado.

#### *9.2 Análisis Agua+Peróxido+Sólidos*

La combinación de agua con estos elementos se obtiene después de que las conchas sean lavadas con una disolución de agua y peróxido de hidrógeno. Este componente químico se caracteriza por su similitud a la lejía. Dado que este componente es más sostenible, se considera que esta agua es más sostenible.

El peróxido de hidrógeno se emplea para eliminar la materia orgánica que queda pegada a las conchas y también para desinfectar a las mismas.



*Ilustración 17: Fórmula química del peróxido de hidrógeno. Fuente: Peróxido de hidrógeno (H2O2), (2017)*

### 9.2.1 Análisis tratamiento: Agua+Peróxido+Sólidos

La composición de esta agua es similar a la de Agua+Sólido1, lo único que se modifica es la presencia de peróxido y que los sólidos que se extraen con la disolución son menores y de menor tamaño.

Esto implica que el proceso es muy similar, lo que permitirá reutilizar sistemas del apartado anterior para el tratamiento de la nueva agua generada.

En un primer momento, se hace pasar la disolución+sólido por un sistema de filtrado, recordando que los filtros a emplear tienen que ser de carburo de silicio. Filtrada la disolución, hay que tener en cuenta que el peróxido de hidrógeno se descompone rápidamente, ya que este se convierte en oxígeno.

Para estar seguros, de que todo el peróxido de hidrógeno ha sido expulsado, el agua se guardará en un tanque en el que tendrá que permanecer una hora y media, antes de volver a ser empleada.

Llegado a este punto, esta agua se puede unir al proceso de regeneración del Agua+Sólido1 en la etapa de decantación primaria.

---

### 9.2.2 *Reutilización y marco legal: Agua+Peróxido+Sólidos*

Como se acaba de ver, llegado cierto punto en el proceso de limpieza de este tipo de agua, el proceso sigue los mismos pasos que en el tratamiento del Agua+Sólido<sup>1</sup>. Esto implica, que el agua obtenida tras el proceso de regeneración cumple con la normativa para ser regenerada.

### 9.2.3 *Posibles usos: Agua+Peróxido+Sólidos*

Las aplicaciones son idénticas a las del agua del prelavado. Se puede dedicar el agua para realizar la misma tarea que realizó con anterioridad, se puede emplear para el prelavado, como elemento de limpieza o como agua para los lavabos.

### 9.2.4 *Almacenamiento y gestión: Agua+Peróxido+Sólidos*

El almacenamiento se realizará en el mismo tanque que el agua del prelavado. De esta manera ambos procesos del sistema productivo podrán tomar agua reutilizada del mismo tanque siempre que sea necesario.

## 9.3 *Análisis AguaDestilada+HCL+Impurezas*

Con esta etapa se quiere eliminar todos los componentes que no sean carbonato cálcico de la composición del producto. Es decir, se pretenden eliminar ciertos metales como el Magnesio o Aluminio, y dar una limpieza final en profundidad al producto. Por lo tanto, esta agua está compuesta de HCL e impurezas diversas disueltas.

### 9.3.1 Análisis tratamiento: AguaDestilada+HCL+Impurezas

Hay que tener en cuenta que el agua que resulta de este proceso industrial tiene una composición salina y ácida. Dado que el factor del ácido es algo crítico, y neutralizarlo es un sistema complejo y costoso, no compensa para este proyecto intentar reutilizar el agua de este sistema.

En caso, de tener un sistema productivo más grande, donde se tratase mayor cantidad de materia prima, sería interesante analizar la posible reutilización de este producto. Con los medios actuales, no compensa.

### 9.4 Análisis Agua Pluvial

Dentro de esta categoría se agrupa el agua que se recolecta de la lluvia. Esta se recolecta de techos y patios de la instalación. Hay que tener en cuenta que el origen de esta agua proviene de un ambiente limpio. Pero, también hay que considerar que esta agua contiene polvo, hojas o excrementos de aves.



*Ilustración 18: Tanque para la acumulación de agua pluviales. Fuente: Europlast (s.f)*

#### *9.4.1 Análisis tratamiento: Agua Pluvial*

El tratamiento de esta agua es muy sencillo. En un primer momento, antes de introducir el agua en un tanque, esta tiene que pasar por una malla que evita que hojas u otros elementos sólidos se introduzcan en el tanque.

Dado que se quiere evitar que dentro del tanque crezcan algas, dicho tanque debe de ser opaco a la luz. Además, como se comentó en la descripción de este tipo de agua, el agua de este sistema contiene otros residuos como polvo. Estos residuos se acumulan en la parte inferior del tanque.

En caso de que este tipo de agua se quiera emplear para sistemas donde pueda haber contacto humano, es necesario realizar una serie de pasos adicionales a esta agua. Hay que añadir una etapa de filtración con carbón activo, para evitar malos olores o mal color del agua, y también se recomienda realizar una desinfección ligera con radiación UV, para garantizar la seguridad del agua.

#### *9.4.2 Reutilización y marco legal: Agua Pluvial*

Aunque este tipo de agua no está regulada por en RD 1085/2024, es un sistema ampliamente fomentado y empleado para reducir el consumo hídrico de una empresa o una vivienda.

Esta técnica si aparece plasmada en la Ley de Aguas de España, que permite el aprovechamiento del agua pluvial.

#### *9.4.3 Posibles usos: Agua Pluvial*

---

Se puede emplear tanto para abastecer el agua de los inodoros, limpieza de suelos y maquinaria, y se puede incluso emplear para la etapa de prelavado de conchas. Aunque pueda sorprender el uso en la etapa de prelavado, hay que tener en cuenta que el agua obtenida es baja en sólidos disueltos y tiene menos residuos que las aguas duras.

### 9.5 Análisis Agua Sanitaria con restos fecales

Dentro de este tipo de aguas, se agrupan tanto las aguas fecales como las aguas grises. Se denominan aguas grises a aquellas que provienen de los lavabos y de las duchas. Como os podéis imaginar, hay una alta carga microbiológica en estas aguas, como también materia orgánica, sólidos y papel.

Aunque su caudal es mínimo, en comparación con el caudal empleado en el sistema industrial, su tratamiento es muy importante para la salud humana.

#### 9.5.1 *Análisis tratamiento: Agua Sanitaria con restos fecales*

Como se acaba de comentar, el caudal de este tipo de aguas es mínimo. Además, el sistema de regeneración es muy complejo y costoso. Considerando esos dos factores, y que este tipo de agua, con residuos sólidos y con papel se puede verter al sistema general de alcantarillado sin ningún tratamiento previo, se determina que este tipo de agua no va a sufrir ningún tipo de regeneración.

## 9.6 Análisis Agua PCI

Cuando se habla en este trabajo sobre el análisis del agua del PCI, se está hablando de si algún tipo de agua que se emplea en el sistema productivo se pudiese emplear para los hidrantes o rociadores de la red de protección contra incendios.

Hay que tener en cuenta que la ley de protección contra incendios que hay que cumplir en una fábrica industrial es muy compleja. Aunque es verdad, que se podría intentar emplear agua reutilizada para este proceso, es mejor emplear agua potable y completamente limpia que se extrae directamente del sistema general de alimentación.

## 9.7 Análisis Agua de limpieza

El agua de limpieza es la que se obtiene después de la limpieza general de la planta, incluye tanto la limpieza de suelos, paredes, maquinaria y utensilios. Para poder limpiar correctamente y en profundidad todos los elementos nombrados, el agua se mezcla con desinfectantes. Por lo tanto, el agua resultante de la limpieza contiene suciedad, desinfectantes y cualquier resto de elemento orgánico o químico que se haya empleado en el sistema productivo.

Es verdad, que este tipo de agua se puede reutilizar, pero como podéis ver habría que eliminar un gran número de componentes, lo que implicaría realizar un gran número de etapas y de procesos para poder obtener un agua que se pudiese reutilizar.

Finalmente se determina, que el agua final obtenida tras la limpieza no se puede reutilizar dentro del sistema productivo de la fábrica. De todas formas, se intentará buscar una segunda vida a este efluente de agua.

## 9.8 Resumen de los tipos de agua y sitios en los que se puede reutilizar

A Continuación, se muestra una tabla con los distintos tipos de aguas analizadas y en qué elementos se puede reutilizar

Tipo	Prelavado	Limpieza	Inodoros	Peróxido
Agua+Sólido1	X	X	X	X
Agua+Peróxido+Sólido	X	X	X	X
AguaDestilada+HCL+Impurezas				
Pluvial	X	X	X	X
Sanitaria con agua fecales				
PCI				
Limpieza				

Tabla 27: Resumen de posibles usos del agua del proceso industrial. Fuente: propia.

Con este resumen ya se sabe en qué procesos se puede reutilizar las aguas reutilizables y cuáles son las aguas reutilizables.

Llegado este punto, solo queda determinar cuáles son las redes de reutilización y cuáles son los tipos de agua que se agrupan bajo esa red. Esto se analiza en el siguiente apartado.

## 9.9 Selección final de redes de reutilización

Dadas las características explicadas a lo largo del apartado diez, va a haber dos redes de regeneración en la fábrica:

- *Red de los primeros dos procesos:* tras tratar el agua de los dos primeros procesos esta se almacenará en un depósito. Hay que tener en cuenta que el tratamiento del segundo tipo del agua del sistema productivo tenía unos pasos extras respecto el primero. Una vez se finalicen estos pasos extra, el proceso de reutilización del agua es el mismo.

El agua acumulada regenerada, se podrá emplear tanto para el sistema de prelavado como para el sistema de lavado con peróxido. El uso dependerá de la demanda del sistema productivo. Además, esta agua también se va a poder emplear, en caso de que sea necesario, para los sistemas de lavabos e inodoros.

De esta manera, se cuenta con un sistema de regeneración y reutilización del agua que se genera en los dos primeros pasos del sistema industrial.

- *Red de aguas pluviales:* se ha determinado que el agua que se recolecta de la lluvia se dedicará tanto para la limpieza de la fábrica como para recargar las cisternas de los inodoros.

Como el sistema de baños, requiere un caudal muy pequeño, el resto del agua se empleará para limpiar la fábrica y todos los elementos del sistema productivo.

Es necesario comentar, que si el agua regenerada se quiere emplear para los lavabos de los cuartos de baño es necesario tratar el agua con hipoclorito de óxido. En este caso, el agua no será apta para el consumo humano, pero se podrá emplear para la limpieza de manos, por ejemplo.

Cabe decir, que en el caso de que el agua que almacenada no sea suficiente para cubrir la demanda de la fábrica, por temas de picos de trabajo o por evaporación de la misma, el sistema empleará agua potable de la red general de suministros.

Pero llegado este punto, surge una nueva pregunta. Y, ¿si en vez de verter el agua al sistema de agua residuales, esta se aprovecha para otros procesos e industrias? Y así, se abre un nuevo apartado sobre la gestión de aguas residuales y su segunda vida.

---

## 10. GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y SEGUNDA VIDA

Como se ha comentado en la sección anterior, hay agua que no se regenera en el sistema productivo. Y con ello surge una nueva pregunta, y ¿si en vez de verterla a la red, se plantea un sistema de recolección y búsqueda de una segunda vida a los diversos tipos de agua? En este apartado se analizará el sistema de recolección de agua, posibles industrias que puedan demandar este tipo de agua y como se distribuye el agua a las diversas industrias.

Antes de comenzar con el análisis de este tipo de agua, es importante recordar los tipos de agua sobre los que se va a hablar en este apartado: agua de limpieza de la fábrica y AguaDestilada+HCL+Impurezas. Además, hay que tener en cuenta que los tipos de agua se van a almacenar en distintos depósitos, ya que de esta manera será más fácil la reutilización y venta de las mismas.

### 10.1 Gestión de AguaDestilada+HCL+Impurezas

El agua que se va a analizar en este apartado está compuesta por ácido clorhídrico, agua destilada, polvo de concha de mejillón, magnesio y aluminio, entre otras impurezas. En resumen, se está hablando de un efluente ácido y salino, que no se reutiliza en el sistema productivo por su alto coste y complejidad.

Dado que el sistema productivo funciona ocho horas al día, durante cinco días a la semana, el consumo diario de este tipo de agua es de 1,2 metros cúbicos al día.

---

*10.1.1 Análisis del tanque de almacenamiento para AguaDestilada+HCL+Impurezas*

Como se acaba de comentar, se generan 1,2 metros cúbicos de este tipo de agua al día. Dado que el sistema de recolección de este tipo de agua se va a realizar empleando una cisterna de 20.000 litros, es necesario tener en la fábrica un tanque de una capacidad de 20 metros cúbicos. Se establece un sistema de recolección cada 15 días laborables, para evitar un sobrellenado del tanque. De todas formas, el sistema contará con sensores que controlen el nivel, y que permitan tener siempre al menos un 10% del volumen libre.

Dado que la legislación establece que no se pueden acumular residuos peligrosos durante más de seis meses, se estaría cumpliendo con esta norma.

El tanque que se ha de instalar debe de ser cilíndrico y de posición vertical. Ha de estar instalado a nivel de suelo sobre una pequeña alza, para que sea más sencilla la inspección y la extracción de los sólidos que se acumulan en la parte inferior del cilindro. El tanque ha de ser de plástico, ya que ofrece alta resistencia frente a componentes ácidos y corrosivos.

A continuación, se detallan las características del tanque. El tanque ha de ser de polietileno, ya que es un material que presenta alta resistencia al ácido clorhídrico en temperatura ambiente, y ha de ser estanco y cerrado. Además, el tanque va a estar localizado en el interior de la fábrica, evitando así que el tanque tenga que estar preparado para los rayos UV.

*10.1.2 Sistema de recolección de AguaDestilada+HCL+Impurezas*

Como se acaba de determinar en el apartado anterior, la recolección de este tipo de residuos se realiza cada 15 días. El número de días se ha determinado en función de la capacidad del tanque de recolección y del consumo de agua diario.

---

Para evitar que el tanque se desborde, o exista algún tipo de problema adicional, se ha determinado la recolección se realizará una vez cada dos viernes (dos veces al mes, aproximadamente).

### *10.1.3 Posibles usos de AguaDestilada+HCL+Impurezas*

El tipo de agua que se está analizando en este apartado se caracteriza por su acidez y su salinidad. Se está hablando de una disolución muy compleja que contiene un gran número de componentes.

Un elemento clave que se puede intentar recuperar de esta disolución es el HCL. Una posible empresa interesada en esta disolución es *Condrochem Enviro Solutions*, que busca la recuperación del ácido clorhídrico que se encuentra presente en diversas disoluciones (*Recuperación de Ácidos y Zinc En Licores de Decapado*, s. f.)

También, se podría vender este producto a la empresa *Ecros*, que produce y distribuye HCL, entre otros componentes (*Ácido Clorhídrico*, 2024)

Es necesario comentar, que la separación de los componentes de esta disolución es muy compleja, debido a la mezcla de productos químicos de componente ácido con elementos de alta salinidad. Lo más probable es que las cantidades en las que se encuentre el HCL en la disolución no sea suficientemente pura para poder ser reutilizada para otras industrias. Es decir, lo más probable es que este efluente no se pueda reutilizar y tenga que ser retirado por una empresa especializada.

Por otra parte, actualmente se están potenciando tanto en España como en la Unión Europea, centros de investigación que buscan la valorización de productos o disoluciones que se consideran residuos. De esta manera se tiene otra oportunidad de busca una segunda vida a este efluente. Además, todos estos proyectos se pueden beneficiar de fondos de la Unión Europea o de subvenciones, como los Fondos Next Generation.

## 10.2 Gestión de Agua de Limpieza

Se denomina Agua de Limpieza, al agua que se emplea para limpiar toda la fábrica, incluyendo los suelos, así como todas las máquinas que se ven involucradas en el sistema productivo. Debido a que este tipo de agua se emplea a lo largo de todo el proceso productivo, va a contener trazas de todos los productos que se empleen. La buena noticia es que las cantidades en las que se van a encontrar los diversos componentes, son mínimas y se encuentran muy diluidas.

### *10.2.1 Análisis del tanque de almacenamiento para Agua de Limpieza*

Se ha determinado que el consumo diario de este tipo de agua es de 5,5 metros cúbicos al año. Teniendo en cuenta que se quiere dimensionar un tanque suficientemente grande para disminuir el número de transportes, y que hay que tener un límite de seguridad del 10% por si se produce algún fallo logístico, se ha determinado que el tamaño del tanque ha de ser de 35 metros cúbicos.

Con este tamaño de tanque, se cubre la cantidad de Agua de Limpieza que se genera en una semana. Hay que remarcar, que ningún efluente que busca poder tener una segunda vida se puede mezclar con otro. Además, a diferencia del efluente de AguaDestilada+HCL+Impurezas, este efluente no se considera peligroso, lo que genera que sea un producto más sencillo de transportar y tratar.

La geometría del tanque se ha determinado que ha de ser cónica, para que se acumulen todos los restos sólidos en la parte inferior del cono. Con esta forma, se facilita la extracción y purga de los elementos sólidos. El tanque ha de ser de plástico, y se recomienda emplear un tanque de polietileno de alta densidad (HDFE). Por otra parte, el tanque ha de ser estanco y cerrado, para evitar que entre ningún producto en el interior del tanque.

### *10.2.2 Sistema de recolección de Agua de Limpieza*

Ya se ha determinado que el consumo diario de este tipo de agua es de 5,5 metros cúbicos. Esto implica la necesidad de tener en la fábrica un tanque de 35 metros cúbicos. Con estas dos cifras se determina que la recolección de este tipo de efluente se realiza una vez a la semana empleando un camión con cisterna. Se determina, que todos los viernes se ha de retirar este efluente de la fábrica.

### *11.2.3 Posibles usos del Agua de Limpieza*

Dadas las características de este tipo de agua, y su contenido de carbonato cálcico, se podría emplear como elemento de la industria cementera o de materiales de construcción, gracias a su alta resistencia.

Es verdad que no se puede establecer un comprador concreto de este tipo de efluente, pero si se pueden valorar distintas alianzas con gestoras de valorización y con centros de investigación. El proyecto en su totalidad es un proyecto innovador, desde cómo se reutiliza un residuo hasta la valorización de productos del propio sistema productivo. Por ello, se podría buscar el apoyo de centros tecnológicos para buscar una segunda vida a este sub producto generado en la fábrica.



*Ilustración 19: El reciclaje del agua como única solución sostenible. Fuente: Teamb.com (s.f)*



## 11. CÁLCULO FINAL DEL LCOE

Tras realizar los cálculos, empleando las tablas de datos y el horizonte a 25 años, se ha obtenido un coste medio de **50,01 €/tonelada**. Este dato indica que, si el producto se vende por encima de ese valor, el proyecto es rentable y genera beneficios.

Para realizar este cálculo se han tenido en cuenta los siguientes costes: inversión inicial, costes de operación y mantenimiento, que la producción permanece constante durante 25 años y que la tasa de descuento es del 6%.

Para poder saber si nuestro producto es competitivo, hay que analizar el precio de venta del carbonato cálcico hoy en día. El precio de venta en el mercado español del carbonato cálcico es de 105 €/tonelada. Con este dato, ya se sabe que este proyecto resulta rentable, ya que hay margen para obtener beneficio y para ser competitivo en este mercado.



*Ilustración 20: Carbonato cálcico. Fuente: lifeder.com (2020)*



## 12. CONCLUSIONES

Como se ha venido demostrando a lo largo del proyecto, la reutilización de conchas de mejillón de la industria conservera gallega no solo es viable, sino que también genera beneficios desde el punto de vista económico, medioambiental y social, tal y como se describió en los objetivos. Respecto al proyecto base, se amplía el enfoque para valorar la inclusión de nuevos bivalvos al sistema productivo. Para dicho análisis se tuvieron en cuenta diversos aspectos como la composición química y la disponibilidad de esos bivalvos en las conserveras gallegas.

Todos los resultados obtenidos a lo largo de este proyecto afirman que es rentable y beneficioso añadir nuevos insumos al sistema productivo a parte de la concha de mejillón. Es beneficioso ya que tener mayor variedad de materia prima permite que el proyecto tenga un menor riesgo, ya que disminuye las oscilaciones naturales generadas por las capturas anuales y disminuye la posibilidad de un desabastecimiento de materia prima. Por otra parte, la inclusión de nuevas materias prima no solo genera que el proyecto continúe siendo rentable, sino que permite una mejor optimización de recursos. Esto se justifica con la disminución de costes por tonelada de carbonato cálcico producido, lo que contribuye hacia un modelo industrial más sostenible.

Para la producción del carbonato cálcico a partir de conchas de mejillón es necesario emplear una gran cantidad de agua y energía. Por ello, se planteó la posibilidad de la reutilización del agua de las instalaciones y del sistema productivo. Como paso previo a la reutilización, fue necesario realizar una caracterización del agua. Gracias a este paso se detectaron los diversos efluentes de agua y los diversos sistemas y tecnologías necesarias para su reutilización.

Dado que la rentabilidad es un factor muy importante en este proyecto, también se quiso analizar el LCOE. Realmente, no se calculó este término ya que lo que se está produciendo en la fábrica no es energía sino un bien. De todas maneras, se obtuvo que

---

los costes por unidad producida permitían que el proyecto fuese rentable y que se pudiesen obtener beneficios.

El proyecto que se trata en este documento es innovador, ya que crea valor de un producto que se considera un residuo. Es un proyecto que busca la sostenibilidad industrial y nuevas líneas de negocio basadas en la eficiencia, economía circular y el aprovechamiento de residuos. Por todo ello, este proyecto ha cumplido con varios ODS, ya que contribuye a conseguir las metas de acceso a agua limpia, trabajo decente o acción por el clima, entre otros.

Con este proyecto no solo se ha comprobado que introducir nuevas materias primas al sistema productivo resulta rentable, si no que esta medida tiene efectos muy positivos en varios sectores: reduce el coste por unidad producida, reduce el impacto medioambiental y contribuye al desarrollo de un modelo económico más sostenible. Es decir, este proyecto se presenta como un claro ejemplo de que la ingeniería puede ofrecer soluciones reales y rentables a los desafíos de este siglo.

---

### 13. PRÓXIMOS PASOS

Tras la finalización de este proyecto, se pueden identificar nuevas vías de investigación o apartados sobre los que se podría profundizar para tener un proyecto y sistema productivo más rentable, eficiente y sostenible.

En primer lugar, se podría seguir analizando la posibilidad de añadir aún más insumos al sistema productivo. También, se puede plantear la recolección de bivalvos de un mayor número de conserveras o incluso se plantea la idea de que la materia prima provenga de industrias que se encuentran fuera de las fronteras gallegas. A mayores, también se puede analizar el uso de nuevas materias primas que no provengan de las conserveras, como es el caso de las cascaras de huevo (tienen un alto contenido en carbonato cálcico).

En segundo lugar, se recomienda continuar con la caracterización del agua y buscar nuevas técnicas para la reutilización de las diversas corrientes de agua. Aunque en el proyecto ya se plantean varios sistemas de regeneración, se podría analizar el uso de tecnologías más avanzadas que permitan aumentar la calidad del agua regenerada, permitiendo así que esta se pueda usar en un mayor número de procesos.

Por otra parte, se considera realmente importante reducir al máximo la huella de carbono del sistema productivo y sus derivados. Por ejemplo, se podrían buscar sistemas para el transporte de la materia prima y las cisternas de agua que sean más sostenible.

Otro factor importante, son los posibles clientes de los efluentes del agua. En este proyecto se nombra que ciertos efluentes de agua se pueden vender y reutilizar. Para buscar un sector y potenciales clientes es necesario realizar un estudio en profundidad sobre la composición y preparar el producto específicamente para ese cliente.

En definitiva, los próximos pasos buscan consolidar esta iniciativa como un modelo replicable de innovación sostenible. Además, buscan posicionar a Galicia como un referente en la valorización de residuos.



---

## BIBLIOGRAGÍA

Condorchem Enviro Solutions. (s. f.). *Recuperación de ácidos y zinc en licores de decapado*.

<https://condorchem.com/es/recuperacion-acidos-decapado/#:~:text=Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20plantas,zinc%2C%20%C3%A1cidos%20y%20sulfato%20ferroso>

Diyecobox. (s. f.). *Composición de las conchas de almeja: de qué están hechas - Envases ecológicos para alimentos*. <https://www.diyecobox.com>

Ercros. (2024, 19 abril). *Ácido clorhídrico*. <https://www.ercros.es/es/productos/cartera-de-productos/acido-clorhidrico#:~:text=%C3%81cido%20clorh%C3%ADrico%20,floculante%20del%20agua%20de%20piscinas>

Iberdrola México. (2023, 12 septiembre). *¿Qué sabes sobre la eficiencia energética?* <https://www.iberdrolamexico.com/te-interesa/que-sabes-sobre-la-eficiencia-energetica/#:~:text=Se%20trata%20de%20hacer%20m%C3%A1s%20con%20menos%20energ%C3%ADa>

IBM. (2024, 16 octubre). *Coste nivelado de la energía (LCOE)*. *¿Qué es el coste nivelado de la energía (LCOE)?* <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/levelized-cost-of-energy>

Jealsa. (s. f.). *Jealsa Corporación - Haciendo Galicia: la cumbre del sector conservero*. <https://www.jealsa.com>

Jealsa. (s. f.). *Jealsa, el imperio conservero gallego que extrae sus beneficios del viento*. *El País*. <https://elpais.com>

La Xunta de Galicia. (2023, 29 diciembre). *ORDEN de 21 de diciembre de 2023 por la que se aprueba el Plan general de explotación marisquera para el trienio 2024-2026*. *Diario Oficial de Galicia*, (DOG 246). <https://www.xunta.gal/diario-oficial-galicia>

---

La Xunta de Galicia. (s. f.). *La Consellería del Mar entrega más de 500.000 unidades de semilla de almeja babosa procedente del IGAFa a la cofradía de Camariñas.* <https://www.xunta.gal>

La Xunta de Galicia. (s. f.). *La Xunta entrega más de 2.500 unidades de semilla de navaja a la cofradía de pescadores de Ribeira para los bancos de Touro y Coroso.* <https://www.xunta.gal>

La Xunta de Galicia. (s. f.). *El Plan Estratégico de la Conserva de Galicia 2022-2030 apuesta por impulsar la internacionalización y la innovación en el sector.* <https://www.xunta.gal>

Negocios. (s. f.). *El trono de la conserva en Galicia: Jealsa lidera en ventas, Frinsa por beneficios y Calvo reina con marca propia.* <https://elpais.com>

Plan Estratégico da Conserva. (2022). *Plan Estratégico da Conserva de Galicia 2022-2030.* Xunta de Galicia. <https://www.xunta.gal>

Spanish fishers in Galicia report ‘catastrophic’ collapse in shellfish stocks. (s. f.). *The Guardian.* <https://www.theguardian.com>

Tienda Online Oficial | Frinsa. (s. f.). *Conservas Gallegas y Otros Productos.* <https://www.frinsa.es>

Xunta de Galicia. (s. f.). *En Galicia, el Plan Estratégico de la Conserva 2022-2030 reforzará la capacidad exportadora del sector.* Empresa Exterior. <https://www.empresaexterior.com>

Xunta de Galicia. (s. f.). *Datos xerais de pesca fresca de bivalvos no 2023.* <https://www.xunta.gal>