



Universidad de Valladolid

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

**PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE
PANES SIN GLUTEN MEDIANTE EL DESARROLLO E
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO
DESTINADO AL CONTROL DE CALIDAD DE
HARINAS Y MASAS EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN.**

Alumna: Silvia De Pablo González

Tutor: Manuel Gómez Pellarés

SEPTIEMBRE 2025

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I. MEMORIA

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO I. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO II. DESARROLLO TÉCNICO DEL PROTOCOLO

ANEJO III. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

ANEJO IV. INGENIERÍA DEL PROYECTO

ANEJO V. ESTUDIO DE MERCADO

ANEJO VI. ESTUDIO ECONÓMICO

DOCUMENTO II. PLANOS

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES



Universidad de Valladolid

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS**

**PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE
PANES SIN GLUTEN MEDIANTE EL DESARROLLO E
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO
DESTINADO AL CONTROL DE CALIDAD DE
HARINAS Y MASAS EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN.**

DOCUMENTO I. MEMORIA

Alumna: Silvia De Pablo González

Tutor: Manuel Gómez Pallarés

SEPTIEMBRE 2025

DOCUMENTO I.

MEMORIA

DOCUMENTO I. MEMORIA

1.	Introducción	1
1.1.	Panes sin gluten.	1
2.	Antecedentes	2
3.	Situación actual	2
3.1.	Situación actual del sector	2
3.2.	Situación actual de la industria	3
4.	Objetivos del Proyecto	4
4.1.	Objetivo general	4
4.2.	Objetivos específicos	4
5.	Condicionantes del proyecto	4
5.1.	Condicionantes del promotor	4
5.2.	Condicionantes socioeconómicos	5
5.3.	Condicionantes legales	5
6.	Estudio de alternativas	6
7.	Presentación del protocolo de análisis de harinas y masas sin gluten.	7
7.1.	El Farinógrafo.	7
7.2.	El protocolo	8
8.	Ingeniería del proyecto	8
8.1.	Proceso productivo	8
8.1.1.	Materias primas y auxiliares	8
8.1.2.	Descripción del proceso productivo	9
8.2.	Programación del proceso	10
8.3.	Especificaciones de la maquinaria	11
8.4.	Necesidades de personal	12
8.5.	Dimensionamiento y distribución en planta de las áreas funcionales.	13

9.	Estudio económico.....	14
9.1.	Costes del proyecto.....	14
9.1.1.	Inversión inicial.....	15
9.1.2.	Costes fijos.....	15
9.1.3.	Costes variables.....	16
9.2.	Ingresos	17
9.3.	Análisis de rentabilidad económica	17
10.	Conclusiones	19

1. Introducción

El presente proyecto se enmarca en la industria panadera, específicamente en la producción de panes sin gluten, y está orientado a satisfacer la creciente demanda que, los productos sin gluten en general han experimentado en las últimas décadas por diversas razones.

Debido a este incremento, muchas industrias de panificación buscan añadir nuevas líneas de producción destinadas a la producción de este grupo específico de alimentos. Sin embargo, la producción de panes sin gluten supone multitud de dificultades para las industrias, como el difícil manejo de este tipo de masas, más pegajosas, o la falta de regularidad de las elaboraciones provocadas por la variabilidad de las harinas y otras materias primas con las que se elaboran los panes.

Por este motivo, se lleva a cabo este proyecto, con el que se busca desarrollar un protocolo que permita estudiar la calidad de las masas de panes sin gluten y diseñar una planta de producción donde se implemente este protocolo con el objetivo de mejorar la producción y estudiar la viabilidad de su implementación en la industria panadera.

1.1. Panes sin gluten.

El gluten puede ser definido de diferente manera según el contexto. En panadería, cuando se habla de gluten, se hace referencia a la red proteica que se forma cuando ciertas proteínas se hidratan y se someten a un trabajo mecánico. Las proteínas responsables de la formación de esta estructura son las gliadinas y gluteninas, las cuales confieren a la harina de trigo unas propiedades únicas. Pero para los celiacos, el gluten es un conjunto de proteínas, del grupo de las prolaminas (gliadinas en el trigo), con una secuencia concreta de aminoácidos que causan la atrofia de las vellosidades intestinales y, como consecuencia, la mala absorción de nutrientes, cuando lo consumen.

Por lo tanto, para que esta parte de la población pueda consumir productos de la panificación, es necesario emplear otras materias primas que sustituyan a la harina de trigo, pero que conllevan una serie de dificultades en la elaboración. La función de la red de gluten en panadería es generar masas cohesivas, elásticas y extensibles, y con gran capacidad para retener gas en su interior, por lo que, al eliminarlo, se forman masas menos cohesivas y más pegajosas, dificultando la elaboración de los panes y su análisis.

En cuanto a materias primas, la harina de arroz y el almidón de maíz son los ingredientes más utilizados en la elaboración de panes sin gluten a nivel mundial en panes comerciales. Además, en estos panes, para sustituir al gluten y que ejerzan su función de aportar cierta consistencia a las masas se suelen emplear distintos hidrocoloides, como psyllium o goma de xantana. El hidrocoloide más utilizado es el hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), por sus mejores resultados en el volumen de los panes, aunque también es el que más sequedad aporta al producto final, que normalmente se contrarresta con aceites vegetales.

2. Antecedentes

En la actualidad y debido al aumento de demanda de los productos sin gluten, en las empresas que elaboran panes sin gluten surge la necesidad de buscar nuevos métodos que les permita mejorar el proceso de elaboración y, al mismo tiempo, fabricar un producto final de calidad. En concreto, trabajan para obtener panes sin gluten con características sensoriales y una estructura comparable a los panes de trigo tradicionales, para que resulten atractivos y sean aceptados por el consumidor.

A causa del crecimiento del consumo de panes sin gluten y ante la necesidad de las empresas de panificación a adaptarse a las necesidades del consumidor, se ha impulsado la realización de estudios e investigaciones centradas en la mejora de este tipo de productos. Parte de estos estudios se han centrado en analizar la influencia de los distintos ingredientes empleados en la formulación en la calidad final de los panes. Por ejemplo, se ha demostrado que las características de la harina de arroz, uno de los principales ingredientes de los panes sin gluten, como su tamaño de partícula, el tipo de arroz empleado o su capacidad de absorción de agua influyen en características finales del pan, como el volumen y textura.

Sin embargo, son muy pocas las investigaciones sobre panes sin gluten que modifican y estudian la influencia de la hidratación de la masa en las características finales del pan, como el volumen o textura, a pesar de que se sabe que el nivel de hidratación de la masa influye en gran medida al volumen final de los panes. Además, en ninguno de estos estudios se demuestra que esas medidas permitan corregir la hidratación para igualar características, como el volumen específico de los panes.

Por otra parte, hoy en día, a diferencia de las masas de trigo, para las cuales el uso del farinógrafo destinado al análisis de calidad es fundamental, no existe un método específico para determinar la calidad de harinas y masas sin gluten debido a las diferencias que presentan, especialmente su difícil manejo.

En las industrias de panificación, especialmente en la elaboración de panes sin gluten, un cambio en el proveedor de las materias primas o, incluso, un cambio de lote puede suponer variaciones en las características del producto final debido a pequeñas diferencias en estos ingredientes. Por este motivo, los análisis de calidad previos a la elaboración de los panes son muy importantes y permiten aumentar el rendimiento de las industrias, reduciendo las pérdidas.

En base a estos estudios previos, se plantea la posibilidad de que el análisis farinográfico de harinas de arroz sin gluten pueda ayudar a identificar esas variaciones en las materias primas y homogeneizar y optimizar la producción.

3. Situación actual

3.1. Situación actual del sector

El número de personas diagnosticadas con enfermedad celiaca, u otras patologías que impiden la ingesta de gluten, está en crecimiento, tanto a nivel nacional como mundial, y con ello crece también la demanda de productos sin gluten. Por otro lado, España es un país donde el pan es

una pieza clave de la dieta, que no falta en la mesa de muchos hogares, sin olvidar el sector de hostelería, restauración y catering (canal HORECA). De hecho, cabe mencionar que, en el último año, el consumo en los hogares aumentó, así como el consumo extradoméstico.

Por el contrario, el consumo per cápita de pan sin gluten en los hogares disminuyó frente un aumento general del consumo de alimentos sin gluten. Entre los motivos asociados a este descenso se encuentran los precios elevados, en comparación con el pan tradicional, y la obtención de un producto que no cumple con las expectativas del consumidor.

3.2. Situación actual de la industria

No son muchas las industrias de panificación que se arriesgan a incluir el pan sin gluten en su producción. Esto se debe a que su elaboración presenta multitud de dificultades que muchas empresas no están dispuestas a asumir. Dentro de estos inconvenientes se encuentran el difícil manejo de este tipo de masas, más pegajosas, que dificultan los procesos de amasado y formado; la búsqueda de sustituyentes del gluten, que permitan obtener un producto similar a su equivalente con gluten, que generalmente son caros y, muchas veces, aportan características no deseadas al pan, como sequedad o sabores extraños; y la implementación de protocolos estrictos de limpieza y separación de líneas para evitar contaminaciones cruzadas en caso de que se produzcan otros alimentos con gluten.

Otro de los principales problemas a los que se enfrentan las empresas productoras de pan sin gluten es la falta de regularidad de sus elaboraciones cuando se producen cambios en los proveedores de las materias primas, especialmente de las más abundantes como lo son las harinas o almidones. Una de las causas de esta limitación es la falta de conocimiento sobre como evaluar la calidad de las materias primas. Este paso es de gran importancia para obtener un producto de calidad que sea aceptado por el consumidor.

Por estos motivos, surge la necesidad de muchas industrias, concretamente las panaderas, de adaptarse al mercado y desarrollar nuevos productos sin gluten para hacer frente a la demanda, que se prevé que aumente, y mejorar el proceso de producción para obtener un pan sin gluten mejorado que cumpla con las expectativas del consumidor.

La industria donde se pretende implantar la línea de producción de pan sin gluten se encuentra situada en el municipio de Boceguillas, en la provincia de Segovia, concretamente en el polígono 4 y parcela 10371. Se trata de una zona estratégica, pues la ubicación coincide con el kilómetro 116 de la carretera A1, una de las más transitadas de España, convirtiéndolo en un sitio de parada, pues cuenta con tienda y cafetería-restaurante. Además, la industria reparte sus productos de panadería mediante la venta ambulante a pueblos de alrededor que no cuentan con panadería propia. También suministra sus productos a pueblos más grandes, con tiendas propias. Esto la convierte en una industria con condiciones óptimas para la implantación de una línea de producción de pan sin gluten, al reunir factores clave como accesibilidad logística, disponibilidad de puntos de venta propios frecuentados y amplio alcance.

4. Objetivos del Proyecto

4.1. Objetivo general

El presente proyecto tiene como objetivo la mejora de la producción de panes sin gluten, que muchas veces supone un verdadero reto para las industrias panificadoras, mediante el diseño de una línea de producción y el desarrollo e incorporación de un nuevo protocolo de análisis de la calidad de harinas y masas sin gluten, que permita homogeneizar la producción, en una industria situada en el municipio de Boceguillas (Segovia).

Con este proyecto se busca mejorar la eficiencia de actividades y procesos de producción en este tipo de industrias, reduciendo asimismo costes y aumentando rendimientos, así como hacer frente a una demanda, actualmente en crecimiento, de este tipo de alimentos a nivel local, así como de los pequeños núcleos urbanos próximos.

4.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo principal, se establecen un conjunto de objetivos específicos:

- Diseñar y desarrollar un proceso productivo que incluya maquinaria y tecnología que permitan una producción rápida y eficiente, minimizando la cantidad de desperdicios generados, y que asegure la calidad y seguridad alimentaria del producto final.
- Fijar las condiciones de ensayo del nuevo protocolo diseñado para el análisis de harinas y masas sin gluten.
- Analizar la relación entre los parámetros y medidas obtenidos con el protocolo propuesto y el volumen de los panes sin gluten obtenidos.
- Producir panes sin gluten con una buena percepción visual y calidad organoléptica, que les convierta en un producto competitivo en el mercado de productos sin gluten.
- Realizar un estudio económico para analizar la rentabilidad de la línea y la implantación del protocolo de análisis en la línea de producción de panes sin gluten.

5. Condicionantes del proyecto

5.1. Condicionantes del promotor

Los condicionantes exigidos por el promotor, que se deberán tener en cuenta en la realización del proyecto se detallan a continuación:

- Establecer la nueva línea de producción de panes sin gluten en la industria de panificación existente perteneciente al promotor, situada en el polígono 4 y parcela 10371, en el término municipal de Boceguillas (Segovia).
- Diseñar un proceso de fabricación que cumpla los requisitos necesarios de calidad, seguridad e higiene para que el producto obtenido sea de calidad y pueda llevar la etiqueta de producto sin gluten.

- Emplear materias primas de proximidad, priorizando proveedores de Castilla y León o comunidades limítrofes, para reducir el impacto ambiental y contribuir al desarrollo económico de la zona.
- Incluir en la inversión equipos que puedan ser utilizados para la producción de otros productos de la empresa.
- Diseñar un protocolo eficiente que permita maximizar los beneficios.
- Obtener un producto final que presente unas características físicas adecuadas que sean aceptadas por el consumidor.

5.2. Condicionantes socioeconómicos

Este proyecto tiene como población objetivo a personas que siguen una dieta libre de gluten, bien por sufrir algún tipo de intolerancia, alergia o sensibilidad, o bien porque por decisión propia deciden eliminar esta proteína de su dieta. Por tanto, la línea de producción se deberá diseñar de manera que se evite todo tipo de contaminación cruzada que pudiera existir y afectar al producto, impidiendo ser comercializada bajo la etiqueta de producto sin gluten.

La demanda de alimentos sin gluten se encuentra en crecimiento y se espera que siga aumentando. A pesar de ello, en los últimos años, la demanda de pan sin gluten descendió, probablemente por los altos precios y por las características organolépticas, que en muchas ocasiones no cumplen las expectativas del consumidor.

En cuanto a la oferta, en España no son muchas las empresas que se encargan de la producción de pan sin gluten, debido a la dificultades y costes que supone. Esto supone que no se cubra la demanda y muchas personas denuncian la falta de opciones dentro de este campo y los precios elevados en comparación con el pan tradicional.

El precio del pan sin gluten actualmente sigue siendo superior al pan tradicional, a pesar del esfuerzo de contracción del mercado por mantener los precios a pesar de la subida general, y de la reducción del IVA. Y es que una persona se puede llegar a gastar 10,20 €/kg más en una barra de pan sin gluten que si aquella que compra la barra de pan tradicional.

Esta situación refleja la importancia de la necesidad de este sector de seguir investigando en busca de mejoras en la producción que permitan obtener un producto de buena calidad, que cumpla las expectativas del consumidor y de precios competitivos.

5.3. Condicionantes legales

Las instalaciones de la nueva planta de producción y el producto final deberán cumplir la normativa vigente general y específica aplicable a este tipo de industrias, que se especifica en el apartado 4 del Documento III: Pliego de Condiciones.

En particular, se tendrá en cuenta las normas de calidad para la elaboración y comercialización de pan de acuerdo con el Real Decreto 308/2019, del Boletín Oficial del Estado (BOE), y la Ley 17/2011 (BOE), sobre seguridad alimentaria y nutrición.

La parcela de la industria donde se pretende establecer la nueva línea de producción se ubica en suelo urbano destinado para fines industriales, cumpliendo con la normativa urbanística y constructiva aplicable.

6. Estudio de alternativas

Para desarrollar un protocolo y un proceso productivo más adecuados, se llevó a cabo un estudio de alternativas (ver Anejo I. Estudio de Alternativas), en el que, mediante distintos análisis, se seleccionaron las alternativas generadas más convenientes.

Las alternativas se plantearon en función de distintos factores de estudio:

- Protocolo de análisis de calidad de las materias primas.

Dentro de este factor se evaluaron las alternativas generadas en cuanto al equipo a utilizar para el protocolo de análisis para la mejora de la producción de los panes sin gluten. Una vez elegido el equipo, mediante un análisis experimental, se determinó cual de las alternativas para efectuar el análisis era la más adecuada.

- Proceso productivo.

Se estudiaron las alternativas posibles en cuanto a maquinaria utilizada, concretamente tipo de amasadora,, ya que las masas sin gluten tienen unas características propias y no todas las amasadoras servirán de harinas y almidones a utilizar en la elaboración de los panes sin gluten.

- Nivel tecnológico del proceso productivo.

También se evaluaron las alternativas posibles relacionadas con el nivel de automatización del proceso productivo de la línea.

Como resultado de los diferentes análisis se concluyó que:

- Para el análisis de harinas y masas sin gluten, la mejor opción es el empleo del Farinógrafo, por ser un buen predictor del volumen de los panes sin gluten, por la rapidez de sus ensayos y ser un equipo más económico que otros más complejos. Se trata de un equipo sencillo, muy utilizado a nivel mundial, que ofrece resultados reproducibles y facilita la estandarización del proceso productivo, permitiendo adaptar el nivel de hidratación de la masa.
- Para el análisis farinográfico se empleará el accesorio FarinoAdd S300 desarrollado para facilitar el análisis de las masas sin gluten, generalmente más pegajosas y de difícil manejo, ya que se demostró unos resultados más homogéneos gracias a que el accesorio permitió al equipo adaptarse a las características particulares de estas masas. Además, presenta otra ventaja frente a la alternativa de no utilizarlo y es la necesidad de usar menos cantidad de ingredientes para cada ensayo.

- Para el amasado de las masas sin gluten se seleccionó una amasadora planetaria, que permite un amasado homogéneo y eficiente en poco tiempo.
- En cuanto al nivel de automatización de la industria, la opción más adecuada es llevar a cabo una producción basada en un modelo semiindustrial, donde existe un equilibrio entre lo artesanal, manteniendo la mano de obra de personal especializado en ciertas fases de la producción, y lo industrial, basada en una mecanización moderada que permite un mayor volumen de producción para hacer frente a la demanda habitual y ser flexible cuando esta aumenta en determinadas épocas del año, así como reducir el riesgo de contaminación cruzada con gluten.

7. Presentación del protocolo de análisis de harinas y masas sin gluten.

Para cumplir el objetivo del proyecto de mejorar la producción de los panes sin gluten, se desarrolló un protocolo destinado a regularizar las características del producto final, concretamente el volumen. Concretamente se desarrolló un protocolo utilizando el Farinógrafo.

7.1. El Farinógrafo.

El Farinógrafo se trata de un equipo que analiza el comportamiento de la masa durante el amasado y que ajusta la cantidad de agua óptima para alcanzar una consistencia determinada (500 FU en masas de trigo convencionales), que se conoce como la absorción de agua de la harina. Una mayor absorción se traduce en un mayor rendimiento de la masa y, por tanto, mayor calidad.

El funcionamiento del farinógrafo se basa en registrar la resistencia al amasado de una masa, generando una curva, conocida como farinograma, que permite identificar parámetros clave, que están relacionados con la calidad de las proteínas y la red de gluten, como el tiempo de desarrollo de la masa, que es el tiempo que se tarda en alcanzar el máximo; o la estabilidad de la misma, que es la rapidez con la que la curva empieza a caer después del máximo.

Sin embargo, este equipo se basa en la calidad de las proteínas, por lo que el análisis de harinas y masas libres de gluten, más pegajosas y de difícil manejo, se dificulta, dando lugar a curvas anómalas. Hoy en día, no existe un método estándar destinado a ajustar la cantidad de agua para este tipo de masas y no existen apenas estudios que relacionen esta medida con la calidad de los panes obtenidos.

Para solventar estas dificultades, la empresa Brabender diseñó un accesorio (FarinoAdd-S300) que intenta mejorar la aplicación del Farinógrafo para análisis de harinas sin gluten, reduciendo el espacio de la amasadora de medición y permitiendo un amasado más homogéneo.

En este proyecto, se estudió la efectividad del farinógrafo como herramienta para el análisis de las harinas y masas sin gluten y la viabilidad de su incorporación en las industrias de panificación. Asimismo, se comprobó la eficacia del accesorio desarrollado para este fin.

Con todo ello, se desarrolló un protocolo de análisis para mejorar la producción en una línea de panes sin gluten. Este protocolo posteriormente se probó, simulando la producción de pan en la

línea de producción, y se obtuvieron resultados favorables en cuanto a la homogeneización de las características, concretamente el volumen. Además, se observaron resultados favorables también en la textura de los panes.

7.2. El protocolo

Después de unos análisis previos, que se detallan en el Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas Sin Gluten, se redactó el protocolo de análisis de masas sin gluten para cantidad de masa constante, donde se especifica las necesidades de maquinaria y equipos, el procedimiento detallado paso a paso del análisis y las condiciones de mantenimiento del equipo. Además, se detallan las condiciones específicas para este análisis aplicado a masas sin gluten así como la guía para interpretar los resultados obtenidos y poder aplicarlos al proceso productivo.

8. Ingeniería del proyecto

Una vez diseñado el protocolo, se diseñó una nueva línea de producción de panes sin gluten en una industria de panificación donde se pretende implantar el nuevo método de análisis para mejorar la producción. En el Anejo III. Ingeniería de proyecto se detalla el proceso productivo y la maquinaria, materias primas, materiales auxiliares y personal necesario. Además, se describen las distintas áreas de las que se compone la nueva línea y de las dimensiones requeridas.

8.1. Proceso productivo

A continuación, se resumen las características y factores que intervienen en el proceso productivo de la nueva línea, con una producción de 1.500 unidades de panecillos sin gluten individuales de 100 g.

8.1.1. Materias primas y auxiliares

Las materias primas que se emplearán para elaborar los panecillos sin gluten en la nueva línea serán harina de arroz y almidón de maíz, como base de la formulación, a las que se le añaden aceite refinado de girasol, azúcar blanco, HPMC, sal yodada y agua. La formulación de los panecillos será la siguiente (Tabla 1):

TABLA 1. Formulación de los panes sin gluten.

Ingredientes añadidos a la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50)	Porcentaje (%)
Harina de arroz	50
Almidón de maíz	50
Aceite Refinado de Girasol	6 ¹
Azúcar Blanco	5 ¹
HPMC K4M	2 ¹
Sal Yodada	2 ¹
Agua	70 ²
TOTAL	188

Fuente: Elaboración propia.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

Además, se necesitarán materiales auxiliares para el envasado y etiquetado, como bolsas de papel Kraft, protegidas interiormente con PE, etiquetas adhesivas con la información requerida por normativa, y materiales para el transporte y almacenamiento, como cajas de cartón y palets.

8.1.2. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo para la elaboración de panecillos sin gluten se resume en el siguiente diagrama de flujo. La información detallada de cada etapa se expone en el punto 3.4.3. del Anejo III. Ingeniería del proyecto.

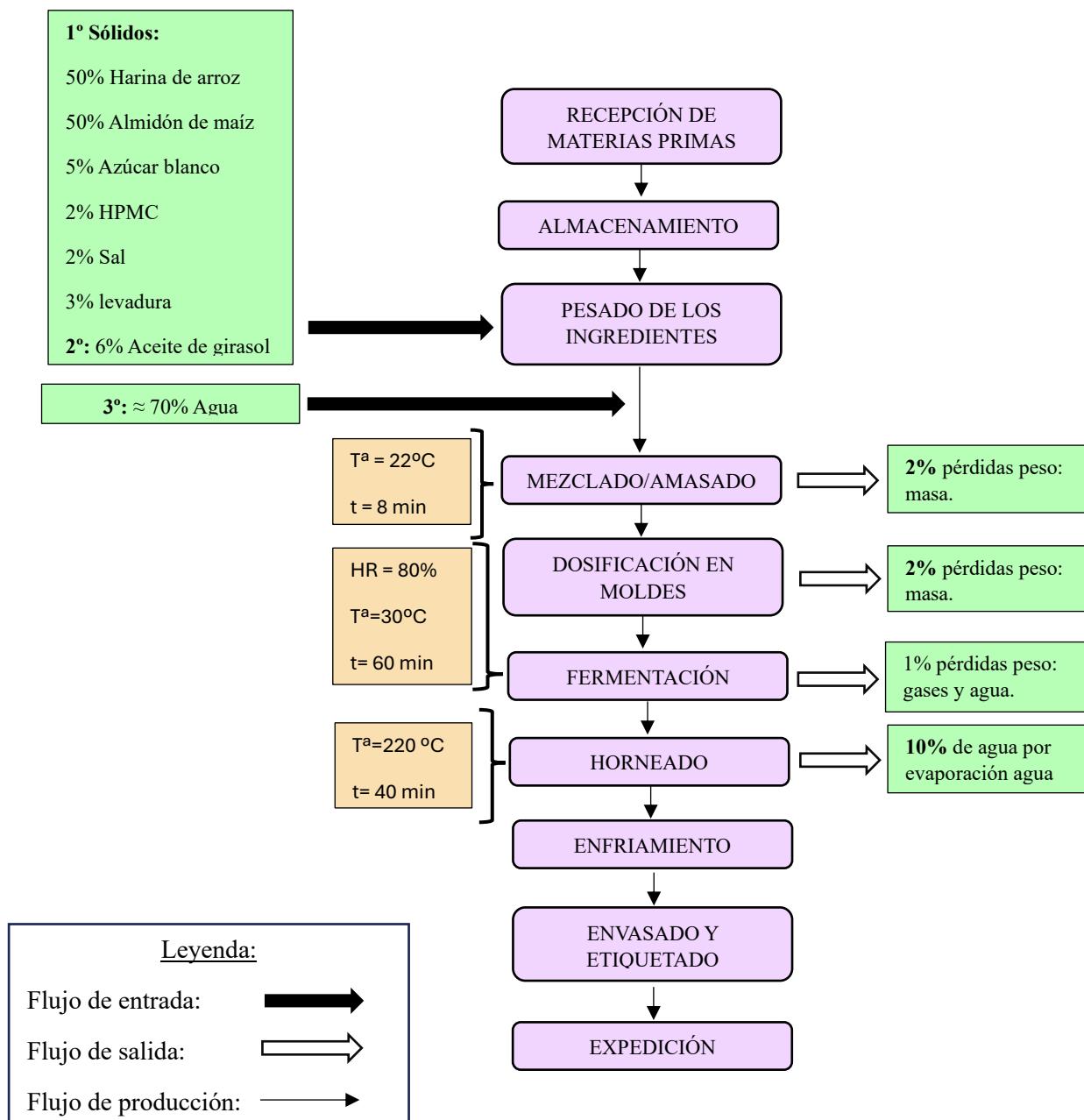


FIGURA 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del pan sin gluten.

El proceso de elaboración comienza con la recepción de las materias primas en la industria, que se almacenarán en un espacio exclusivo para productos sin gluten sobre palets, evitando el contacto con el suelo. Esas materias primas deberán ser registradas y verificar que cumplen con los requisitos de alimentos sin gluten. En ese mismo almacén se guardarán las materias auxiliares. El almacén deberá ser un espacio limpio y seco y se aplicará el sistema FIFO.

El procesado se iniciará con el pesado de las cantidades necesarias de ingredientes para un lote de panes sin gluten. Los sólidos y el aceite se pesarán de forma manual en una balanza, mientras que el agua, debido a la precisión necesaria para estas masas, se dosificará mediante un cuelantalitros automático, que se programará a la temperatura y volumen de agua requerido, determinado mediante el análisis previo con el Farinógrafo. El orden de adición de los diferentes ingredientes en la amasadora-mezcladora planetaria será el siguiente: primero se añadirán los ingredientes sólidos y posteriormente, con el equipo en funcionamientos, se añadirá el aceite de girasol y, por último, se dosificará el agua de forma automática.

Pasados 8 minutos de mezclado y amasado, la masa obtenida se transfiere a una dosificadora porcionadora, que, programada previamente, dosificará de forma automática la cantidad requerida en cada molde, que se desplazarán sobre una cinta transportadora.

Los moldes llenos serán dispuestos por un operario sobre bandejas que se introducirán en la cámara de fermentación. La fase de fermentación a 30°C y una humedad de 80% durará 1 hora. Transcurrida esa hora, se procederá al horneado a 220°C durante 40 minutos.

Los moldes con los panes ya horneados deberán enfriarse antes de proceder a su envasado. Se desmoldarán y se dispondrán sobre una cinta transportadora, que los conducirá a la zona de envasado. Tras, aproximadamente, 30 minutos de enfriado, o cuando los panes hayan alcanzado una temperatura de 30-40°C, se procederá a su envasado y etiquetado manual, en las bolsas de papel Kraft. A continuación, los panes se introducirán en cajas de cartón, para su almacenaje y estar listos para su expedición, que deberá realizarse en el mismo día.

Además, se llevarán a cabo otras actividades complementarias al proceso productivo tales como controles de calidad, para garantizar la calidad y seguridad de los panes, que incluyen controles en las materias primas con el Farinógrafo, verificación de ausencia de gluten en el producto terminado y en superficies de trabajo y la vigilancia de los Puntos de Control Crítico; y la distribución de los panes terminados a los pueblos de alrededor, tiendas y restaurantes.

8.2. Programación del proceso

A continuación, se resume la organización de la producción en función de las horas diarias y los días durante los cuales se desarrolla la actividad de la línea, teniendo en cuenta una producción objetivo diaria de 1.600 unidades de panecillos sin gluten.

La línea de producción funcionará de lunes a domingo durante todo el año, exceptuando los días festivos correspondientes, que serán un total de 13 días. Es decir, en total, la industria producirá pan sin gluten 352 días al año.

La jornada laboral estará dividida en dos turnos de 8 horas, permaneciendo abierta todos los días de 00:00-16:00 de forma ininterrumpida. En la Tabla 2 se detalla la organización de la producción por jornada laboral.

TABLA 2. Horario línea de producción de la línea.

PRODUCCIÓN DE LUNES A DOMINGO	HORARIO
Arranque maquinaria y preparación	00:00-00:30
Producción	00:30-8:00
Limpieza de los equipos y otras actividades complementarias	08:00-16:00

Fuente: Elaboración propia.

La producción se desarrollará en su mayor parte en el turno de noche, ya que el producto terminado deberá repartirse a primera hora de la mañana en los distintos establecimientos, y canal HORECA de los pueblos de alrededor. Se dividirá en 5 ciclos productivos, que se solaparán para optimizar el proceso, de manera que para producir alrededor de 1.600 unidades repartidas en 5 ciclos se necesitarán 7 horas y 30 minutos. En el segundo turno, se terminará, en caso necesario, de envasar el producto y, posteriormente se llevarán a cabo las labores complementarias del proceso productivo, como la limpieza de los equipos, recepción y análisis de materias primas o la venta de producto terminado.

8.3. Especificaciones de la maquinaria

La nueva línea que se pretende implantar en la industria requerirá de maquinaria y materiales auxiliares para la producción de panecillos sin gluten. Los equipos necesarios y sus especificaciones más relevantes se indican a continuación:

- Almacenamiento de materias primas y producto terminado
 - ✓ 3 estanterías para palets (2.700x1.100x2.500 mm).
 - ✓ 2 transpaletas manuales.
 - ✓ 1 carretilla elevadora.
- Dosificado y pesado de los ingredientes
 - ✓ 2 balanzas (rango de peso 150,00-0,02 kg).
 - ✓ 1 mesa auxiliar metálica de acero inoxidable (1.000x700x800 mm).
- Procesado: mezclado, amasado, dosificación en moldes, fermentación y horneado.
 - ✓ 1 cuentalitros automático de agua con regulación de temperatura.
 - ✓ 1 amasadora planetaria.
 - ✓ 1 dosificadora porcionadora de masas.
 - ✓ 400 baterías de 4 moldes.

- ✓ 1 cinta transportadora 2.500x200 mm.
- ✓ 1 carro con bandejas 600x800 mm.
- ✓ 1 cámara de fermentación.
- ✓ 1 horno rotativo.

- Enfriamiento y envasado

- ✓ 1 detector de metales con control de peso.
- ✓ 1 cinta transportadora 6.000x200 mm.
- ✓ 1 mesa auxiliar metálica de acero inoxidable (1.000x700x800 mm).

La ficha técnica de los equipos con información más detallada aparece en el Anejo IV. Ingeniería del Proyecto.

8.4. Necesidades de personal

La nueva línea de producción de pan sin gluten requerirá la contratación de personal que lleve a cabo las distintas actividades para su correcto funcionamiento. A continuación, en la Tabla 3, se resume el personal que será necesario y el área donde se centrará su trabajo.

TABLA 3. Personal requerido en la planta.

Área de trabajo	Personal	Nº de trabajadores
Gestión y administración	Jefe de administración/ventas	1
Departamento técnico y mantenimiento	Encargado del taller y reparaciones	2 + 2 fin de semana
Departamento de logística	Encargado de almacén	1
Departamento de I+D y calidad	Responsable de I+D y calidad	1
	Técnicos de laboratorio/calidad	2 + 2 fin de semana
Producción	Jefe de producción	1
	Operarios	6 + 6 fin de semana

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que el jefe de administración y ventas es el responsable de la gestión administrativa de toda la industria y que los operarios, una vez terminada la producción, también se encargarán de actividades complementarias, como la limpieza, la venta, o del apoyo en otras áreas, como el almacén.

El número de trabajadores para cada área es el total de contrataciones, que se dividirán en turno de noche y turno de mañana.

8.5. Dimensionamiento y distribución en planta de las áreas funcionales.

Para el correcto funcionamiento de la línea se identificaron las distintas áreas funcionales y se distribuyeron en la planta en base a los resultados de un estudio relacional de actividades desarrollado en el punto 3.6. Relación de Actividades del Anejo IV. Ingeniería del Proyecto.

En la Tabla 4 se identifica cada área de la planta y se especifican las dimensiones finales de cada una de ellas.

TABLA 4. Identificación y dimensiones de las áreas funcionales.

ZONA	SUPERFICIE ÚTIL MÍNIMA (m ²)
Recepción de materia prima y auxiliares	61,60
Almacén de materias primas y auxiliares	41,50
Zona de pesado de ingredientes	4,20
Zona de amasado	2,08
Zona de llenado de moldes	5,42
Zona de fermentación	8,76
Zona de horneado	6,24
Zona de enfriado	12,00
Zona de envasado y etiquetado	9,24
Almacén de producto terminado	22,80
Zona de expedición	44,80
Sala de limpieza	34,14
Taller	5,24
Sala de residuos	15,12
Zona de expedición	44,80
Laboratorios	30,22
Vestuarios y aseos	40,00
Sala de transición higiénica	10,96
Oficinas.	36,00
Sala de reuniones.	24,00
Comedor	18,00
SUPERFICIE TOTAL PLANTA ¹	510,17

Nota:

¹ La superficie total de la planta incluye la superficie de cada área y la superficie ocupada por pasillos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el cálculo de dimensionamiento de cada una de las zonas de la industria, se procedió a distribuirlas en la superficie disponible, de acuerdo con el estudio relacional de actividades, como se muestra en la Figura 2.

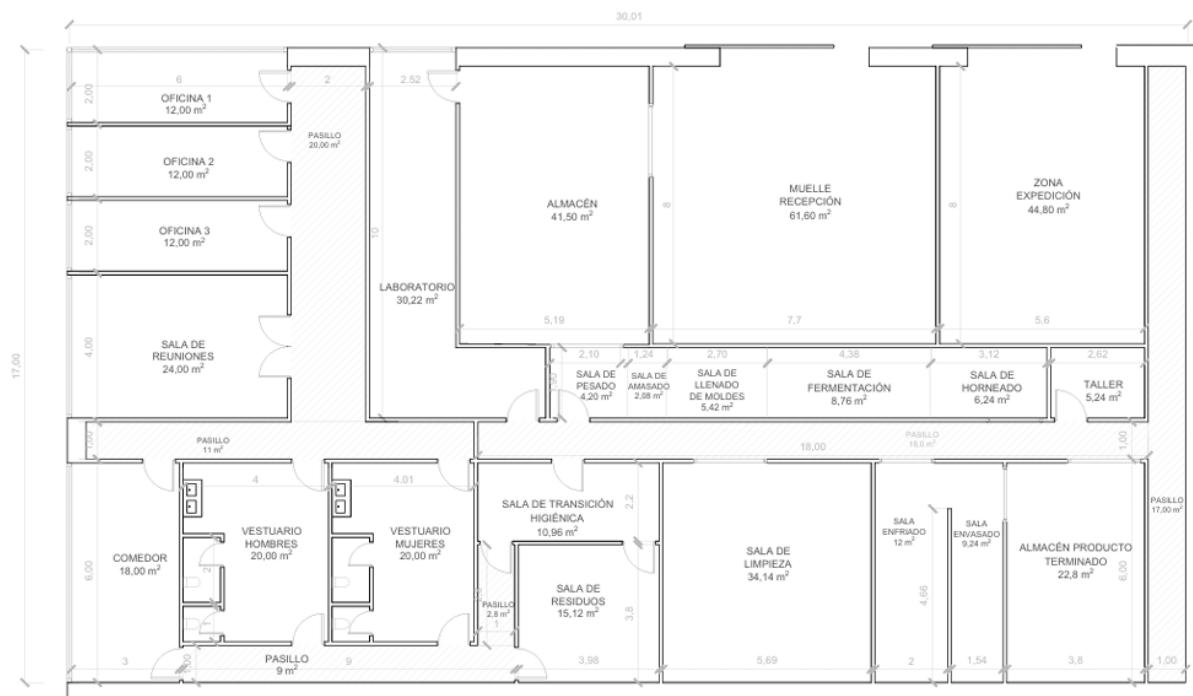


FIGURA 2. Distribución en planta de las áreas funcionales.

9. Estudio económico

Finalmente, en el estudio económico de este proyecto se analizaron tanto los ingresos como los gastos que conlleva la creación de la nueva línea, para poder realizar una evaluación sobre su rentabilidad económica. Además, también se evaluó la viabilidad económica de la implantación del nuevo protocolo, teniendo en cuenta los costes que suponen y los ingresos que generaría en caso de incorporarlo a la producción.

Para el estudio económico se tuvieron que establecer previamente los siguientes factores:

- Vida útil del proyecto, que es el periodo de tiempo en el que se espera que el proyecto sea viable económicamente, generando beneficios. Para la nueva línea de producción de pan sin gluten se establece una vida útil de 15 años.
- La producción, que se fijó en 1.600 unidades de pan sin gluten al día.

9.1. Costes del proyecto

Para realizar este estudio, primero se cuantificaron los costes que supone la creación y funcionamiento de la nueva línea de pan sin gluten. Los costes que se tuvieron en cuenta fueron:

- Inversión inicial, correspondiente al desembolso económico de la empresa para la adquisición de la maquinaria y equipos necesarios para la producción.
- Costes fijos, que son aquellos que se mantienen constantes, independientemente de la producción.

- Costes variables, que son aquellos que si varían con la cantidad de producción.

9.1.1. Inversión inicial

La inversión inicial del proyecto calculada, correspondiente a la adquisición de maquinaria y equipos necesarios para la producción, resulta de 69.340,64€. En la Tabla 5 se detalla cada coste.

TABLA 5. Costes de la inversión inicial del proyecto.

Maquinaria y equipos	Coste (€/ud)	Uds	V ₀ (€)
Estanterías para palets	318,08	3	954,24
Palets	12,00	10	120,00
Transpaleta manual	520,30	2	1.040,60
Carretilla elevadora	10.995,00	1	10.995,00
Balanzas	228,00	2	456,00
Mesa auxiliar	218,12	2	436,24
Cuentalitros automático	2.870,82	1	2.870,82
Amasadora planetaria	3.300,00	1	3.300,00
Dosificadora de masa	7.260,00	1	7.260,00
Batería 4 moldes	30,00	400	12.000,00
Cinta transportadora (2.500x200 mm)	3.873,21	3,4	13.168,91
Carro de bandejas	300,00	1	300,00
Cámara de fermentación	4.192,99	1	4.192,99
Horno rotativo	9.777,99	1	9.777,99
Detector de metales	1.557,85	1	1.557,85
Etiquetadora	910,00	1	910,00
TOTAL			69.340,64

Fuente: Elaboración propia

9.1.2. Costes fijos

Como costes fijos de la nueva línea de producción se consideraron los correspondientes a:

- Amortización de la maquinaria y equipos: corresponde a la pérdida de valor por su uso con el paso del tiempo, en el caso de la línea, de 15 años. Para su cálculo se tuvo en cuenta un valor residual del 10% sobre el precio de adquisición.
- El seguro de la empresa, que a la nueva línea de producción le corresponde el 20% del total.
- Los seguros e impuestos de la maquinaria y equipos, que se consideraron un 2% para sobre el precio de adquisición para la maquinaria y un 0,75% para el resto de los activos.

Los salarios del personal, teniendo en cuenta un tipo de cotización del Régimen General de la Seguridad Social del 32,54% sobre el salario total correspondiente a cada empleado. También se tuvieron en cuenta el plus de nocturnidad (20% adicional por hora nocturna) y el plus de festivo (75% adicional).

El sumatorio de los distintos costes fijos dio como resultado un total de 608.060,76 costes fijos anuales, como se detalla en la Tabla 6

TABLA 6. Total de costes fijos anuales.

COSTES FIJOS	€/año
Amortización	4.160,43
Seguros de la empresa	1.400,00
Seguros e impuestos maquinaria e inmobiliario	1.214,18
Personal	479.148,87
TOTAL	485.923,48

Fuente: Elaboración propia

9.1.3. Costes variables

Los costes variables de la implantación de la nueva línea incluyen costes de:

- Materias primas necesarias para una producción de 1.600 unidades diarias de pan.
- Materias auxiliares consumidas para la producción.
- Consumo de agua, en el que se incluye el consumo como materia prima. Los precios considerados del consumo de agua son aquellos correspondientes al municipio de Boceguillas.
- Consumo energético, el cual tiene un precio entre 0,0823 €/kWh y 0,2506€/kWh. Como la mayor parte de la actividad en la industria se dará en el turno de noche (00:00-08:00), se consideró que el 80% de los gastos se darán en horas valle. Además, a ese coste se le añadió el coste de término de potencia.
- Costes de transporte para la distribución del producto hasta los puntos de venta. La distribución de los panes sin gluten se hará de forma conjunta con otros productos de la misma industria, por lo que los gastos en transporte asumidos por la línea serán del 20% del total.

En la Tabla 7 se detalla el total de cada uno de estos costes y el total que debe asumir la línea.

TABLA 7. Total de costes variables anuales.

COSTES VARIABLES	€/año
Materias Primas	135.331,17
Material auxiliar	54.616,32
Consumo de agua	263,28
Consumo energético	19.553,60
Costes de transporte	4.224,00
TOTAL	213.988,37

Fuente: Elaboración propia

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

Por lo tanto, al sumar los costes fijos y los costes variables el total asciende a un total de 699.911,85 €.

9.2. Ingresos

Por otro lado, se analizaron los ingresos que se estima que genere la nueva línea. Para el cálculo de coste de producción del pan sin gluten se tuvo en cuenta la producción anual de panes, que asciende a 563.200 panecillos, y los costes totales calculados de 699.909,85 €. Estos suponen un coste de producción de 1,24 € cada panecillo, al que se le sumó un margen comercial del 15%. Con todo ello, se estableció un precio de venta de 1,43 € la unidad. Esto supone unos ingresos de 724.838,40 € anuales.

9.3. Análisis de rentabilidad económica

Una vez calculados los ingresos y los costes, se pasó a calcular la rentabilidad del proyecto. Para ello, se determinaron los siguientes indicadores de rentabilidad:

- Valor Actual Neto (VAN), que debe ser positivo para que el proyecto se considere rentable.
- Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), correspondiente a la tasa de actualización cuando el VAN se iguala a 0, por lo que debe ser mayor o igual a la tasa de actualización establecida r .
- La relación beneficio/inversión (Q), que refleja si las ganancias son mayores a los costes (cuando la relación es mayor a 1).
- Plazo de recuperación, que se refiere al año en el que el proyecto comienza a generar beneficios.

Para el cálculo de estos indicadores, primero se determinó la tasa de actualización, que en base a los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) y la fórmula de Fisher (ver Ec. 5 en el Anejo VI. Estudio Económico) se estableció del 6%.

Se calcularon los flujos de caja a partir de los beneficios después de impuestos (25% sobre el total de beneficios) y se obtuvo, para el proyecto:

- $VAN = 84.831,54 \text{ €}$
- $TIR = 20,74 \%$
- $Q = 1,22$
- Plazo de recuperación de 6 años.

De acuerdo con los criterios para evaluar el valor de los indicadores de rentabilidad el proyecto de la nueva línea de producción se considera rentable económicoamente.

Por otro lado, para el estudio individual de la viabilidad económica de la implantación del nuevo protocolo se calcularon unos costes totales de 8.119,11 € anuales relativos a la amortización, seguros e impuestos consumo de agua destilada y consumo energético, y unos ingresos de 64.430,08 € al año considerando una recuperación del 80% de las pérdidas, que al aplicar el impuesto sobre beneficio se reducen a 42.233,23 €. Con todo ello, los resultados para los distintos indicadores de rentabilidad económica fueron:

- VAN = 323.935,03 €
- TIR = 46,79%
- Q = 3,60
- Plazo de recuperación de 3 años.

Por lo que suponiendo una recuperación del 80% de las pérdidas, estimadas en el 10% de la producción total, la implementación del protocolo es viable y recomendable para mejorar el rendimiento y beneficios.

Además, se analizó la rentabilidad con dos supuestos más, variando la cantidad de panes recuperados, suponiendo unas pérdidas del 5 y del 15%. Como se puede observar en la Tabla 8 , en supuestos se obtienen indicadores de rentabilidad favorables.

TABLA 7. Análisis de sensibilidad de la implantación del protocolo.

Variación de los flujos (en %)	Vida del proyecto (años)	Clave	TIR	VAN
-56,60	15	A	18,91	89.647,80
56,60	15	B	18,91	89.647,80
-56,60	15	C	73,47	558.222,26
56,60	15	D	73,47	558.222,26

Fuente: Elaboración propia (VALPROIN).

10. Conclusiones

En este proyecto se diseña una planta de producción de pan sin gluten en el municipio de Boceguillas, con el propósito de abastecer la demanda de este tipo de productos, que se encuentra en auge actualmente.

Sin embargo, la producción de panes sin gluten supone muchos problemas para la industria que no siempre puede asumir y que supone, entre otras cosas, la subida de los precios. Por lo que, además, en este proyecto se diseñó un nuevo protocolo de análisis de harinas y masas sin gluten empleando el Farinógrafo para mejorar la producción del pan sin gluten y se estudió su implantación en la nueva línea.

El proyecto concluye con un estudio económico en el que se demuestra la viabilidad económica de la línea y de la incorporación del protocolo.

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO I. Estudio de alternativas.

ÍNDICE ANEJO I: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. Introducción	1
2. Objeto	1
3. Metodología	1
3.1. Análisis multicriterio.....	1
3.2. Análisis experimental	2
3.3. Análisis estadístico.....	2
4. Identificación de los factores de estudio.....	2
5. Evaluación de alternativas en cuanto al protocolo de análisis de harinas y masas	2
5.1. Estudio de alternativas: equipo para el análisis de harinas y masas	2
5.1.1. Identificación de alternativas generadas	3
5.1.2. Criterios de valoración.....	3
5.1.3. Evaluación de las alternativas.....	4
5.2. Estudio de alternativas: uso del accesorio FarinoAdd S300.....	7
5.2.1. Identificación de alternativas generadas	8
5.2.2. Criterios de valoración.....	8
5.2.3. Evaluación de las alternativas	9
6. Evaluación de alternativas en cuanto al proceso productivo	13
6.1. Estudio de alternativas: amasadora empleada	13
6.1.1. Identificación de alternativas generadas	13
6.1.2. Criterios de valoración.....	13
6.1.3. Evaluación de alternativas.....	14
7. Evaluación de alternativas en cuanto al nivel tecnológico del proceso productivo	15
7.1. Estudio de alternativas: tipo de producción	16

7.1.1. Identificación de alternativas generadas	16
7.2. Criterios de valoración.....	16
7.3. Evaluación de alternativas.....	17
8. Conclusiones.....	20
Bibliografía	21

1. Introducción

En las industrias alimentarias, el control de calidad, tanto de las materias primas que entran en la industria como del producto terminado y de los procesos intermedios, es una actividad fundamental e indispensable para asegurar el buen funcionamiento del proceso productivo y la calidad del producto final.

En el caso de los productos de panificación y, especialmente en el caso de los panes sin gluten, en los que no se desarrolla la estructura del gluten, uno de los principales controles de calidad se basa en análisis reológicos, para estudiar el comportamiento de las masas. Las características finales del producto terminado dependerán de las características de los ingredientes, especialmente de las harinas, principal componente de estos productos, y de su influencia en el comportamiento de la masa. Por lo que este tipo de análisis es fundamental para garantizar la calidad, consistencia y rendimiento del producto final.

Para llevar a cabo estos análisis existen diferentes equipos comúnmente empleados, como el farinógrafo, el Rapid Visco Analyzer (RVA), el Mixolab, alveógrafo o reómetro. Para las industrias, la elección del equipo más adecuado representa una decisión importante para la industria ya que generalmente estos equipos suponen una importante inversión para las industrias y debe adecuarse a las necesidades específicas de la misma y del producto principal que produzcan.

2. Objeto

Con el presente anejo se pretende realizar un análisis de las distintas alternativas que se presentan a la hora de diseñar el protocolo de control de calidad de harinas y masas que se utilizará en la industria, así como otras alternativas relacionadas con la formulación del producto y el desarrollo del proceso productivo.

Las distintas alternativas serán analizadas y evaluadas con el fin de elegir, posteriormente, aquella que mejor se adapte a las necesidades de la industria, permita optimizar lo máximo posible el proceso y cumpla los criterios establecidos del promotor, para alcanzar los objetivos establecidos.

3. Metodología

Para la evaluación y posterior selección de la alternativa más adecuada, se llevaron a cabo distintos análisis, dependiendo del factor de estudio.

3.1. Análisis multicriterio

El análisis multicriterio es una metodología que consiste en evaluar cada alternativa en base a distintos criterios, que pueden ser de distinta naturaleza: técnicos, financieros, económicos, sociales, ambientales, ...

Para cada alternativa, a cada criterio se le asignó una puntuación del 1 al 5, siendo el 1 la más desfavorable y el 5 la mejor. Esa puntuación fue multiplicada por un valor de ponderación, en función del peso que tiene el criterio en la elección de la alternativa.

Cada resultado obtenido de la multiplicación para cada criterio se sumó y la alternativa con mayor puntuación fue la elegida.

3.2. Análisis experimental

Consistió en un estudio experimental comparativo que permitió evaluar y comparar el desempeño técnico de las diferentes alternativas propuestas. Este análisis incluyó pruebas con las distintas alternativas bajo condiciones controladas y la evaluación de los resultados, con el fin de elegir la alternativa con mejores resultados.

3.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico es otra metodología que se utilizó para analizar los resultados obtenidos después del análisis experimental. El análisis estadístico utilizado consistió en un Análisis de Varianza (ANOVA) que permitió determinar si existen o no diferencias significativas entre las distintas alternativas de análisis.

Se utilizó la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para describir las medias con intervalos de confianza del 95%. Los resultados estadísticos se obtuvieron mediante el software Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, Warrenton, USA).

4. Identificación de los factores de estudio.

Los factores de estudio sobre los cuales se analizaron las distintas alternativas planteadas, teniendo en cuenta los condicionantes del promotor, son las siguientes:

- Protocolo de análisis de calidad de las materias primas.
- Proceso productivo.
- Nivel tecnológico del proceso productivo.

5. Evaluación de alternativas en cuanto al protocolo de análisis de harinas y masas

Estos estudios se llevaron a cabo con el fin de definir el método que se empleará para el análisis de harinas y masas sin gluten para la mejora del rendimiento de la producción.

5.1. Estudio de alternativas: equipo para el análisis de harinas y masas

Para la elección del equipo de análisis de harinas y masas que se empleará para conseguir el objetivo de mejorar el volumen de los panes sin gluten se llevará a cabo un análisis multicriterio.

Es importante realizar este estudio y comparar las distintas alternativas, ya que la elección de estos equipos de análisis supone una importante inversión para la industria y debemos asegurarnos de que son útiles para cubrir las necesidades específicas de la misma.

5.1.1. Identificación de alternativas generadas.

- **Alternativa 1:** Capacidad de absorción de agua (WBC) con centrífuga.

La centrífuga permite medir la capacidad de absorción (WBC) de la harina mediante la separación por fuerza centrífuga del agua de una mezcla de ambos. Mediante la diferencia de pesos, de la muestra de harina sin hidratar y el peso de la misma muestra después de ser hidratada con una cierta cantidad de agua y de haber eliminado el sobrenadante generado después de la centrifugación, se calcula la WBC.

Este ensayo aporta información básica sobre la absorción de agua de la harina, factor que influye en el comportamiento, consistencia de la masa y, por tanto, en el volumen del producto final, ya que una mayor WBC suele ser sinónimo de mayor rendimiento de las masas y panes con mayor volumen. Asimismo, aporta información acerca de la composición de la harina, ya que harinas con mayor contenido en proteínas, almidones dañados o fibra suelen absorber más agua.

- **Alternativa 2:** Mixolab

El Mixolab es un equipo estandarizado que permite el análisis completo de una muestra de masa, desde sus características reológicas, como su comportamiento durante el amasado y el posterior tratamiento térmico, la gelatinización y retrogradación del almidón o la calidad de la proteína y almidón, para asegurar el buen desarrollo del proceso de fabricación y la calidad de los productos finales. Además, permite controlar la calidad y regularidad de las harinas y ofrece datos acerca de la absorción del agua.

Consiste en un equipo provisto de un mecanismo de amasado, que amasa al mismo tiempo que somete la masa a un ciclo de calentamiento y posterior enfriamiento.

- **Alternativa 3:** Farinógrafo

El Farinógrafo es otro equipo muy ampliamente utilizado para el análisis de la calidad de harinas y masas de trigo y, actualmente, su uso también se está empezando a extender para masas sin gluten, aunque los estudios aún son muy escasos.

Su función principal es estudiar como se comporta la masa durante el amasado, registrando la consistencia durante este proceso y generando una curva que muestra como evoluciona la masa. Además, ayuda a determinar la cantidad de agua necesaria para lograr una consistencia específica, relacionada con el volumen final.

5.1.2. Criterios de valoración.

- **Criterio 1:** Capacidad para predecir el volumen de los panes sin gluten. Se evalúa la correlación entre los factores medidos por el equipo y el volumen obtenido para los panes sin gluten.

Peso: 40%

- **Criterio 2: Repetibilidad y precisión.** Define la capacidad del equipo para dar el mismo resultado en un ensayo bajo las mismas condiciones y la precisión para aportar ese resultado. Este criterio es importante en estudios comparativos, como es el caso.

Peso: 30%

- **Criterio 3: Versatilidad y rendimiento.** Se refiere especialmente a el tipo de análisis que se pueden realizar con el equipo y la variedad de productos que se pueden analizar, además del tiempo del ensayo y la cantidad de muestras que pueden ser analizadas.

Peso: 15%

- **Criterio 4: Costes de adquisición y mantenimiento.** Otro factor a tener en cuenta es el precio del equipo y los costes de mantenimiento y limpieza que implican su uso.

Peso: 15%

5.1.3. Evaluación de las alternativas.

- **Alternativa 1:** Capacidad de absorción de agua (WBC) con centrífuga.

- **Capacidad para predecir el volumen de los panes sin gluten:** La capacidad de absorción de agua es un factor relacionado con el rendimiento de las masas y el volumen final del pan. Sin embargo, un estudio llevado a cabo por Duyvejonck et al. (2012), donde se compararon distintos métodos para la predicción de las características de productos de panificación, se encontró que el WBC era más útil para predecir el diámetro de galletas que el volumen de panes de trigo.

Este método se basa en la calidad proteica de la harina. Pero en el caso de los panes sin gluten, donde la calidad proteica no tiene tanta importancia, y en base a los resultados obtenidos en este estudio, podemos determinar que la WBC determinado mediante centrífuga es un análisis que predice peor los resultados de volumen de los panes sin gluten frente a otros equipos, como el Farinógrafo que imita mejor lo que sucede en el proceso de elaboración del pan.

En resumen, el método de medir la WBC es un método simple para determinar la capacidad de la harina para retener agua, útil como indicador de la calidad de harina, pero no caracteriza la reología de la mezcla, por lo que su capacidad predictiva del volumen es limitada.

Valoración: 3

- **Repetibilidad y precisión:** Es un método que depende en gran parte del operador y de los equipos de medida, como la balanza, por lo que está sujeto a diferentes errores que suponen que se obtengan resultados algo diferentes entre ensayos y poco precisos.

Valoración: 2

- Versatilidad y rendimiento: Se pueden analizar distintas muestras a la vez, generalmente entre 6 y 12 y el tiempo de ensayo es reducido. Se debe tener en cuenta que al ser un tipo de medición menos precisa requiere de más repeticiones.

Aunque su versatilidad en términos generales es amplia, en el contexto de panificación su uso es bastante limitado.

Valoración: 2

- Costes de adquisición y mantenimiento: se trata de un equipo económico y de bajo coste operativo. Requiere un mantenimiento mínimo, que se limita a limpiezas periódicas y revisiones mecánicas básicas. Eventualmente puede requerir la sustitución de piezas, como el rotor o los tapones amortiguadores de los portamuestras. El tiempo de ensayo es reducido y el consumo energético por ensayo también.

Valoración: 4

- **Alternativa 2: Mixolab.**

- Capacidad para predecir el volumen de los panes sin gluten: El Mixolab es un equipo capaz de medir la absorción de agua y la consistencia de la masa, por lo que es de utilidad para predecir el volumen de los panes. Sin embargo, no se han encontrado estudios que traten acerca de su viabilidad para ajustar la hidratación de este tipo de masas ni en predecir el volumen.

Valoración: 4

- Repetibilidad y precisión: gracias a ser un ensayo totalmente automático, los resultados son precisos y repetibles.

Valoración: 4

- Versatilidad y rendimiento: Aunque es un equipo totalmente automatizado y no requiere mucho tiempo del operador, el tiempo de duración del ensayo es de unos 45 minutos, lo que limita en gran medida la cantidad de pruebas que se pueden hacer al día.

Presenta la ventaja de que permite realizar un análisis bastante completo de gran variedad de productos, de pan con y sin gluten, además de otros productos de panadería y repostería.

Valoración: 4

- Costes de adquisición y mantenimiento: Se trata de un equipo de laboratorio complejo de gama media-alta, por lo que el coste de adquisición es elevado, mayor al de una centrífuga, e incluso mayor que el de un farinógrafo. Además, requiere de un mayor aporte energético, ya que ejerce una doble presión de amasado mientras se somete a un aumento de temperatura.

Valoración: 2

- **Alternativa 3:** Farinógrafo

- Capacidad para predecir el volumen de los panes sin gluten: el Farinógrafo aporta datos como la consistencia máxima de la masa, que se pueden correlacionar directamente con el volumen final del pan. Es más sencillo y directo para medir la consistencia de la masa y su uso está enfocado en la optimización de la hidratación de la formulación, factor clave para el volumen y textura del pan, por lo que lo convierte en una muy buena opción para este proyecto. Concretamente en este proyecto se confirmó su efectividad a la hora de predecir el volumen de los panes sin gluten.

Además, es un equipo muy estudiado a nivel mundial y recientemente se ha desarrollado un accesorio para el análisis concreto de las masas sin gluten, que lo hace más adecuado para la mejora de la producción de este tipo de panes.

Valoración: 5

- Repetibilidad y precisión: Se trata de un equipo automático y estandarizado, que permite repetir pruebas con la mínima variación y asegura la fiabilidad de los resultados. Su uso está muy extendido a nivel mundial, por lo que los resultados son reproducibles en otros laboratorios siguiendo el mismo método y permite comparaciones.

Valoración: 4

- Versatilidad y rendimiento: Sirve para el análisis y control de todo tipo de harinas, incluidas las de sin gluten y, además se puede emplear en I+D, ya que se trata de una amasadora que permite trabajar a distintas consistencias, modificar la temperatura u otros parámetros e incluso trabajar con las mismas masas que en el proceso de producción. Sin embargo, la información que aporta es más limitada que el Mixolab.

El tiempo de ensayo es inferior (20 min aproximadamente), lo que permite realizar más ensayos al día por un coste razonable.

Valoración: 4

- Costes de adquisición y mantenimiento: Se considera un equipo de laboratorio de gama media-alta, por lo que el coste de adquisición es elevado. El mantenimiento, sencillo, incluye calibraciones periódicas.

Valoración: 2

TABLA 1.1. Puntuaciones ponderadas de las distintas alternativas de equipo de análisis de harinas y masas.

Criterio	Ponderación	Alternativa					
		1		2		3	
	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	
1	0,40	3	1,20	4	1,60	5	2,00
2	0,30	2	0,60	4	1,20	4	1,20
3	0,15	2	0,30	4	0,60	4	0,60
4	0,15	4	0,60	2	0,30	2	0,30
TOTAL	1,00		2,70		3,70		4,10

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el Farinógrafo es el equipo de análisis que mayor puntuación obtuvo y, por tanto, es el elegido para este proyecto. El Farinógrafo es la mejor opción para lograr el objetivo de mejorar y homogeneizar la producción de pan sin gluten de la línea por su sencillez, repetibilidad de los resultados, rapidez de ensayo y un coste de adquisición menor que otros equipos más complejos. Además, puede ser utilizado para otros productos con gluten elaborados en la industria, siempre y cuando se sigan las normas de limpieza y seguridad para evitar contaminaciones. Por ejemplo, el equipo quedará a disposición del grupo I+D o para hacer revisiones eventuales de los productos que se producen en la misma industria.

5.2. Estudio de alternativas: uso del accesorio FarinoAdd S300.

Para la evaluación de las alternativas respecto al uso del accesorio para masas sin gluten del Farinógrafo mediante un análisis multicriterio, se consideraron los resultados obtenidos tras realizar una serie de ensayos con el Brabender Farinograph (Brabender GmbH. KG, Duisburg, Alemania) con y sin el accesorio FarinoAdd S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania), que posteriormente se sometieron a un análisis estadístico ANOVA.

Cabe destacar que para los ensayos previos, en primer lugar, se analizó una masa elaborada con una base de harina de arroz, que se llamó control, y almidón de maíz en la proporción 50:50, a la que se le añadió un 6% de aceite refinado de girasol, un 5% de azúcar blanco, un 2% de HPMC K4M, un 2% de sal yodada y un 70% de agua del sistema de abastecimiento local, sobre el total de la base (50% harina de arroz + 50% almidón de maíz).

Posteriormente se realizaron pruebas con y sin el accesorio para masas elaboradas con distintas harinas de arroz comerciales sustituyendo de la fórmula anterior la harina de arroz control por 7 nuevas harinas (H1-H7). El resto de materias primas se mantuvieron constantes.

En todos los análisis farinográficos se trabajó con cantidad de masa constante para poder comparar los resultados de los distintos ensayos bajo condiciones uniformes de ensayo: con accesorio se analizaron 215 g de masa y para los ensayos sin accesorio la cantidad fue de 450 g. Se empleó el método Gluten Free. La temperatura de la amasadora y del agua de dosificación se mantuvo constante a $30,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y la velocidad de amasado fue de 63 rpm. El tiempo del ensayo fueron 20 minutos.

Los análisis farinográficos se llevaron a cabo por duplicado.

5.2.1. Identificación de alternativas generadas

- **Alternativa 1:** Análisis farinográfico convencional, sin el accesorio FarinoAdd S300.

El análisis convencional de masas de trigo con el Farinógrafo no incluye el uso de ningún tipo de accesorio para la amasadora de medición, pero a la hora de medir masas sin gluten se pueden dar problemas.

- **Alternativa 2:** Análisis farinográfico con el accesorio FarinoAdd S300.

Las masas para panes sin gluten se caracterizan principalmente por ser más pegajosas, lo que supone que, en el Farinógrafo, no se de un amasado homogéneo y el análisis se dificulte, dando lugar a resultados erróneos y curvas anómalas. Debido a los problemas que presenta el análisis de masas sin gluten con este equipo la casa comercial Brabender diseñó el accesorio FarinoAdd-S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) con el objetivo de mejorar la aplicación del Brabender Farinograph (Brabender GmbH. KG, Duisburg, Alemania) para análisis de harinas sin gluten. El principal objetivo de este accesorio es disminuir el espacio de la amasadora de medición, permitiendo un amasado más homogéneo.

5.2.2. Criterios de valoración.

- **Criterio 1: Eficiencia para predecir volumen y corregir hidratación** El objetivo es utilizar este equipo para homogeneizar la producción de los panes mediante la corrección de la hidratación, por lo que este criterio es de gran importancia a la hora de seleccionar la alternativa.

En las masas sin gluten durante la primera fase de mezcla, los ingredientes se hidratan, las partículas de harina y almidón se distribuyen y se producen los fenómenos de “cold swelling” y la transición vítreo de las fases amorfas del almidón, estableciéndose nuevas interacciones entre los componentes y dando lugar a la cohesión de la masa y, consecuentemente, el aumento de la consistencia (Román et al., 2021). La máxima consistencia alcanzada en la masa sin gluten es el dato que se empleará para predecir y corregir volumen del pan.

Peso: 50%

- **Criterio 2: Precisión y reproducibilidad de los resultados.** Se evalúa la capacidad del ensayo de proporcionar resultados constantes entre repeticiones que garanticen la fiabilidad de los resultados.

Peso: 30%

- **Criterio 3: Costes.** En este caso los costes están referidos tanto los costes de adquisición como a los costes del análisis.

Peso: 20%

5.2.3. Evaluación de las alternativas

- **Alternativa 1:** Análisis farinográfico convencional, sin el accesorio FarinoAdd S300.
 - Eficiencia para predecir volumen y corregir la hidratación: la curva obtenida en el caso del análisis sin el accesorio mostró una forma que recuerda a las obtenidas en los análisis de masas de trigo, como se puede observar en la Figura 1.1, donde se comparan las curvas con la harina control utilizando el accesorio y sin él. Sin embargo, la presencia de una subida inicial en la curva, como la que aparece en este ensayo, en masas de trigo convencionales indica el desarrollo de la red de gluten, y el posterior descenso está relacionado con el debilitamiento de la misma (Don, 2022).

En el caso de las masas sin gluten no existe la red de gluten, el pico inicial y el descenso posterior no se pueden relacionar con el gluten. La presencia de un pico mucho más pronunciado al comienzo de la curva en el ensayo sin el accesorio pudo deberse a distintos factores, como a una mezcla poco homogénea al inicio, problema que se soluciona al reducir el espacio con el accesorio.

Valoración: 3

- Precisión y reproducibilidad de los resultados: En el análisis de masas elaboradas con distintas harinas de arroz, se analizó la desviación típica de los resultados. En el caso de los análisis sin accesorio se observó una desviación típica entre repeticiones nunca superior a 5, lo que indica uniformidad en los resultados y precisión del ensayo (Tabla 1.2).

Valoración: 5

- Costes: No requiere de gastos adicionales destinados a la adquisición del accesorio. Sin embargo, se va a dar un mayor gasto de materias primas por cada análisis, que elevará los costes con el tiempo.

Valoración: 4

- **Alternativa 2:** Análisis farinográfico con el accesorio FarinoAdd S300.

- Eficiencia para predecir volumen y corregir hidratación: como se puede observar en la Figura 1.1, el pico inicial que se generaba en el ensayo sin el accesorio, en este caso no se forma. Esto se atribuye a la mejor adaptación del equipo a las masas sin gluten al utilizar el accesorio, que permite una mezcla más homogénea al principio y la obtención de un resultado para la consistencia máxima alcanzada por la masa más cercana al comportamiento real de la masa.

Valoración: 5

- Precisión y reproducibilidad de los resultados: en el caso de los análisis de masas con distinta harina de arroz utilizando el accesorio, la desviación típica en la mayoría de los casos se encuentra alrededor de 5, que se considera aceptable para este tipo

de análisis. Sin embargo, cabe destacar que es mayor que en el caso del análisis sin el accesorio (Tabla 1.2.)

Valoración: 4

- **Costes:** Requiere de una inversión adicional en el accesorio. Sin embargo, no supone tanto gastos de materia prima ni de agua en cada análisis por la reducción del espacio, y además este gasto se puede justificar con el uso frecuente del Fairnógrafo para el análisis de masas sin gluten, como es el caso.

Valoración: 4

A continuación, se describen los resultados de los ensayos previos que se llevaron a cabo y que completan la información para el análisis multicriterio y la elección de la alternativa más conveniente.

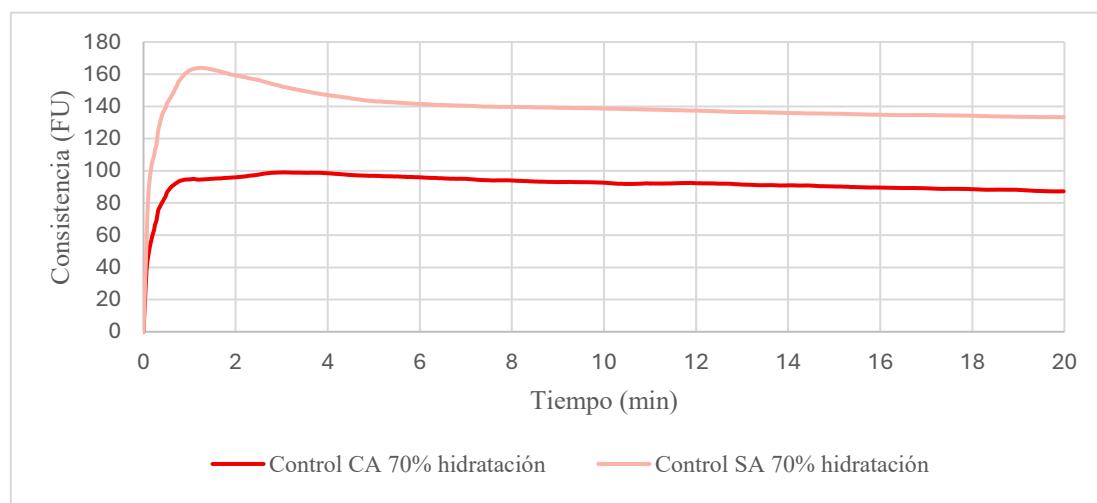


FIGURA 1.1. Curvas obtenidas tras el ensayo farinográfico de las masas control (con 70% de hidratación) con el accesorio FarinoAdd S300 (CA) y sin el (SA).

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 1.2. Resultados análisis ANOVA de la consistencia máxima alcanzada de las distintas masas analizadas con el Farinógrafo con el accesorio (CA) y sin el (SA).

Harina de arroz	Consistencia máxima CA	Consistencia máxima SA
H_CONTROL	99,43±1,40 a	163,98±3,53 b
H1	156,40±5,63 e	245,90±3,51 f
H2	163,80±11,42 e	239,37±4,25 e
H3	138,73±5,49 d	202,61±2,85 d
H4	136,08±5,66 d	200,61±2,82 d
H5	118,86±5,65 bc	166,40±0,56 b
H6	113,59±4,26 b	188,10±1,39 c
H7	99,90±3,52 a	137,62±1,38 a

Fuente: Elaboración propia,

Los resultados de consistencia máxima obtenidos con y sin el accesorio presentaron una correlación significativa al 99,9% ($r=0,95$), lo que indica que los resultados siguen una tendencia similar. Es decir, las consistencias máximas más altas se alcanzaron con las masas elaboradas con las mismas harinas de arroz (H1 y H2), tanto utilizando el accesorio como sin él. Ocurrió lo mismo con las masas con menor consistencia, que tanto con accesorio como sin él fueron las que estaban elaboradas con la harina H7 y control.

A pesar de esto, también se detectaron ligeras diferencias en cuanto al sistema utilizado, como en el caso de las masas con las harinas H5 y H7. Así mientras la masa con H7 no presenta diferencias significativas con el control en el ensayo con accesorio, pero si en el con accesorio, a la masa con H5 le ocurre lo contrario. Estas diferencias pueden deberse a la geometría del espacio que cambia con o sin el accesorio. Por tanto, es importante elegir un sistema concreto para el análisis si se quieren comparar resultados.

Asimismo, se probó a igualar a 100 FU la consistencia de todas las masas modificando la cantidad de agua añadida. En este caso, en los farinogramas obtenidos sin el accesorio se observó la aparición de un pico inicial, esta vez seguido de un rápido y marcado descenso de la consistencia que no aparecía en el caso de utilizar accesorio y que lo aleja del aspecto de las curvas convencionales para harina de trigo. En la Figura 2.2 y Figura 2.3 se muestra las curvas de las masas con la cantidad de agua corregida para alcanzar 100 FU con accesorio y sin accesorio respectivamente.

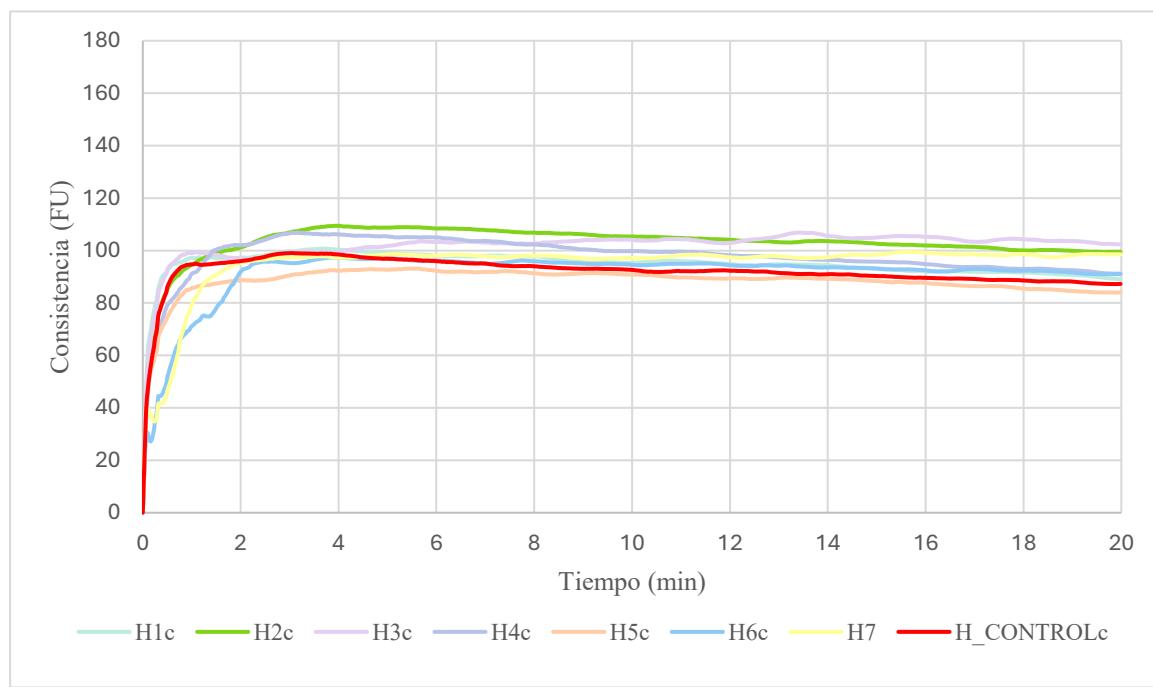
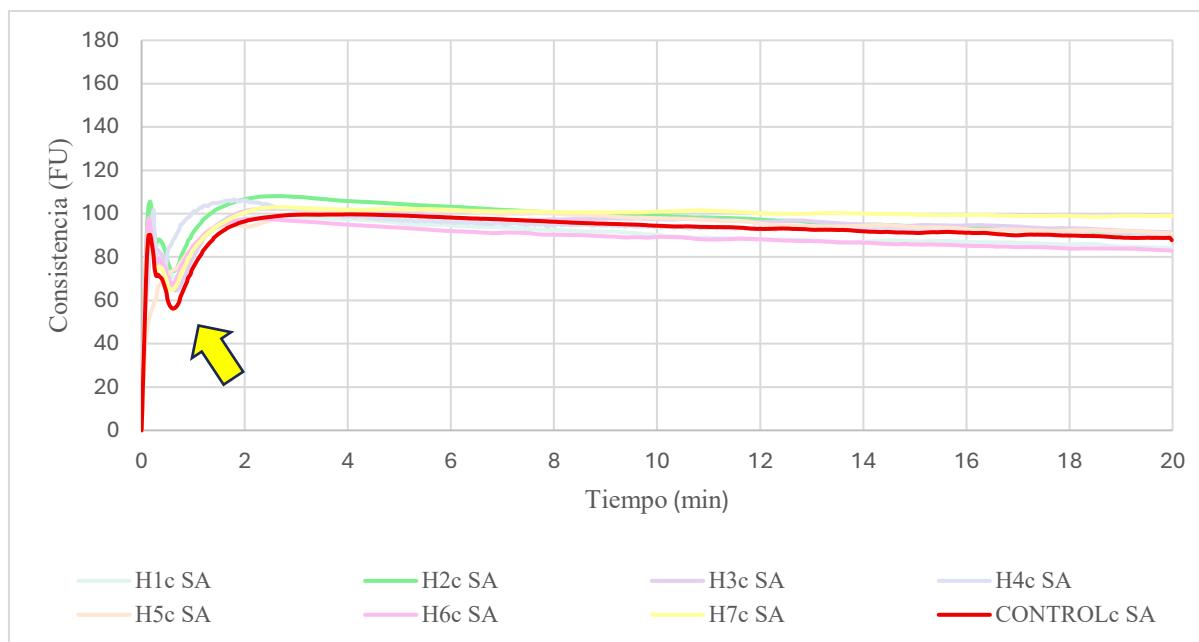


FIGURA 1.2. Farinogramas obtenidos tras el ensayo farinográfico de las masas con porcentaje de agua corregido para alcanzar 100 FU, utilizando el accesorio FarinoAdd S300.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 1.3. Farinogramas obtenidos tras el ensayo farinográfico de las masas con porcentaje de agua corregido (c) para alcanzar 100 FU, sin el accesorio (SA) FarinoAdd S300.

Fuente: Elaboración propia.

Esto pudo deberse a que el diseño convencional del farinógrafo no permite una mezcla eficiente de las masas, especialmente al inicio, donde los ingredientes empiezan a absorber agua, formándose una estructura consistente provisional, que más adelante cae, ya que en este caso no se forma la red de gluten. Por el contrario, al utilizar el accesorio, este pico ya no aparece, dando mejores resultados.

TABLA 1.3. Puntuaciones ponderadas de las distintas alternativas de uso del accesorio.

Criterio		Alternativa			
		1		2	
	Ponderación	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado
1	0,50	3	1,50	5	2,50
2	0,30	5	1,50	4	1,20
3	0,20	4	0,80	4	0,80
TOTAL	1,00		3,80		4,50

Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar el análisis multicriterio de las alternativas, se concluyó que para análisis posteriores se empleará el accesorio, pues presenta ventajas en cuanto a la adaptación del equipo a las masas sin gluten, reduciendo el espacio y aportando datos más cercanos al comportamiento real de la masa durante el amasado.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

6. Evaluación de alternativas en cuanto al proceso productivo.

Se estudiarán y evaluarán mediante un análisis multicriterio las alternativas generadas relacionadas con el tipo de amasadora a emplear, ya que en el mercado existe una gran variedad de amasadoras para la producción de pan tradicional, pero que no siempre son las idóneas para trabajar con masas sin gluten.

6.1. Estudio de alternativas: amasadora empleada.

6.1.1. Identificación de alternativas generadas.

- **Alternativa 1: Amasadora de brazos.**

Para la producción de pan tradicional es la más empleada y extendida. Consiste en una máquina con dos brazos articulados que imitan el movimiento manual del amasado, oxigenando y amasando la masa imitando el proceso tradicional.

- **Alternativa 2: Amasadora en espiral.**

Es uno de los equipos más empleados en la producción industrial gracias a su velocidad de amasado y su alto rendimiento. Consiste en máquinas amasadoras con un gancho en espiral que gira sobre su propio eje mientras la cuba también lo hace. Este tipo de amasadoras funcionan ejerciendo una presión hacia abajo sobre las masas.

- **Alternativa 3: Amasadora planetaria.**

Las amasadoras planetarias reciben su nombre por el tipo de movimiento que realizan, Trabajan mediante un mecanismo donde el batidor gira sobre su propio eje y, simultáneamente, alrededor del bol, permitiendo una mezcla uniforme y homogénea de los ingredientes. Generalmente funcionan con un accesorio de palas planas.

6.1.2. Criterios de valoración

- **Criterio 1: Adaptación a masas sin gluten.** El principal criterio de valoración para la elección de la alternativa adecuada es su utilidad en masas sin gluten, ya que suelen ser más pegajosas y con mayor contenido de agua que las tradicionales de trigo, por lo que su diseño se deberá ajustar a estas características para obtener mejores rendimientos.

Peso: 50%

- **Criterio 2: Versatilidad.** Es importante invertir en maquinaria que vaya a poder emplearse para otro tipo de producciones, volúmenes, texturas, etc. y así sacarle el mayor beneficio posible.

Peso: 25%

- **Criterio 3: Velocidad de amasado.** La velocidad de amasado es también un factor importante, ya que no todas las masas requieren la misma velocidad de amasado y se

debe escoger una amasadora con una velocidad adaptada al tipo de masa, sin que produzca recalentamientos excesivos y con buen rendimiento.

Peso: 25%

6.1.3. Evaluación de alternativas

- **Alternativa 1:** Amasadora de brazos.

- Adaptación a masas sin gluten: Su funcionamiento pretende imitar el proceso de amasado tradicional, permitiendo el desarrollo de la red de gluten. En el caso de panes sin gluten esto no va a ocurrir, por lo que no es necesario un amasado lento y suave para permitir la incorporación de aire en la masa.

Valoración: 1

- Versatilidad: Es una de las más empleadas en la industria panadera gracias a su versatilidad, que permite el amasado de masas de distintas consistencias. Sin embargo, para masas poco consistentes, como es el caso de las masas sin gluten, su aplicación es más limitada.

Valoración: 3

- Velocidad de amasado: La velocidad de amasado dependerá del modelo de máquina, pero generalmente es un amasado lento que permite la incorporación de aire y el desarrollo de la red de gluten.

Valoración: 1

- **Alternativa 2:** Amasadora en espiral.

- Adaptación a masas sin gluten: El funcionamiento de este tipo de amasadoras está diseñado para que el brazo en espiral gire y estire la masa favoreciendo la red de gluten. En este tipo de masas no se busca el desarrollo de la red de gluten. Además, debido a la menor superficie de contacto del brazo en comparación con otros, podría generar un amasado menos efectivo y dando lugar a una masa poco homogénea.

Valoración: 1

- Versatilidad: Es apta para masas con gluten de media y alta absorción. Además tiene un buen rendimiento en grandes volúmenes. Sin embargo, su uso para masas blandas o menos consistentes es bastante limitado.

Valoración: 2

- Velocidad de amasado: Generalmente lleva a cabo un amasado a velocidad media-alta, permitiendo periodos más cortos de amasado y contribuyendo por tanto a mayores producciones en menor tiempo, preferible en masas sin gluten, ya que no se va a dar el desarrollo de la red de gluten. Sin embargo, también puede contribuir a recalentamientos indeseados.

Valoración: 4

- **Alternativa 3:** Amasadora planetaria.
 - Adaptación a masas sin gluten: Gracias a las palas planas y su movimiento permite un amasado homogéneo, que permite la incorporación de todos los ingredientes

Valoración: 4

- Versatilidad: Elevada. Se puede emplear para distintos tipos de masas, incluyendo masas blandas sin gluten. Se puede emplear para todo tipo de masas con gluten, aunque requiere más tiempo para alcanzar el desarrollo completo de masas más consistentes. Además, generalmente, permite el intercambio de distintos accesorios, adaptándose a las necesidades de la masa.

Valoración: 4

- Velocidad de amasado: La velocidad dependerá de la máquina, como en el caso de las anteriores, si bien generalmente permite velocidades de amasado elevadas, acelerando el proceso de amasado, especialmente en las masas sin gluten en las que no se da el desarrollo de la red de gluten. Puede dar lugar a recalentamientos.

Valoración: 3

TABLA 1.4. Puntuaciones ponderadas de las distintas alternativas de materia prima: harina.

Criterio	Ponderación	Alternativa					
		1		2		3	
	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	
1	0,60	1	0,60	1	0,60	4	2,40
2	0,20	3	0,60	2	0,40	4	0,80
3	0,20	1	0,20	4	0,80	4	0,80
TOTAL	1,00		1,40		1,80		4,00

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, después de la evaluación de alternativas, concluimos que la mejor opción de amasadora para emplear en la producción de panes sin gluten será la amasadora planetaria, ya que permite un amasado homogéneo y rápido de la masa, que no requiere un mayor tiempo para el desarrollo de la red de gluten. Además, este tipo de amasadora gracias a su versatilidad permite ser utilizada en distintas producciones además de la de panes diseñada.

7. Evaluación de alternativas en cuanto al nivel tecnológico del proceso productivo

En la línea de producción se elaborarán panecillos individuales (mollete), por la facilidad de producción regular diaria. Se realizó un estudio de alternativas multicriterio para la elección del tipo de producción: tradicional, semiindustrial o industrial.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

7.1. Estudio de alternativas: tipo de producción

7.1.1. Identificación de alternativas generadas

- **Alternativa 1:** Producción artesanal.

De acuerdo con el Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan, la producción artesanal se caracteriza por ser una producción a pequeña escala, donde prima el factor humano sobre el mecánico. Por ejemplo, el formado de las piezas se debe realizar total o parcialmente de forma manual y la elaboración se lleva a cabo bajo la dirección de un maestro panadero o artesano con experiencia. El pan obtenido es un producto fresco, de elaboración diaria y con el sabor tradicional.

- **Alternativa 2:** Producción semiindustrial.

Combina elementos de la producción artesanal e industrial. Es un tipo de producción que busca un equilibrio entre la producción tradicional, que se caracteriza por un producto fresco de elaboración diaria y el uso de materias primas de proximidad, con un cierto grado de automatización, que permita una producción homogénea y mayor, sin alcanzar el nivel de automatización ni el gran volumen de producción que se obtiene en panaderías industriales.

- **Alternativa 3:** Producción industrial.

En este caso se trata de una producción a gran escala, donde la mayor parte del proceso está automatizado. El uso de maquinaria permite una producción continua de gran volumen y la obtención de productos estandarizados.

7.2. Criterios de valoración

- **Criterio 1: Riesgo de contaminación con gluten.** En la producción de panes sin gluten la seguridad alimentaria es crítica. El cumplimiento de los requisitos y normativas específicas y evitar contaminaciones cruzadas permiten garantizar la calidad e inocuidad del alimento, en este caso para personas celiacas o con otras patologías relacionadas con el gluten. Un fallo podría significar grandes pérdidas para la industria, que incluyen pérdida de confianza por parte del consumidor y problemas legales.

Peso: 30%

- **Criterio 2: Capacidad de producción.** La cantidad de unidades o kilogramos producidos por día también es un factor importante para la industria, ya que se debe garantizar que la producción cubra toda la demanda diaria, teniendo en cuenta que esta varía dependiendo de la temporada. Recordamos que la planta se quiere implantar en una industria de entorno mayoritariamente rural, hacia la que va a ir destinada la producción, y en fiestas patronales o en la temporada de verano, la ocupación aumenta, pudiendo llegar a duplicarse o triplicarse.

Peso: 25%

- **Criterio 3: Demanda percibida.** Se busca evaluar el atractivo del producto para el consumidor, en un contexto en el cual se valora cada vez más los productos artesanales que muchas veces se perciben como alimentos más naturales y frescos (ver Anejo V. Estudio de mercado).

Peso: 25%

- **Criterio 2: Costes de inversión y operación.** Es un factor también importante para tener en cuenta ya que está relacionado con la viabilidad de la industria. Estos costes incluyen maquinaria, personal cualificado, energía y mantenimiento.

Peso: 20%

7.3. Evaluación de alternativas

- **Alternativa 1:** Producción artesanal.

- **Riesgo de contaminación con gluten:** Se trata de un proceso de elaboración mayoritariamente manual, por lo que está expuesto al riesgo de que se cometan errores humanos, especialmente si se tiene en cuenta que en la industria se elabora también otros productos con gluten. Y, aunque se deben llevar a cabo los controles y Puntos de Control Crítico que detecten la presencia de gluten en el producto terminado y se evite que ese producto no llegue al consumidor, supone la retirada de todo el lote, produciendo pérdidas para la empresa.

Valoración: 3

- **Capacidad de producción:** La producción es limitada. Es adecuada para la venta en tienda local y venta ambulante en los pueblos próximos, sin embargo, es insuficiente si la demanda incrementa, por ejemplo, en determinadas épocas del año, si se da una expansión rápida.

Valoración: 2

- **Demandas percibida:** Se obtiene pan sin gluten que encaja con las tendencias actuales de consumo, donde las personas buscan productos artesanales y naturales, asociados comúnmente con productos de mayor calidad.

Valoración: 5

- **Costes de inversión y operación:** Este tipo de producción supone una baja inversión inicial comparada como los otros tipos de producción, ya que supone instalaciones pequeñas, de acuerdo con la producción, y adquisición reducida de maquinaria, limitándose a hornos tradicionales, y utensilios como mezcladoras manuales.

Sin embargo, el coste de operación puede ser más elevado, debido a los costes que genera sobre todo la mano de obra, que es superior a la de las otras producciones más industrializadas, y la adquisición de materias primas, ya que se compran en pequeñas cantidades. Estos costes no suelen ascender mucho, ya que la producción

no es muy grande, pero eleva el coste por unidad producida. El gasto energético también es reducido.

Valoración: 4

- **Alternativa 2:** Producción semiindustrial.

- Riesgo de contaminación con gluten: Es un proceso mucho más automatizado que en el caso del artesanal, por lo que el riesgo de producirse contaminaciones de gluten disminuye, pero es posible.

Valoración: 4

- Capacidad de producción: La producción es mayor que en el caso de la artesanal, gracias al mayor grado de automatización. Esto permite abastecer la demanda habitual, tanto en tienda local como en los pueblos de alrededor o pedidos eventuales del canal HORECA, además de ser flexible a un aumento de demanda en ciertas épocas del año.

Valoración: 4

- Demandas percibida: Pierde la imagen de producto artesanal apreciada hoy en día por el consumidor, pero representa un buen balance entre lo tradicional e industrial.

Valoración: 4

- Costes de inversión y operación: La producción semiindustrial requiere de más maquinaria y de mayores dimensiones que la artesanal para poder garantizar el volumen de producción, lo que supone una mayor inversión inicial.

En cuanto a los costes de operación, se requiere también de mano de obra, y el gasto energético aumenta. El precio de las materias primas se vuelve más económico debido a compras de mayor volumen.

Valoración: 3

- **Alternativa 3:** Producción industrial.

- Riesgo de contaminación con gluten: Este tipo de producción se caracteriza por estar totalmente mecanizado. Cuentan con controles automatizados y la manipulación por operarios es mínima, por lo que el riesgo de contaminaciones es mínimo, aunque existe la posibilidad.

Valoración: 5

- Capacidad de producción: Las empresas con este tipo de producción tienen la máxima capacidad gracias al alto grado de automatización. Estas industrias están diseñadas para abastecer grandes superficies y cadenas de distribución.

Esta línea de producción de pan sin gluten se diseña centrada en la venta de proximidad para abastecer la demanda local y de los pueblos próximos, de manera que este tipo de producción sería excesiva teniendo en cuenta el mercado objetivo, generándose pérdidas.

Valoración: 3

- **Demandas percibida:** A pesar de que el proceso de elaboración industrial garantiza la uniformidad del producto, los consumidores lo suelen percibir como un producto menos natural, que le resta atractivo en un contexto de mayor interés por productos frescos y artesanales, que se consideran más sanos.

Valoración: 2

- **Costes de inversión y operación:** Requiere de una gran inversión inicial en maquinaria de gran escala y la automatización de la línea, que garanticen la seguridad alimentaria. Requiere de plantas grandes para producir grandes volúmenes de producto final. El consumo energético también se incrementa notablemente. Estos gastos iniciales serán difíciles de compensar teniendo en cuenta que el mercado se va a centrar a nivel regional en un principio.

Se reduce el gasto de mano de obra, que será menor por unidad producida gracias a la automatización. También se reduce el coste por unidad de materias primas gracias a la compra de grandes volúmenes.

Valoración: 2

TABLA 1.5. Puntuaciones ponderadas de las distintas alternativas de tipo de producción.

Criterio	Ponderación	Alternativa					
		1		2		3	
	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor	Valor ponderado
1	0,30	3	0,90	4	1,20	5	1,50
2	0,25	2	0,50	4	1,00	3	0,75
3	0,25	5	1,25	4	1,00	2	0,50
4	0,20	4	0,80	3	0,60	2	0,40
TOTAL	1,00		3,45		3,80		3,15

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos del estudio multicriterio, el tipo de producción que se llevará a cabo en la nueva línea de panes sin gluten tendrá un enfoque semiindustrial, que se adapta perfectamente al modelo de mercado de proximidad.

El pan es un alimento con un gran vínculo a lo tradicional. Es decir, es un alimento que durante muchos años se ha elaborado de manera artesanal en muchos hogares y comercios. Por lo que el consumidor tiende a buscar en este producto el sabor y características de siempre. Con este tipo de producción se consigue un equilibrio entre lo artesanal y la producción industrial, basada

en una mecanización moderada del proceso que permite cubrir la demanda, que puede variar en volumen dependiendo del momento del año, y reducir el riesgo de contaminaciones.

8. Conclusiones

Después de realizar el estudio de alternativas que se presentan para este proyecto, se concluye que:

- El protocolo diseñado y desarrollado para la evaluación de calidad de harinas y masas sin gluten para mejorar la calidad final de los panes se basará en el Farinógrafo y en el uso de un nuevo accesorio, el FarinoAdd S300, que se ha demostrado que facilita y mejora el análisis.
- El proceso productivo incluirá un amasado homogéneo empleando una amasadora planetaria, que permite llevar a cabo esta operación en un periodo corto de tiempo.
- En cuanto al nivel tecnológico del proceso productivo, se basará un modelo semiindustrial, que combina la integración de equipos automatizados que mejoran la eficiencia y la homogeneidad, con elementos de elaboración artesanal que aportan diferenciación y valor añadido al producto.

Bibliografía

Boletín Oficial del Estado (2019). Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan. BOE, núm. 113, 11 de mayo de 2019, 50168-50175.

Dhaliwal, Y. S., Sekhon, K. S., y Nagi, H. P. S. (1991). Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. *Cereal Chemistry*, 68, 18-21.

Don, C. (2022). Dough rheology and the Farinograph: The mechanism underlying dough development. In *The Farinograph Handbook*, 4, 43-70. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00015-7>

Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J. A., y Courtin, C. M. (2012). Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 56-63.

Roman, L., Belorio, M., y Gomez, M. (2019). Gluten-free breads: The gap between research and commercial reality. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(3), 690-702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12437>

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO II. Desarrollo técnico del protocolo de análisis de masas sin gluten.

ÍNDICE ANEJO II: DESARROLLO TÉCNICO DEL PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE MASAS SIN GLUTEN
1. Objetivo..... 1
2. Análisis previos..... 1
2.1. Cantidad de masa 1
2.1.1. Materiales y métodos..... 1
2.1.2. Resultados y discusión..... 2
2.2. Consistencia adecuada. 4
2.2.1. Materiales y métodos..... 4
2.2.2. Resultados y discusión..... 5
3. Diseño del protocolo de análisis 8
Bibliografía..... 14

1. Objetivo.

El objetivo de este anejo es definir y desarrollar un protocolo para el análisis de harinas y masas sin gluten que puedan utilizar las industrias para detectar diferencias entre distintas harinas de arroz que se puedan dar cuando se cambie de lote o de proveedor.

2. Análisis previos.

Antes de describir el protocolo de análisis, se realizaron unos estudios con el fin de definir ciertos parámetros que aseguren condiciones constantes en todos los análisis farinográficos y la reproducibilidad de los resultados. Estos parámetros son la cantidad de masa que se va a introducir en la amasadora de medición del farinógrafo y la consistencia a la que se va a intentar llevar la masa modificando la hidratación.

En los análisis farinográficos para homogeneizar el volumen de los panes, se determinó que se debe trabajar con una cantidad de masa constante (ingredientes con agua). Trabajar con una cantidad de masa constante permite comparar las distintas formulaciones y comprobar los efectos que tiene utilizar mayor o menor cantidad de agua.

Otro factor importante es la consistencia adecuada de la masa. El nivel de hidratación de las masas de los panes sin gluten es un factor determinante en la calidad del producto final. Para la determinación de absorción de agua de masas elaboradas con harina de trigo se busca alcanzar una consistencia de 500 FU (Bresciani et al., 2022). Es decir, el farinógrafo permite ajustar la cantidad de agua que la masa necesita para llegar a ese nivel de referencia estándar de consistencia. Sin embargo, para las masas de pan sin gluten no existe un método estandarizado y no se ha establecido una consistencia estándar. Con estos estudios previos se busca determinar una consistencia adecuada que permita obtener buenos resultados en la panificación.

2.1. Cantidad de masa

Lo primero que se debe conocer para realizar un ensayo farinográfico es la cantidad de masa que se debe introducir en la amasadora. Para ello se realizaron análisis farinográficos con distintas cantidades de la misma masa y se analizaron los resultados, prestando especial interés en la tendencia de la curva y repetibilidad de los resultados.

2.1.1. Materiales y métodos

Análisis farinográficos

Para determinar la cantidad de masa a utilizar en los análisis farinográficos de masas sin gluten empleando el accesorio FarinoAdd S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) desarrollado para el análisis de masas sin gluten, se realizaron distintos ensayos con el Brabender Farinograph (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) y distintas cantidades de masa con la misma formulación (Tabla 2.1).

Se siguió el método Gluten Free. Las cantidades de masa con las que se realizaron los ensayos fueron de 235 g, 225 g, 215 g, 205 g, 195 g, 185 g y 175 g, que se llevaron a cabo por duplicado.

La temperatura de la amasadora y del agua de dosificación se mantuvo constante a $30,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y la velocidad de amasado fue de 63 rpm.

TABLA 2.1. Formulación de la masa para los análisis farinográficos con base harina de arroz y almidón de maíz 50:50.

Ingredientes añadidos a la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50)	Porcentaje (%)
Harina de arroz (Hacendado, Arrocerías Pons SAU, Valencia, España)	50
Almidón de Maíz (Tereos, Zaragoza, España)	50
Aceite Refinado de Girasol (Rafael Salgado, Oleosalgado S.A., Sevilla, España)	6 ¹
Azúcar Blanco (Acor, Valladolid, España)	5 ¹
HPMC K4M (Rettemaier Ibérica, Barcelona, España)	2 ¹
Sal Yodada (Hacendado, Salinas de Odiel S.L., Huelva, España)	2 ¹
Agua (Sistema de Abastecimiento Local)	80 ¹

Nota:

¹Porcentaje expresado sobre el total de la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50).

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2. Resultados y discusión

A continuación, en la figura 2.1. se pueden observar los farinogramas obtenidos con cada cantidad de masa medida.

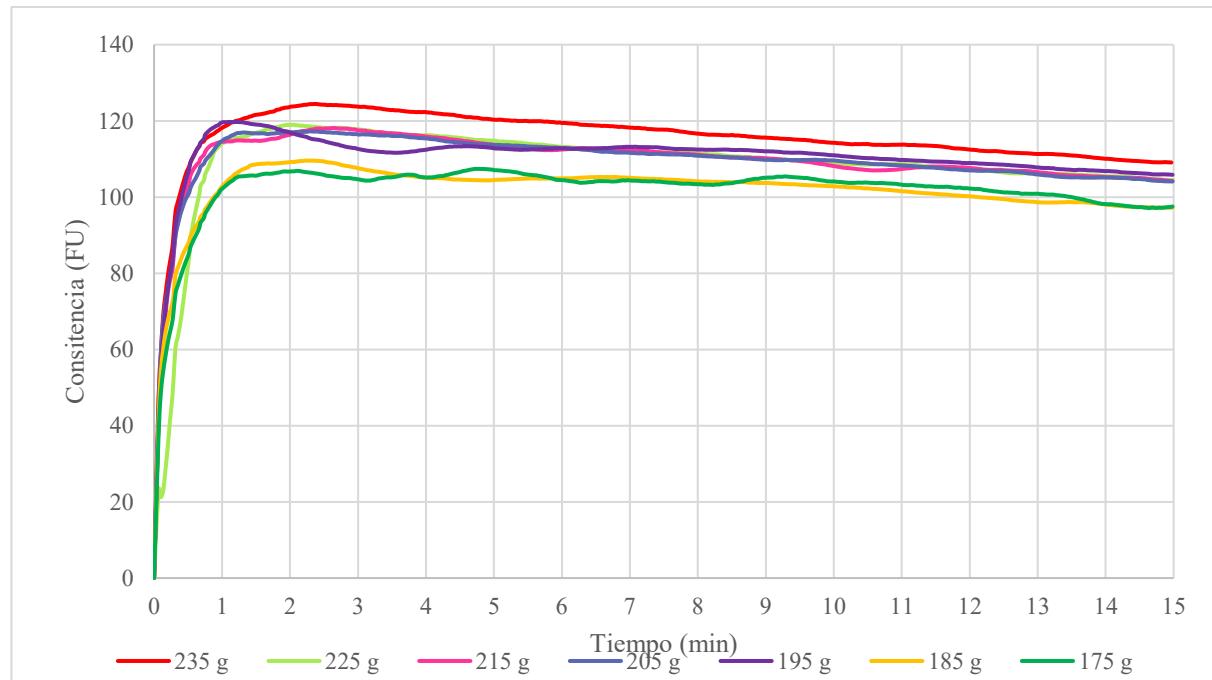


FIGURA 2.1. Comparación distintas curvas obtenidas con el farinógrafo y el accesorio Farinoad S300 para diferentes cantidades de masa.

ANEJO II: DESARROLLO TÉCNICO DEL PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE MASAS SIN GLUTEN

Como cabía esperar, se observó que existen pequeñas variaciones en la consistencia medida dependiendo de la cantidad de masa introducida, pero el comportamiento es el mismo en todos los casos, teniendo una pequeña subida de la consistencia al comienzo (en los primeros 2 minutos), que luego desciende progresivamente. La diferencia entre la máxima consistencia registrada y la consistencia final es de aproximadamente 14 FU en la mayoría de los casos.

Sin embargo, al comparar las repeticiones del ensayo con cada cantidad de masa y calcular la desviación estándar de cada una (Tabla 2.2), se observó que los análisis realizados con menos de 205 g presentaron mayor variabilidad entre repeticiones y resultados menos reproducibles. Esto pudo deberse a diferentes motivos, principalmente a una distribución inadecuada de la masa en la cámara del farinógrafo, que no se llenó correctamente, quedando espacios entre los brazos y la cámara, lo que pudo provocar una mala homogeneización de la mezcla. Esto supone que la masa no sea empujada por las palas de forma correcta, dando como resultado un gráfico con más ruido y picos irregulares y unos valores para la consistencia inferiores a los reales.

Por otro lado, para los análisis con cantidades de masa superiores a 215 g, se detectó que la cantidad era excesiva, ya que la masa no tenía suficiente espacio de desarrollo y tendía a salir por el orificio del accesorio por donde se introduce el agua. Además, durante el amasado, la presión sobre el accesorio y, consecuentemente, en la tapa aumentó, forzándose el equipo. Esto pudo provocar que se registrasen curvas con una consistencia anormalmente elevada y se perdió reproductibilidad entre repeticiones.

Por su parte, los análisis con 205 g y 215 g proporcionaron resultados más parecidos y sin grandes diferencias entre repeticiones. Con 205 g se obtuvo una consistencia máxima media de $118,25 \text{ FU} \pm 1,22$, y con 215 g la consistencia máxima media obtenida fue de $118,90 \text{ FU} \pm 1,10$.

TABLA 2.2. Resultados de la consistencia máxima (FU) obtenida de los análisis farinográficos con cada cantidad de masa y su desviación estándar:

Cantidad de masa (g)	Consistencia máxima (FU)
235	$124,82 \pm 10,65$
225	$119,21 \pm 3,44$
215	$118,90 \pm 1,10$
205	$118,25 \pm 1,22$
195	$119,81 \pm 8,20$
185	$109,85 \pm 13,73$
175	$109,77 \pm 21,20$

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, para el protocolo de análisis de masas sin gluten se estableció que la cantidad de masa debe estar entre los 205 y 215 g cuando se analicen masas sin gluten con el accesorio FarinoAdd S300, ya que son las que menos variabilidad presentaron entre repeticiones. Para la formulación de los panes de este proyecto se utilizará 215 g.

2.2. Consistencia adecuada.

La característica principal del producto final que se busca igualar con este protocolo es el volumen. Por lo tanto, para determinar la consistencia que se busca alcanzar para masas sin gluten, se realizó un estudio previo sobre los cambios de volumen del producto final con distintas hidrataciones y los resultados obtenidos con el farinógrafo al analizar esas masas. Finalmente se seleccionó la consistencia de la masa con una hidratación que dio mejores resultados de volumen del producto final.

2.2.1. Materiales y métodos

Análisis farinográficos.

Para comprobar cómo afecta el nivel de hidratación de la masa en los resultados obtenidos por el farinógrafo y qué relación existe entre esos resultados y la panificación, se realizaron análisis farinográficos utilizando el Brabender Farinograph (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) y el accesorio FarinoAdd S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) desarrollado para el análisis de masas sin gluten.

Para estos análisis se siguió el método Gluten Free y una cantidad de masa constante de 215 g, de acuerdo con el estudio anterior. La temperatura de la amasadora y del agua de dosificación se mantuvo constante a $30,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y la velocidad de amasado fue de 63 rpm.

La formulación de la masa (Tabla 2.3) se mantuvo constante, excepto el nivel de hidratación, que fue la variable del estudio. Las hidrataciones que se utilizaron fueron de 100%, 90%, 80%, 70%.

TABLA 2.3. Formulación de la masa para los análisis farinográficos con base harina de arroz y almidón de maíz 50:50.

Ingredientes añadidos a la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50)	Porcentaje (%)
Harina de arroz (Hacendado, Arrocerías Pons SAU, Valencia, España)	50
Almidón de Maíz (Tereos, Zaragoza, España)	50
Aceite Refinado de Girasol (Rafael Salgado, Oleosalgado S.A., Sevilla, España)	6 ¹
Azúcar Blanco (Acor, Valladolid, España)	5 ¹
HPMC K4M (Rettemaier Ibérica, Barcelona, España)	2 ¹
Sal Yodada (Hacendado, Salinas de Odiel S.L., Huelva, España)	2 ¹
Agua (Sistema de Abastecimiento Local)	Variable ²

Nota:

¹Porcentaje expresado sobre el total de la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50).

² El porcentaje fue la variable de este estudio. Se emplearon hidrataciones de 70%, 80%, 90% y 100%.

Fuente: Elaboración Propia.

Panificación.

Para las panificaciones se utilizó la misma formulación que para los análisis farinográficos, detallada en la Tabla 2.3, a la que se le añadió un 3% de levadura.

Los ingredientes se mezclaron con una batidora KitchenAids Professional mix-er (Kitchen Aid, St. Joseph, Michigan, USA) empleando el accesorio de amasado (modelo K45DH). Primero, se mezclaron los ingredientes sólidos y el aceite, a la velocidad mínima. Posteriormente se añadió la levadura, previamente hidratada, con la cantidad correspondiente de agua, y se batió la mezcla durante 8 minutos a velocidad 2.

Cada masa se depositó en 5 moldes de aluminio de dimensiones 145x120x40 previamente engrasados con aceite (150 gramos de masa por molde). La masa, una vez añadida al molde de forma uniforme, se llevó a la cámara de fermentación durante 1 hora a 30°C y una humedad relativa de 80%. Transcurrido ese tiempo las piezas se llevaron al horno a 220°C durante 40 minutos.

Finalizado el horneado, las piezas se dejaron en reposo durante 60 minutos, con el fin de igualar su temperatura con la temperatura ambiente. Despues se envasaron en bolsas de polietileno (Bosque Verde, Mercadona, España) y fueron almacenados a una temperatura de 22°C durante hasta el momento del análisis, 24 horas después.

Análisis físicos de los panes.

Después de 24 horas de almacenamiento, los panes se pesaron y se analizó el volumen de los 5 panes de cada lote.

El volumen se determinó mediante el equipo Volscan Profiler (Stable Microsystems, Surrey, UK). El volumen específico, expresado en cm³/g se calculó posteriormente utilizando la ecuación 2.2.:

$$\text{Volumen específico } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right) = \frac{\text{Volumen del pan (cm}^3)}{\text{Peso de la masa (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Las panificaciones se realizaron por duplicado, por lo que se llevó a cabo una repetición de este análisis.

2.2.2. Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos de los análisis farinográficos de la misma masa con distintas hidrataciones se muestran en la Figura 2.2.

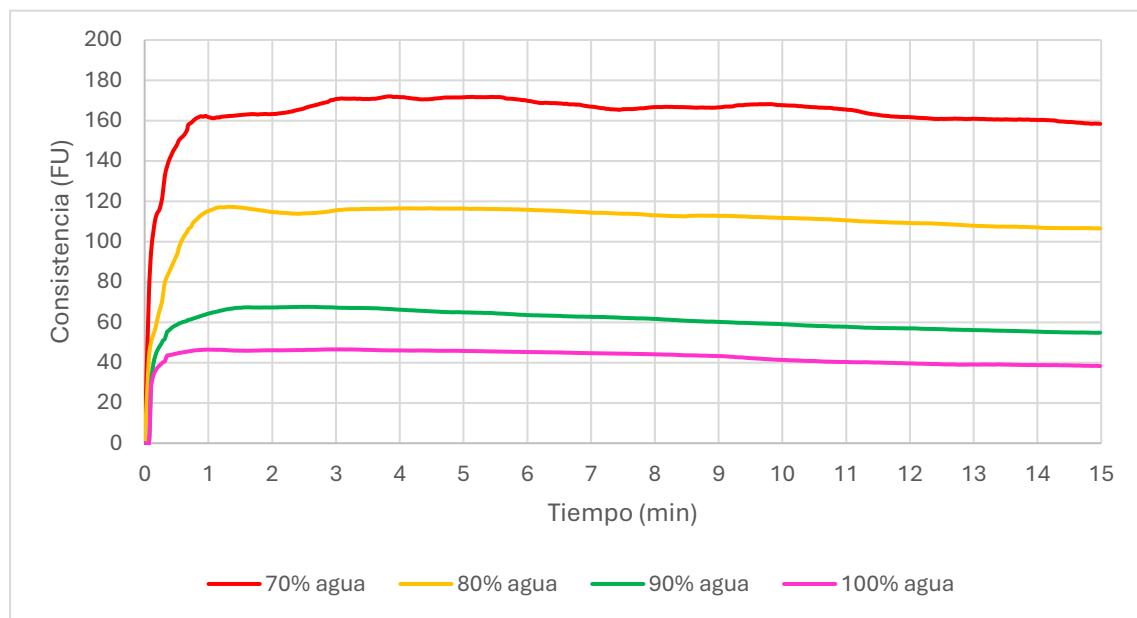


FIGURA 2.2. Comparación distintas curvas obtenidas con el farinógrafo y el accesorio Farinoad-S300 para masas con distinta cantidad de agua y 215 g de masa total.

Tal como se podía esperar, se obtuvieron resultados diferentes para las masas con distinta hidratación, de manera que las masas con mayor hidratación muestran una menor consistencia, siendo menor la consistencia de la masa con un 100% de agua, y las masas con menor porcentaje de agua fueron las que presentaron mayor consistencia, siendo la mayor la consistencia de la masa con un 70% de agua.

Posteriormente, se llevaron a cabo las panificaciones, para comprobar como afectaba la hidratación al volumen obtenido de los panes. Se calculó el volumen específico de los panes con el peso medido a las 24 horas de ser horneado y el volumen medido. Los resultados obtenidos para cada una de las panificaciones se muestran en la Tabla 2.4 y Figura 2.3.

TABLA 2.4. Volumen específico (cm^3/g) de los panes obtenidos de masas con distinto porcentaje de hidratación y desviación estándar.

	70% hidratación	80% hidratación	90% hidratación	100% hidratación
Volumen específico (cm^3/g)	$2,69 \pm 0,17$	$5,24 \pm 0,49$	$5,22 \pm 0,48$	$4,41 \pm 0,75$

Fuente: Elaboración propia.

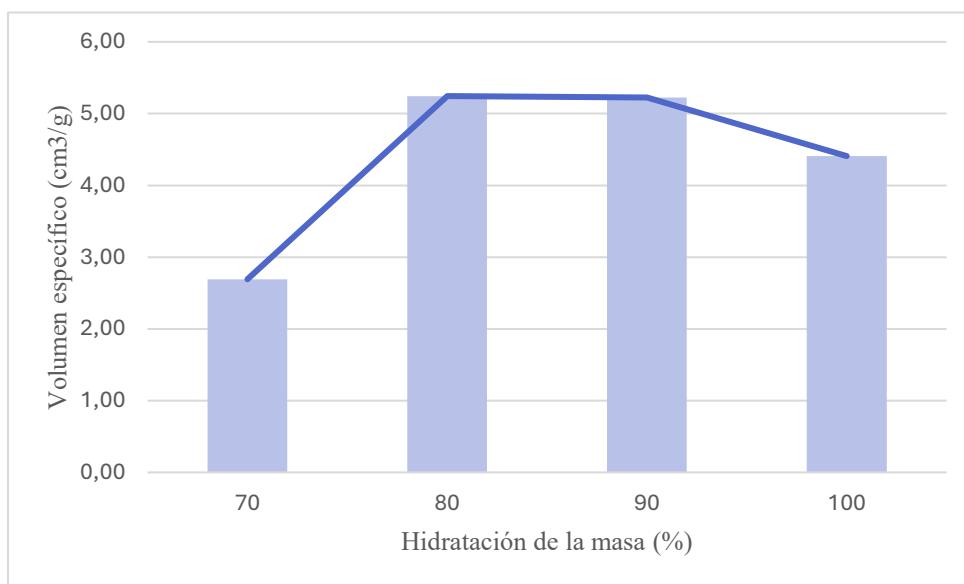


FIGURA 2.3. Evolución del volumen específico (cm³/g) de los panes obtenidos de masas con distinto porcentaje de hidratación.

Se sabe que el volumen del pan aumenta con el incremento de la hidratación de la masa hasta llegar a un máximo, a partir del cual los panes se caen en la fermentación u horneado por falta de consistencia o estructura (Mancebo et al. 2017). Con los panes sin gluten ocurrió lo mismo. Se observó un incremento del volumen del pan a medida que se incrementa la hidratación, hasta llegar a un máximo correspondiente a una hidratación entre 80% y 90% a partir de la cual los panes se caen en la fermentación u horneado por falta de consistencia o estructura y el volumen final disminuye.

En base a los resultados obtenidos, se eligió la consistencia correspondiente al máximo volumen de los panes obtenidos. El máximo volumen se alcanzó con un 80% y 90% de hidratación. Las masas con esa hidratación alcanzaron una consistencia máxima de $117,272 \pm 1,076$ FU y $67,644 \pm 1,036$ FU. Por lo que la consistencia elegida para los posteriores análisis de las masas para los panes que se van a producir en la línea fue de 100 ± 5 FU. Se trata de una consistencia intermedia que evita que mínimos cambios en la formulación provoquen una caída.

Esta elección fue respaldada igualmente por un estudio realizado por Sahin et al., (2020), en el cual se obtuvo un mayor volumen específico y mejor calidad de miga para aquellos panes sin gluten elaborados con masas de base de harina de arroz y HPMC y una hidratación que permitió alcanzar una consistencia de 103 FU en el análisis farinográfico. Por lo que 100 ± 5 FU se consideró una consistencia adecuada para obtener masas con un buen rendimiento en la línea.

3. Diseño del protocolo de análisis

Después de llevar a cabo estos análisis previos para establecer parámetros importantes del análisis, se diseña el protocolo de análisis que se debe seguir en la línea de producción de panes sin gluten para reducir variaciones, principalmente en el volumen.

ENSAYO FARINOGRÁFICO PARA MASAS SIN GLUTEN: **PROTOCOLO PARA CANTIDAD DE MASA CONSTANTE.**

Versión: 1.0

Fecha: 09-09-2025

Objetivo

Analizar la absorción de las harinas sin gluten y determinar la estabilidad y otros parámetros del comportamiento de las masas durante el amasado mediante el Farinógrafo para la mejora de la producción de panes sin gluten. Este protocolo ha sido diseñado para llevar a cabo comparaciones internas entre muestras y, así, poder controlar variaciones de formulación o lote de las materias primas.

Existen dos tipos de análisis en cuanto al Farinógrafo se refiere: con cantidad de masa constante y con cantidad de harina constante. En el protocolo que se define a continuación se describe el procedimiento de análisis con masa constante, adecuado para igualar las características del producto final.

Alcance

Aplica a masas sin gluten destinadas a panificación.

Consideraciones específicas para masas sin gluten

- En el protocolo para masas de harinas con gluten, el análisis farinográfico se realiza con una mezcla de harina y agua. Sin embargo, las masas que se emplean para panificación sin gluten suelen ser más complejas y suponen la interacción de distintos componentes para obtener una consistencia concreta. Analizar solo la harina empleada no refleja la interacción real de la formulación. Por ello, para el análisis farinográfico de masas sin gluten se empleará la formulación completa.
- La absorción de agua en el caso de masas sin gluten se calculará sobre la base de harina + almidón, principales componentes que absorben agua y forman la estructura básica (Ec. 4).

ANEJO II: DESARROLLO TÉCNICO DEL PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE MASAS SIN GLUTEN

- La cantidad de masa que se debe introducir en la amasadora de medición con el accesorio para masas sin gluten dependerá de su formulación. Se recomienda fijar una cantidad de masa entre 205 y 215 g, que incluyen los ingredientes secos y el agua, para obtener mejores resultados. Esta cantidad no debe variar entre ensayos.
- Para masas sin gluten, la línea de referencia de consistencia no será 500 FU al igual que las masas de harina de trigo. Las masas sin gluten son más líquidas y viscosas, por lo que se debe ajustar esta referencia. La consistencia estándar con la que se recomienda empezar para masas sin gluten es de 100 ± 5 FU (consistencia seleccionada en base a análisis previos y consulta de bibliografía, donde se demuestra la obtención de mejores rendimientos cuando se alcanza dicha consistencia). Sin embargo, esa consistencia se deberá adaptar a la formulación específica de cada pan sin gluten.
- El equipo no medirá consistencias por debajo de 40 FU.
- Se recomienda mínimo 1 repetición por muestra para garantizar la fiabilidad de los resultados.

Equipo y materiales

- Brabender Farinograph (Brabender GmbH. KG, Duisburg, Alemania) con la amasadora de medición S300, con capacidad máxima de 300 g de harina.
- Kit accesorio FarinoAdd S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania).
- Balanza analítica (precisión 0,1 g).
- Espátula plástica.
- Paños, papel.
- Agua destilada.
- Ambiente de ensayo controlado ($30 \pm 0,2$ °C del agua de dosificación en la entrada de la amasadora).

Procedimiento

Preparación del equipo

1. Verificar que el Farinógrafo está limpio, libre de residuos. Si el equipo ha sido utilizado previamente para masas con gluten, realizar una limpieza cuidadosa (ver apartado de Limpieza).
2. Revisar que las palas de amasado y la amasadora estén correctamente instaladas y fijadas.
3. Asegurarse de que las mangueras están bien conectadas y que el agua puede circular libremente a través de las mangueras, manteniendo la temperatura de ensayo estable.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

4. Revisar el nivel de agua destilada del equipo de dosificación de agua AquaInject.
5. Encender el equipo y dejar en condiciones de reposo para estabilizar la temperatura del agua a la temperatura requerida ($30 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$).

El orden de encendido establece encender primero el termostato, ajustando la temperatura a $30 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, después el Farinógrafo y, una vez que el software MetaBridge ha arrancado, se enciende finalmente el sistema de dosificación de agua AquaInject.

6. Calibrar la dosificación de agua. El calibrado se debe realizar frecuentemente, mínimo cada 24 horas.

Ajustes instrumentales

- Ajustar el termostato para mantener la temperatura a $30 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ en la entrada de la amasadora.
- Verificar que la velocidad de mezclado es de 63 ± 2 rpm.

Recepción y preparación de muestra

1. Registrar lote, proveedor, fecha y tipo de materia prima que se va a evaluar (harina de arroz, almidón de maíz, ...).
2. Pesar las cantidades de los ingredientes previamente calculadas con la balanza.

Las fórmulas para calcular los gramos de cada ingrediente de la muestra a analizar (como ejemplo, se establece una cantidad de masa fija de 215 g) donde el porcentaje de cada ingrediente está referido a una base de harina o mezcla de harina y almidón se muestran a continuación:

- Cálculo base de harina o mezcla harina y almidón (B):

$$B = \frac{215}{1 + \sum_i P_i} \quad (\text{Ec 1})$$

donde B es la base de harina / harina + almidón y P_i el porcentaje de cada ingrediente (i) sobre la base B.

- Cálculo de harina (H) y almidón (A):

- Si la base está formada al 100% por la misma harina o almidón: H o A = B.
- Si la base está formada a partes iguales por una harina y un almidón: H = B/2 y A = B/2.
- Si la base está formada por una mezcla de una harina y un almidón en una proporción H/A = r:

$$H = \frac{r}{1+r} \times B \quad (\text{Ec 2})$$

$$A = \frac{1}{1+r} \times B \quad (Ec\ 3)$$

Estas fórmulas no sirven para formulaciones más complejas, donde la base es una mezcla de más harinas y almidones y requieres un ajuste específico del cálculo.

3. Homogeneizar la mezcla de ingredientes antes de verterla en la amasadora del Farinógrafo.

Inicio de ensayo

1. Una vez encendidos los equipos, colocar la muestra en la amasadora del Farinógrafo.
2. Establecer el protocolo (GlutenFree), nombre del ensayo, cantidad de muestra introducida y porcentaje de agua (referido a 300 ml).

La cantidad de agua a utilizar para el primer ensayo de cada nueva materia prima será la misma que la establecida en la fórmula de referencia que deberá haber sido determinada previamente (hidratación de referencia). En caso de no alcanzarse la consistencia de referencia, se procederá al ajuste de la hidratación, tomando de referencia que por cada 1% de agua añadida, se reduce la consistencia aproximadamente 5 FU, aunque dependerá de la formulación.

- Despues de 20 minutos de ensayo, se registran los resultados de consistencia máxima alcanzada y la absorción de la masa (Ec 4). Calcular media y desviación estándar para los valores de consistencia máxima y reportar como: media $\pm \sigma$.
- 3. Despues de cada ensayo limpiar y acondicionar el equipo para el próximo ensayo (ver apartado de Limpieza).

Limpieza

Una vez completado cada ensayo se debe limpiar y preparar el equipo para el siguiente análisis, siguiendo los pasos que se indican:

1. Parar el equipo, levantar la tapa y desenroscar las tuercas para retirar la parte frontal de la amasadora de medición y desechar la masa formada. Desmontar asimismo las palas y limpiarlas de igual manera que el resto del equipo.
2. Retirar los residuos visibles que puedan quedar adheridos antes de que se sequen. Utilizar la espátula de plástico para facilitar la operación.
3. Lavar únicamente con agua limpia y telas suaves la amasadora y las palas. Evitar que se introduzca masa en los orificios donde se colocan las palas. Nunca utilizar herramientas afiladas o puntiagudas que puedan dañar las superficies.
4. Secar con papel o paño limpio suave.

5. En caso de que el ensayo requiera estrictamente la no presencia de gluten realizar una prueba de superficie con kit rápido de detección de gluten.
6. Montar de nuevo las palas, lubricando la zona de mayor rozamiento de las palas cada vez que estas sean desmontadas. Posteriormente colocar de nuevo la pared de la amasadora y enroscar las tuercas para que quede asegurado.

Interpretación resultados

- **Absorción (%)**. Cantidad de agua óptima necesaria para que la masa alcance la consistencia máxima de referencia del ensayo.

La absorción de agua se calculará respecto a la cantidad de harina + almidón empleada en la mezcla, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{x}{y} \times 100 \quad (\text{Ec 4})$$

donde x = ml de agua necesarios para alcanzar la consistencia máxima de referencia y y = g de harina + almidón de la muestra a analizar.

Existen otros valores aparte de la absorción que se pueden derivar del farinograma. La forma típica de la curva obtenida tras el análisis farinográfico de masas sin gluten se muestra en la Figura 1. Son curvas donde el pico de máxima consistencia no está tan definido y no la estabilidad es inferior, de manera que se desestructura más rápido.

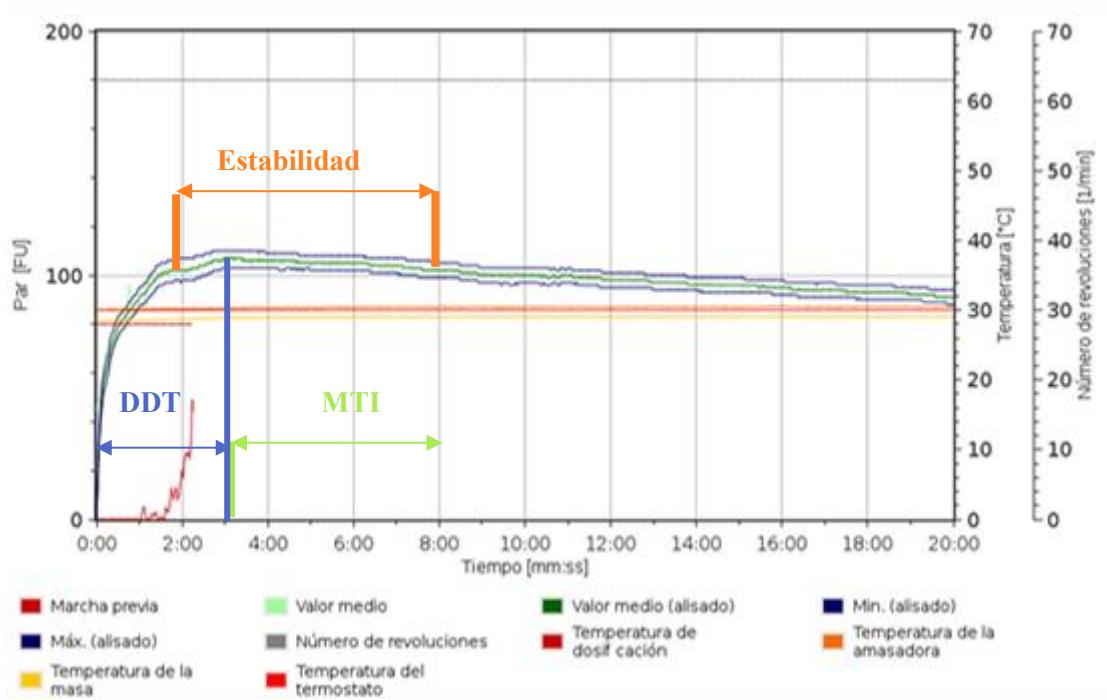


FIGURA 1. Ejemplo de farinograma de un ensayo de masas sin gluten con base de harina de arroz y almidón de maíz 50:50 y los puntos de evaluación.

- **Tiempo de desarrollo de la masa (Dough Development Time, DDT).** Es el intervalo de tiempo desde la adición de agua hasta el pico de máxima consistencia.
- **Pico de consistencia (Peak).** Máxima consistencia alcanzada expresada en FU (unidades del farinógrafo (Farinograph Units)).
- **Estabilidad.** Tiempo durante el que se mantiene la consistencia en un margen de 100 ± 5 FU. Mayor estabilidad sugiere mayor tolerancia al amasado. Por el contrario, valores muy bajos indican debilidad o degradación.
- **Índice de tolerancia del amasado (Mixing Tolerance Index, MTI).** Diferencia en unidades Brabender (FU) entre la consistencia máxima alcanzada durante el ensayo y la consistencia registrada 5 minutos después de alcanzado ese máximo.

Seguridad, buenas prácticas y responsabilidades.

- Llevar a cabo una calibración al menos cada 24 horas.
- Solo personal cualificado y formado podrá encargarse del montaje, modificación, eliminación, limpieza y manejo del equipo.
- Definir consistencia máxima de referencia por familia de producto.
- Deberá existir un registro de cada muestra de materia prima analizada, así como de los resultados obtenidos. También debe quedar registro de las veces que el equipo se calibra.
- Queda prohibido ingresar harinas con gluten en el área de trabajo durante los ensayos farinográficos de masas sin gluten.
- Documentar cualquier desviación del protocolo.
- No trabajar nunca con el pelo suelto, ropa suelta, como corbatas, pañuelos, bufandas, ...) o joyas en el dispositivo.
- Evitar trabajar varias personas a la vez con el dispositivo.

Consideraciones adicionales

La consistencia de referencia deberá adaptarse a cada formulación mediante análisis previos. La consistencia de 100 ± 5 FU indicada en este protocolo se determinó como óptima para alcanzar mejores rendimientos con la formulación específica de los panes sin gluten de este proyecto, pero no deberá considerarse un estándar universal para todas las masas sin gluten. La consistencia óptima podría variar de acuerdo con la proporción harina:almidón, hidrocoloides o cualquier otro ingrediente adicional.

Bibliografía.

Bock, J. E. (2022). The Farinograph: understanding Farinograph curves. In *The farinograph handbook* (pp. 33-41). Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00018-2>

Bresciani, A., Annor, G. A., Gardella, M., y Martí, A. (2022). Use of the farinograph for gluten-free grains. *The Farinograph Handbook* (pp. 111-126). Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00012-1>

Mancebo, C. M., Martínez, M. M., Merino, C., de la Hera, E., y Gómez, M. (2017). Effect of oil and shortening in rice bread quality: Relationship between dough rheology and quality characteristics. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 597-606.

Sahin, A. W., Wiertz, J., y Arendt, E. K. (2020). Evaluation of a new method to determine the water addition level in gluten-free bread systems. *Journal of Cereal Science*, 93, 102971. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102971>

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO III. Validación experimental del protocolo.

ÍNDICE ANEJO III. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes y estudios previos	1
1.2. El farinógrafo.....	2
1.3. Objetivo	3
2. Materiales y métodos.....	4
2.1. Materiales.....	4
2.2. Caracterización de las harinas de arroz	5
2.3. Análisis farinográfico	5
2.3.1. Análisis farinográfico de las harinas de arroz aisladas.....	6
2.3.2. Análisis farinográfico de masas de pan sin gluten.....	6
2.4. Panificación	7
2.5. Análisis físicos de los panes.....	8
2.6. Análisis estadístico.....	8
3. Resultados y discusión.....	8
3.1. Caracterización de las harinas de arroz.....	8
3.2. Análisis farinográficos de las harinas de arroz.....	11
3.3. Análisis farinográficos de las masas y ajuste de la hidratación	12
3.3.1. Análisis farinográficos con hidratación constante	12
3.3.2. Análisis farinográficos con hidratación corregida	14
3.4. Correlación análisis farinográficos de las harinas aisladas y masas completas ...	15
3.5. Resultados de las panificaciones y análisis físicos de los panes sin gluten.	16
4. Conclusiones.....	24
Bibliografía	25

1. Introducción

En el presente anejo se presenta un estudio en el que se pone en práctica el protocolo de trabajo desarrollado en el Anejo II con el Brabender Farinograph, para la evaluación de la calidad de masas y harinas y su aplicación para la mejora de la producción de panes sin gluten.

1.1. Antecedentes y estudios previos

De acuerdo con la Asociación de Celíacos y Sensibles al Gluten (ACSG, 2025), en los últimos años se ha producido un incremento en el consumo de productos sin gluten, como el pan sin gluten, por diversas razones. No solo ha aumentado el número de diagnósticos de celiaquía, sino que también se ha demostrado en distintos estudios, como el llevado a cabo por Hartmann et al. (2018), en el que se realizó una encuesta en distintos países europeos, que muchos consumidores prefieren aquellos productos libres de gluten porque los consideran más saludables.

Ante esta situación, surge la necesidad en las industrias de panificación de adaptarse a los gustos y preferencias del consumidor, produciendo panes sin gluten de calidad que sean aceptados en el mercado. Pero la elaboración de este grupo de panes difiere del proceso de producción para panes de trigo convencionales y presenta dificultades. Además, los panes sin gluten no siempre tienen buen recibimiento en el mercado, porque se alejan de las características de los panes convencionales en cuanto a sabor, volumen o textura, y provoca que sean rechazados. Por este motivo, al mismo tiempo que crece el consumo de panes sin gluten, también aumenta el número de investigaciones relacionadas con este tipo de producto, que pretenden mejorar el proceso de elaboración y las características del producto obtenido (Aguiar et al., 2023; Capelli et al., 2020).

Por ejemplo, existen estudios, como los elaborados por Cornejo y Rosell (2015) o Park et al. (2014), en los que se demuestra que características de la harina de arroz, uno de los principales ingredientes de los panes sin gluten comerciales (Roman et al., 2019), tales como su tamaño de partícula, tipo de arroz de procedencia o capacidad de absorción de agua influye en gran medida en el pan obtenido, especialmente en su volumen y textura. Sin embargo, los estudios que lo demuestran comparan harinas de arroz obtenidas mediante distintos sistemas y de distintas variedades de arroz, pero no entre harinas comerciales, a pesar de que pueden existir diferencias entre el mismo producto producido por distintos fabricantes, incluso entre distintos lotes.

Por otra parte, se sabe que el contenido en agua de la formulación y la reología de las masas influye de manera importante en el volumen final de los panes (Belorio y Gómez, 2020). Generalmente se observa un incremento del volumen específico de los panes a medida que se incrementa el nivel de hidratación de la masa, hasta llegar a un cierto nivel de agua máximo, a partir del cual la masa no puede aguantar la estructura y cae, dando lugar a panes con menor volumen. Este efecto es especialmente observable en masas en cuya formulación se incluye hidroxipropil metilcelulosa (HPMC) como sustituto del gluten. El HPMC es uno de los hidrocoloides más utilizados a nivel mundial en producción de panes sin gluten (Roman et al., 2019), ya que es responsable de un mayor volumen del producto final, aunque también de una mayor sequedad, frente a panes elaborados con otros hidrocoloides como psyllium o goma de xantana. Esto supone que encontrar el nivel de hidratación óptimo es especialmente importante

para potenciar los efectos positivos de los hidrocoloides como el HPMC en la calidad de la masas y panes sin gluten finales.

Sin embargo, son muy pocos los estudios sobre panes sin gluten que modifican y estudian el efecto del nivel de hidratación, a pesar de variar la formulación. Se han encontrado artículos donde se intenta modificar la hidratación de la masa en base a pruebas reológicas fundamentales al modificar la formulación de las masas (Martínez et al., 2014; Nunes et al., 2009; Yazar, 2025). Horstmann et al. (2018) realizaron un estudio donde se modificaba la cantidad de agua en base a la capacidad de hidratación de los ingredientes del producto final. Sin embargo, en ninguno de ellos se demuestra que esas medidas permitan corregir la hidratación para igualar características, como el volumen de los panes.

Si hablamos de masas para la elaboración de panes tradicionales, el farinógrafo se ha convertido en un equipo fundamental, utilizado en todo el mundo para el control de calidad de harinas de trigo. Sin embargo, hoy en día, no existe un método específico con este equipo que permita determinar la calidad de harinas y masas sin gluten con el farinógrafo, al contrario de lo que ocurre con las masas convencionales de trigo, ya que no se conoce bien su utilidad con estas harinas y masas. La red de gluten que se forma en las masas elaboradas con harina de trigo tiene como función generar masas cohesivas, elásticas y extensibles, y con gran capacidad para retener gas en su interior (Roman et al., 2019). Sin embargo, cuando eliminamos el gluten de la formulación, se forman masas menos cohesivas y más pegajosas, dificultando tanto la elaboración de los panes como su análisis.

Sahin et al., (2020) en un estudio utilizaron el Farinograph y el accesorio FarinoAdd-S300 de Brabender, para ajustar y comparar el nivel de hidratación de masas sin gluten elaboradas con 5 hidrocoloides distintos. Como resultado se obtuvieron curvas regulares, similares a las obtenidas con harinas de trigo, y se obtuvieron panes de mejor calidad. Sin embargo, nuevamente, en este estudio, no se buscó comprobar si el método farinográfico se podía emplear para igualar las características de distintos panes.

En base a estos estudios previos, se plantea la posibilidad de que el análisis farinográfico de harinas de arroz y masas sin gluten pueda ayudar a identificar variaciones en las materias primas que, posteriormente, afecten a la calidad de los panes sin gluten obtenidos, concretamente su textura y volumen. Y que el análisis de estas masas con el mismo equipo pueda permitir la corrección de la hidratación de los panes sin gluten para reducir variaciones en su volumen para los cuales se hayan empleado distintas partidas de materias primas.

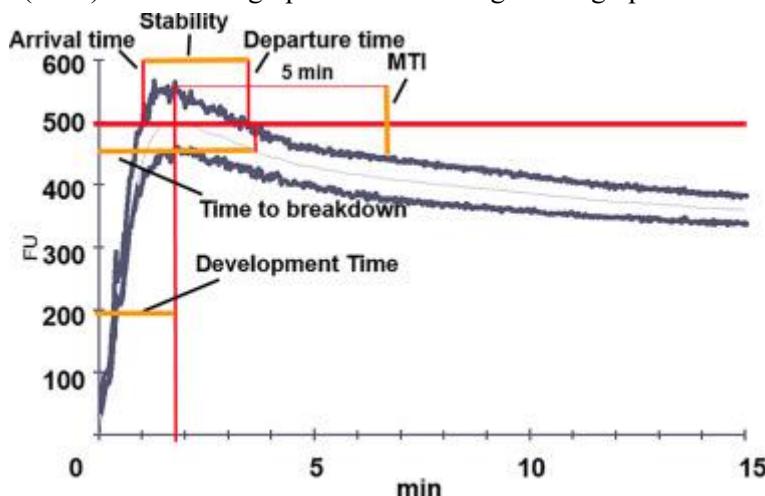
1.2. El farinógrafo

Para las masas de panes convencionales, elaboradas a base de harina de trigo, existen equipos, como el Farinógrafo o el Mixolab ampliamente utilizado a nivel mundial, destinados al control de calidad de este tipo de harinas. Para el protocolo que se ha desarrollado en este proyecto se emplea el Farinógrafo. Este equipo se utiliza a nivel mundial y su funcionamiento se basa en el analizar el comportamiento de la masa durante el amasado. Para masas de trigo, permite ajustar la cantidad de agua óptima para alcanzar una consistencia determinada (500 FU), que se conoce como la absorción de agua de la harina. Una mayor absorción se traduce en un mayor rendimiento de la masa y, por tanto, mayor calidad.

El Farinógrafo consiste en una amasadora compuesta por dos palas que registran el esfuerzo empleado para moverse. Con esos datos se construye una curva que, para masas de harina de trigo, crece hasta alcanzar un máximo. Ese tiempo es el de desarrollo de la masa. Después de alcanzar el máximo de consistencia la curva empieza a decrecer progresivamente. La rapidez con la que lo hace se conoce como estabilidad de la masa (Bock, 2022). En la Figura 3.1. se observa el farinograma tipo de un análisis de masa de trigo. El tiempo de desarrollo de la masa como la estabilidad están muy relacionados con la calidad de las proteínas y la red de gluten formada (Don, 2022).

FIGURA 3.1. Ejemplo de farinograma de un ensayo de masas de trigo y los puntos de evaluación.

Fuente: Bock, J. E. (2022). The Farinograph: Understanding Farinograph curves. In The Farinograph



Handbook (pp. 33-41). Woodhead Publishing.

Sin embargo, este equipo se basa en la calidad de las proteínas, como la gliadina y glutenina, responsables de la formación de la red de gluten. Para harinas y masas libres de gluten no existe un método estándar destinado a ajustar la cantidad de agua. Este tipo de masas se caracterizan principalmente por ser más pegajosas que las de trigo y tienden a requerir mayores niveles de agua. Esto provoca que, en el farinógrafo, no se dé un amasado homogéneo y se dificulte el análisis. En muchos casos las curvas obtenidas son anómalas, y, además, no existen apenas artículos que relacionen esta medida con la calidad de los panes obtenidos.

Ante este problema, la casa comercial Brabender ha diseñado el accesorio FarinoAdd-S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania) con el objetivo de mejorar la aplicación del Brabender Farinograph (Brabender GmbH. KG, Duisburg, Alemania) para análisis de harinas sin gluten. Este accesorio reduce el espacio de la amasadora de medición, permitiendo un amasado más homogéneo, y sujetá firmemente la tapa de la cubeta, que tiende a abrirse por la presión ejercida por la masa, desactivando el sensor de seguridad y provocando la parada instantánea del ensayo.

1.3. Objetivo

En el estudio se realizaron análisis farinográficos de 8 harinas de arroz comerciales diferentes y de las masas con esas harinas incorporadas a la formulación completa, empleando el nuevo accesorio desarrollado para este tipo de masas, con el objetivo de comprobar si dicho protocolo

se puede utilizar para identificar variaciones en la masa debido a cambios de lotes o del proveedor de la harina de arroz, y que a su vez, permita corregir la hidratación de la masa para reducir diferencias en las características de los panes obtenidos debido a estos cambios, concretamente en el volumen y textura.

Es decir, con este anejo se busca validar el protocolo de trabajo diseñado y descrito en el Anejo II para el análisis de las harinas y masas de panes sin gluten que se pretende implantar en la industria y verificar que esta nueva forma de trabajo es útil y permite la mejorar la homogeneidad de la producción.

2. Materiales y métodos.

2.1. Materiales.

Se adquirieron 7 harinas de arroz del mercado local. Además, se utilizó como control la harina de arroz Dacsa Atlantic (Lisboa, Portugal). Las harinas de arroz y almidones de maíz empleados se especifican en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1. Harinas de arroz empleados en el estudio.

Harinas de arroz	Identificación
Dacsa Atlantic (Lisboa, Portugal)	CONTROL
REX (Pasamar, Valencia, España)	H1
Hacendado (Arrocerías Pons SAU, Valencia, España)	H2
Don Pedro (Cádiz, España)	H3
Carrefour (Harinas De Castilla la Mancha, España)	H4
Dacsa (Valencia, España)	H5
Nomen Foods, S.L. (Tarragona, España)	H6
Harimsa Harinera Mediterránea S.A. (Murcia, España)	H7

Fuente: Elaboración propia.

La formulación de la masa para los análisis farinográficos y panificación consistió en una base compuesta por harina de arroz y almidón de maíz Roquette Laisa España S.A. (Valencia, España) en la proporción 50:50, a la que se le incorporó un 6% de aceite refinado de girasol (Rafael Salgado, Oleosalgado S.A., Sevilla, España), un 5% de azúcar blanco (Acor, Valladolid, España), un 2% de HPMC K4M (Rettenmaier Ibérica, Barcelona, España), un 2% de sal yodada (Hacendado, Salinas de Odiel S.L., Huelva, España), y el porcentaje requerido de agua del sistema de abastecimiento local. Todos los porcentajes se expresan sobre el total de la base de harina de arroz + almidón de maíz). Para la panificación, además, se añadió un 3% de levadura (3 partes de levadura por cada 100 de mezcla harina + almidón) Saf-instant (Lesaffre Ibérica, S.A., Valladolid, España).

Se trata de una formulación básica, que facilite los análisis y la comparación de resultados, basada en la información proporcionada por Roman et al. (2019), que recogió la formulación habitual de los panes sin gluten comerciales y donde se indica que los ingredientes mayoritarios de estos panes son la harina de arroz y el almidón de maíz, y el sustituto habitual del gluten es el HPMC, por el mayor rendimiento en cuanto al volumen final de los panes. A estos, se les

añade comúnmente aceite vegetal, para contrarrestar la mayor sequedad que aporta el HPMC a los panes y que también tiene otros efectos positivos en el producto final, ya que contribuye al aumento del volumen del pan, hasta un máximo, y retrasa la retrogradación del almidón, responsable del endurecimiento del pan con el paso del tiempo (Mancebo et al., 2017; Roman et al., 2019). Asimismo, se les incorpora azúcar, sal y levadura, ingredientes comunes a la mayoría de panes sin gluten comerciales.

2.2. Caracterización de las harinas de arroz

Para la caracterización de las harinas de arroz se evaluó el tamaño de partícula, la capacidad de absorción del agua, la humedad, y el perfil de viscosidad y gelatinización.

El tamaño de partícula se determinó utilizando el equipo Mastersizer 3000 (Malvern Instruments, Malvern, United Kingdom). Todas las medidas fueron llevadas a cabo por duplicado.

La capacidad de absorción de agua (Water Binding Capacity, WBC), que se define como la cantidad de agua retenida por la muestra después de ser sometida a fuerza centrífuga, se midió siguiendo el método 56-20.01 (AACC, 2012), con modificaciones. Primero se pesaron 1,25 g (± 0.01 g) de la muestra de harina, y se mezclaron con 25 ml de agua destilada en el tubo Falcon. Despues las mezclas se homogeneizaron durante 1 minuto utilizando un agitador vortex (MS2 Minishaker, IKA, Staufen, Alemania) y, posteriormente los tubos se introdujeron en la centrífuga durante 15 minutos a 3000 x g y temperatura ambiente de 20°C. Una vez transcurrido ese tiempo, el sobrenadante se retiró y los tubos de centrífuga, se pesaron. Restando a ese peso el peso del tubo vacío se obtuvo el peso del precipitado. El WBC se calculó de acuerdo a la ecuación 3.1.:

$$WBC (\%) = \frac{\text{Peso tubo con precipitado} - \text{Peso tubo vacío}}{\text{Peso muestra seca}} \quad (\text{Ec. 3.1.})$$

Este proceso se llevó a cabo por duplicado con cada muestra.

La humedad se midió mediante una termobalanza MA150Q (Sartorius, Goettingen, Alemania). La medición se llevó a cabo por triplicado con cada muestra.

Además, cada harina de arroz se analizó con un con un Rapid Viscoanalyzer 4800 (RVA 4800 Model, Perten Instruments Australia Pty Ltd., Sydney, Australia) siguiendo el método AACC 76-21.02. Este ensayo se llevó a cabo por duplicado con cada harina.

2.3. Análisis farinográfico

Todas las harinas de arroz fueron analizadas con el Brabender Farinograph (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania). Se realizaron distintos análisis, tanto de las harinas de arroz solas como incorporadas con el resto de los ingredientes de la masa, excluyendo la levadura (para evitar fermentaciones), empleando la amasadora de medición S300. Para estos análisis se empleó el accesorio FarinoAdd S300 (Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania).

Las proporciones de cada ingrediente de la masa, indicadas anteriormente y recogida en la Tabla 3.2., se mantuvieron constantes en todos los análisis, excepto la cantidad de agua.

TABLA 3.2. *Formulación de la masa para los análisis farinográficos con base harina de arroz y almidón de maíz 50:50.*

Ingredientes añadidos a la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50)	Porcentaje (%)
Harina de arroz ¹	50
Almidón de maíz (Roquette Laisa España S.A., Valencia, España)	50
Aceite Refinado de Girasol (Rafael Salgado, Oleosalgado S.A., Sevilla, España)	6 ²
Azúcar Blanco (Acor, Valladolid, España)	5 ²
HPMC K4M (Rettemaier Ibérica, Barcelona, España)	2 ²
Sal Yodada (Hacendado, Salinas de Odiel S.L., Huelva, España)	2 ²
Agua (Sistema de Abastecimiento Local)	Variable ³

Nota:

¹ La marca de la harina de arroz es la variable de cada ensayo.

² Porcentaje expresado sobre el total de la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50).

³ El porcentaje de agua fue ajustado experimentalmente para alcanzar consistencia deseada (100 FU).

Fuente: Elaboración Propia.

En todos los análisis farinográficos se trabajó con cantidad de masa constante, ya que esto permite comparar resultados de los distintos ensayos bajo condiciones uniformes de ensayo, de acuerdo con el Anejo II. Si la cantidad de masa cambia, el comportamiento del sistema y la resistencia del amasado también lo hace, afectando a los resultados.

Para estos análisis se empleó el método Gluten Free. La temperatura de la amasadora y del agua de dosificación se mantuvo constante a $30,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ y la velocidad de amasado fue de 63 rpm.

2.3.1. Análisis farinográfico de las harinas de arroz aisladas

También se realizaron análisis farinográficos de únicamente las harinas de arroz, sin el resto de los ingredientes.

La cantidad de masa con la que se trabajó en estos análisis fue de 220 g empleando el accesorio FarinoAdd S300. Estas cantidades nuevamente fueron elegidas en base a ensayos previos (Anejo II. Desarrollo del protocolo), donde se analizaron los resultados farinográficos de distintas cantidades de harinas de arroz. Estas cantidades permitieron realizar ensayos con mayor rango de hidrataciones, evitando sobrecargas, y proporcionando resultados más estables y reproducibles.

En cuanto a la hidratación de la masa se empleó para todas, una hidratación del 70%. Este porcentaje, como ya se ha mencionado, se debe adaptar al equipo, que requiere un porcentaje de agua referido a 300 ml.

2.3.2. Análisis farinográfico de masas de pan sin gluten.

Se realizaron análisis farinográficos de la masa con la formulación completa (excepto la levadura) y las mismas proporciones para los ingredientes utilizados en las posteriores pruebas de panificación.

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

La cantidad de masa con la que se trabajó en estos análisis fue de 215 g, ya que en este caso se empleó el accesorio FarinoAdd-S300. Esta cantidad fue seleccionada en base a ensayos previos, donde se analizaron distintas cantidades de masa control (Anejo II. Desarrollo del protocolo). Las cantidades seleccionadas para los siguientes análisis farinográficos ofrecieron, en estos ensayos previos, resultados consistentes entre repeticiones, sin forzar el equipo, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Para comprobar la influencia del uso de distintas harinas de arroz en la masa, en la formulación se varió el tipo de harina de arroz, manteniendo el resto de los ingredientes constantes y utilizando el almidón de maíz control. Estos análisis farinográficos se realizaron por duplicado.

En cuanto a la hidratación de la masa, en una primera parte se empleó para todos los ensayos una hidratación fija de 70%. Esta hidratación fue seleccionada en base a un ensayo previo (Anejo II. Desarrollo del protocolo), en el que se estableció 100 ± 5 FU la consistencia máxima de referencia para alcanzar el máximo volumen de los panes. Con un 70% de hidratación, la masa control alcanza esa consistencia máxima. La elección de esta consistencia fue respaldada igualmente por un estudio realizado por Sahin et al., (2020), en el cual se obtuvo un mayor volumen específico y mejor calidad de miga en aquellos panes sin gluten elaborados con masas de base de harina de arroz y HPMC que alcanzaron una consistencia de 103 FU en el análisis farinográfico. Por lo que se consideró 100 ± 5 FU una consistencia adecuada para obtener masas con un buen rendimiento.

Posteriormente, esta hidratación se adaptó en cada masa para igualar la consistencia de todas a la del control (100 ± 5 FU).

Se debe tener en cuenta que los porcentajes de hidratación indicados en este estudio se refieren al contenido de agua respecto a la base de harina de arroz + almidón de maíz. Sin embargo, en el farinógrafo, el porcentaje de agua está referido a 300 ml, por lo que se debe adaptar la cantidad de agua al porcentaje que requiere el equipo.

2.4. Panificación

En las panificaciones se utilizó la misma formulación que para los análisis farinográficos, detallada en la Tabla 3.2., pero además se añadió a la elaboración un 3% de levadura.

Los ingredientes fueron mezclados en una batidora KitchenAids Professional mix-er (Kitchen Aid, St. Joseph, Michigan, USA) con un accesorio de amasado (modelo K45DH). Primero, se mezclaron los ingredientes sólidos y el aceite, a la velocidad mínima (1). Posteriormente se añadió la levadura, previamente hidratada, con la cantidad correspondiente de agua y se batió la mezcla durante 8 minutos a velocidad 2.

Cada masa se depositó en 5 moldes de aluminio de dimensiones 145x120x40 previamente engrasados con aceite (130 gramos de masa por molde). La masa, una vez añadida al molde de forma uniforme, se llevó a la cámara de fermentación (Salva Industrial S.L.U., Lezo, Guipúzcoa, España) durante 1 hora a 30°C y humedad relativa de 80%. Tras la fermentación, las piezas se hornearon a 220°C durante 40 minutos.

Una vez finalizado el horneado las piezas se dejaron reposar durante 60 minutos para que igualasen su temperatura con la del ambiente antes de envasarlas en bolsas de polietileno (Bosque Verde, Mercadona, España) hasta el momento del análisis.

Los panes fueron almacenados a una temperatura de 22°C durante 24 horas hasta ser analizados, tanto aquellos con una cantidad de agua constante de 70% como aquellos con la hidratación corregida. Todas las panificaciones se llevaron a cabo por duplicado.

2.5. Análisis físicos de los panes

Después de 24 horas de almacenamiento, se analizó el volumen y volumen específico. También se analizaron distintos atributos de textura de los 5 panes de cada panificación.

El volumen se determinó mediante el equipo Volscan Profiler (Stable Microsystems, Surrey, UK). El volumen específico, expresado en cm³/g se calculó posteriormente utilizando la ecuación 3.2:

$$\text{Volumen específico } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right) = \frac{\text{Volumen del pan (cm}^3)}{\text{Peso de la masa (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 3.2.})$$

Los parámetros de textura dureza (N), elasticidad, cohesividad, y resiliencia fueron medidos mediante el analizador de textura TA-XT2 (Stable Microsystems, Surrey, Reino Unido) realizando un análisis TPA (*Texture Profile Analysis* en inglés) utilizando una sonda cilíndrica de aluminio de 25 mm de diámetro. Las condiciones experimentales del método fueron de una compresión del 50% de profundidad, una fuerza de disparo de 5 g, una velocidad de ensayo de 1 mm/s y un retraso de 10 s entre la primera y la segunda compresión. En cuanto a las muestras medidas, se analizaron dos rebanadas centrales (de 30 mm de grosor) de dos piezas de cada lote de pan.

2.6. Análisis estadístico.

Todos los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante un Análisis de Varianza (ANOVA). Se utilizó la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para describir las medias con intervalos de confianza del 95%. Los resultados estadísticos se obtuvieron mediante el software Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, Warrenton, USA).

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de las harinas de arroz.

Los resultados correspondientes al contenido de humedad, WBC y D(4;3) se analizaron estadísticamente, lo que permitió detectar diferencias significativas entre muestras. Los datos obtenidos se detallan en la Tabla 3.3.

TABLA 3.3. Humedad y capacidad de absorción de agua (WBC) y tamaño de partícula (D(4;3)) de las distintas muestras de harinas de arroz.

Muestra	Humedad (%)	WBC (%)	D(4;3)
CONTROL	11,09 ± 0,20 bcd	2,27 ± 0,02 a	171,33±1,53 f
H1	11,28 ± 0,16 cd	2,43 ± 0,02 d	90,27±0,32 a

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

H2	$11,53 \pm 0,11$ d	$2,40 \pm 0,03$ d	$125,67 \pm 0,58$ c
H3	$9,81 \pm 0,27$ a	$2,63 \pm 0,01$ e	$223,67 \pm 2,52$ h
H4	$10,59 \pm 0,08$ b	$2,33 \pm 0,05$ c	$165,00 \pm 1,00$ e
H5	$10,66 \pm 0,49$ b	$2,26 \pm 0,01$ a	$207,00 \pm 1,00$ g
H6	$11,02 \pm 0,04$ bcd	$2,33 \pm 0,01$ bc	$147,67 \pm 0,58$ d
H7	$10,82 \pm 0,70$ bc	$2,28 \pm 0,04$ ab	$96,67 \pm 0,71$ b

Fuente: Elaboración propia.

La humedad de las distintas harinas de arroz es muy similar. El valor más alto de humedad corresponde a la harina H2, con un $11,53 \pm 0,11$ % de humedad, mientras que el valor más bajo para las harinas de arroz es $9,81 \pm 0,27$ %. Es decir, los valores de humedad obtenidos para las distintas muestras de harinas se encuentran entre un 9,81% y 11,53%. La harina control solo presenta diferencias significativas con la harina H3, que es la harina más seca.

Los valores de WBC se sitúan en un rango de entre 2,26% para H5 y 2,63% correspondiente a H3, con una diferencia de 0,98 puntos, inferior a la diferencia con las humedades, de 2,32 puntos. No existen diferencias significativas entre el control y H5 y H7. Por su parte, la harina H3 es aquella con mayor WBC, lo que puede estar relacionado con su menor humedad. Las diferencias en la WBC de cada harina se pudieron deber a su composición, por ejemplo, a la cantidad de almidón dañado, que permite a la harina absorber más agua que el no dañado (Qin et al., 2021; Wang et al., 2020).

Pero esas diferencias también pueden deberse al tamaño de partícula (Lapčíkova et al., 2021), al existir una mayor superficie de absorción cuanto menor es el tamaño de partícula. Los resultados del tamaño de partícula de las harinas de arroz se recogen en la Tabla 3.3 y en la Figura 3.2., donde se muestra la variación de la densidad de volumen (%) en función del tamaño de partícula.

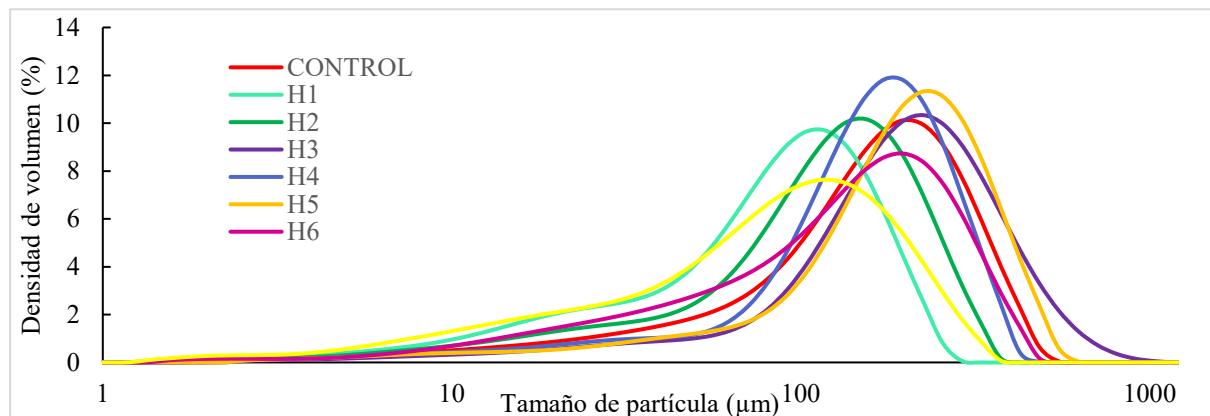


FIGURA 3.2. Curva de distribución del tamaño de partícula (μm) de las harinas de arroz.

Se observó que en las harinas de arroz existen diferencias en la distribución del tamaño de partícula, siendo la harina H4 y H5 las que presentan una mayor cantidad de partículas con un tamaño superior a 200 μm . Esas diferencias observadas dependen del proceso de molienda y dureza del grano.

Por último, se llevaron a cabo análisis con el RVA. Los resultados se muestran en la Figura 3.3, donde se puede observar de forma gráfica el comportamiento de la viscosidad de la mezcla harina-agua. El primer pico de la curva representa la viscosidad máxima (Peak Viscosity) que indica la capacidad de retención de agua del almidón tras la gelatinización. La viscosidad final (Final Viscosity) indica la capacidad de la muestra para formar una pasta después del calentamiento y enfriamiento posterior. La retrogradación (Setback) es el aumento de viscosidad después de la anterior caída al enfriarse la muestra y se calcula como la diferencia entre la viscosidad final y la viscosidad de caída y depende principalmente de la cantidad de amilosa que posea la muestra, responsable de la retrogradación a corto plazo (Perten Instruments, 2015).

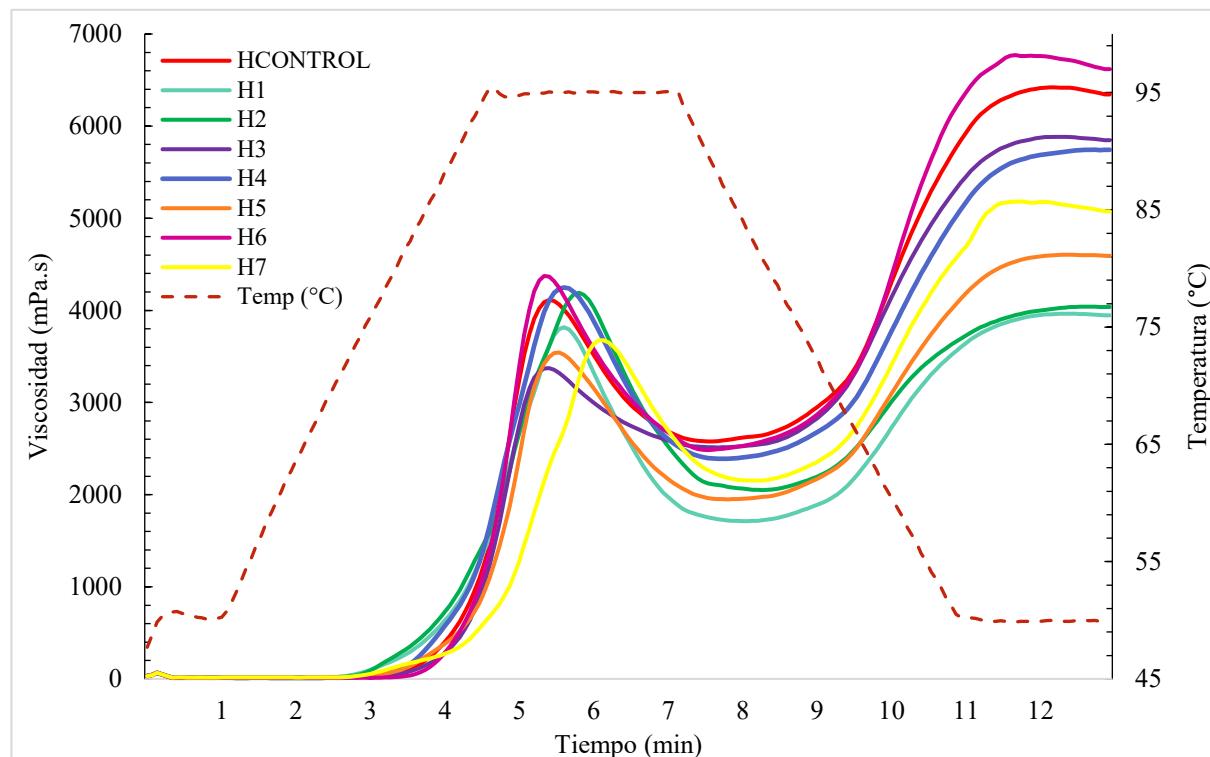


FIGURA 3.3. Curva obtenida en el ensayo RVA de las harinas de arroz donde se muestra la evolución de la viscosidad ($\text{mPa}\cdot\text{s}$) en función de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Al observar la Figura 3.3, se detectó que entre las distintas harinas de arroz existen comportamientos diferentes y que la viscosidad final fue apreciablemente superior al pico de viscosidad en la mayoría de muestras. Únicamente en H2 la viscosidad final fue inferior al pico.

La harina que mayor pico de viscosidad y viscosidad final alcanzó fue la muestra H6, que también presentó la mayor retrogradación. Por el contrario, la harina de arroz con menor pico de viscosidad fue H3 y la menor viscosidad final la registró H1.

Destaca especialmente H7, ya que presenta uno de los picos de viscosidad más bajos y este es el que más tarde se alcanza en comparación con el resto de harinas, que podría deberse a una mayor compacidad de las partículas, a pesar de su menor tamaño de partícula (Román et al., 2017).

Las propiedades de viscosidad de las harinas de arroz, como el pico de viscosidad y la viscosidad final, están relacionadas con el volumen de los panes, como se demostró en el estudio realizado por Gui et al. (2022), en el que se analizaron mediante un RVA harinas de arroz elaborados con distintos tipos de arroz, tanto normales como glutinosos. De acuerdo con esta afirmación, se esperaba que los panes sin gluten con mayor volumen fueran aquellos elaborados con la harina H6, y los que menor volumen los elaborados con H1 y H3. Sin embargo, esto es muy relativo porque en el volumen influyen muchos más factores, como, por ejemplo, condiciones del proceso de elaboración

Con estos resultados se comprobó que las harinas de arroz no eran iguales entre sí y, por lo tanto, también se esperaban diferencias en los análisis farinográficos y en el volumen de los panes, lo cual fue confirmado en el presente estudio.

3.2. Análisis farinográficos de las harinas de arroz.

Primeramente, se llevaron a cabo análisis farinográficos de las harinas de arroz sin el resto de los ingredientes de la masa, para determinar si este análisis aislado permite obtener información representativa que permita detectar diferencias entre las harinas y predecir el comportamiento de la masa en la panificación sin necesidad de utilizar el resto de los ingredientes.

Los resultados de las curvas farinográficas obtenidas en el análisis de las harinas de arroz se muestran en la Figura 3.4 y los resultados de la máxima consistencia registrada por cada curva, en la Tabla 3.4.

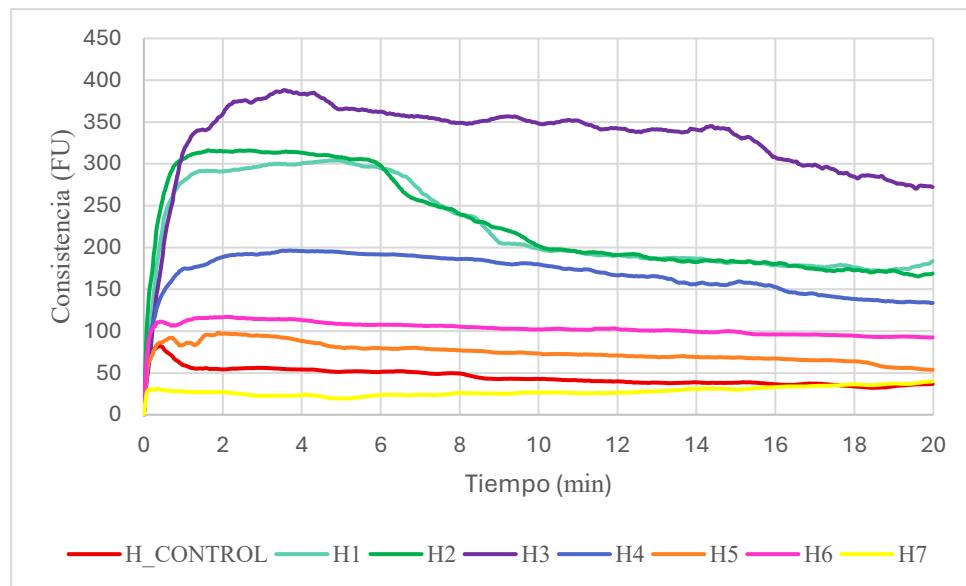


FIGURA 3.4. Farinogramas de distintas harinas de arroz comerciales con un 70% de hidratación.

TABLA 3.4. Consistencia máxima alcanzada de las distintas harinas analizadas con el Farinógrafo y el accesorio (CA).

Harina de arroz	Consistencia máxima (FU)
H_CONTROL	82,05±0,75 b
H1	304,11±2,80 f
H2	316,20±2,84 g
H3	388,28±4,27 h
H4	196,40±1,40 e
H5	99,02±0,08 c
H6	116,94±1,35 d
H7	39,86±0,56 a

Fuente: Elaboración propia.

Se observaron diferentes comportamientos entre las distintas curvas de cada harina. Los resultados de consistencia máxima también fueron diferentes, lo que ya nos sugirió que cada harina iba a influir de manera diferente en el comportamiento de la masa.

Por otra parte, se encontró una correlación significativa al 99% ($r=0,90$; $p=0,003$) entre los valores de WBC de las harinas de arroz (Tabla 3.3) y los de consistencia máxima del farinógrafo con accesorio (Tabla 3.4). Una correlación similar ya fue observada por Sedláček and Švec (2023) en trabajos con harinas de trigo. Esto es una correlación lógica ya que son dos sistemas de análisis de la capacidad de absorción de agua de las harinas, aunque es importante resaltar que ambos son métodos diferentes y que su utilidad puede ser distinta (Duyvejonck et al., 2012).

3.3. Análisis farinográficos de las masas y ajuste de la hidratación

Siguiendo el protocolo descrito en el Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten se llevaron a cabo los análisis farinográficos, primero con un nivel de hidratación constante y, posteriormente, adaptando la cantidad de agua en función de los resultados obtenidos, para igualar la consistencia de cada masa a la del control (100 ± 5 FU).

3.3.1. Análisis farinográficos con hidratación constante

Los análisis farinográficos, utilizando el accesorio FarinoAdd S300, se llevaron a cabo con una hidratación constante de la masa del 70%. La formulación seguida para la elaboración de la masa fue la descrita en la Tabla 3.2 (véase apartado Materiales y Métodos).

En la Figura 3.5 se muestran los distintas farinogramas obtenidos tras el análisis farinográfico de las masas con distintas harinas de arroz.

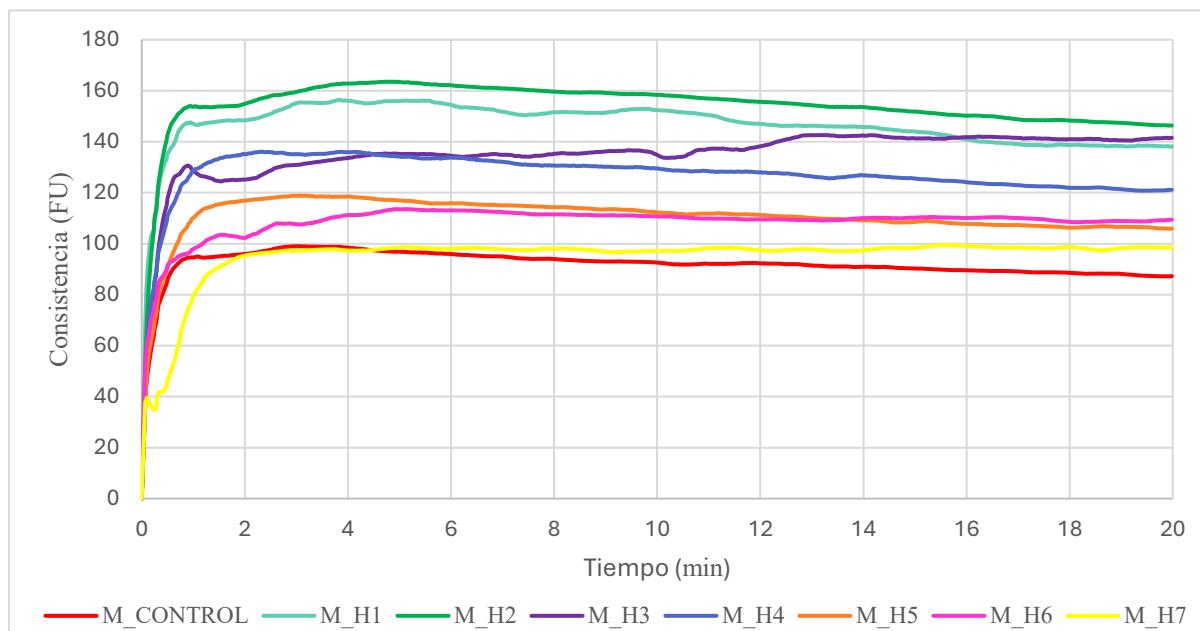


FIGURA 3.5. Farinogramas de masas con un 70% de hidratación y la marca comercial de la harina de arroz como variable.

Se registró la consistencia máxima alcanzada por cada una de las masas y se trató estadísticamente mediante un análisis ANOVA. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

TABLA 3.5. Consistencia máxima alcanzada de las distintas masas analizadas con el Farinógrafo con el accesorio (CA).

Masa	Consistencia máxima CA (FU)
M_CONTROL	99,43±1,40 a
M_H1	156,40±5,63 e
M_H2	163,80±11,42 e
M_H3	138,73±5,49 d
M_H4	136,08±5,66 d
M_H5	118,86±5,65 c
M_H6	113,59±4,26 bc
M_H7	99,90±3,52 ab

Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar los resultados, se observó que, en el caso de las masas con distintas harinas comerciales, con una misma hidratación de 70%, los resultados farinográficos fueron diferentes. Es decir, se comprobó que distintas harinas comerciales pueden tener un efecto distinto sobre la consistencia de las masas. Por ejemplo, mientras que las harinas H1 y H2 la elevan en gran medida, las H5, H6 y H7 presentan una consistencia más similar al control, pero con ligeras diferencias. Solo una de las masas, la elaborada con H7, alcanzó la consistencia de 100 ± 5 FU del control. Sin embargo, la forma de la curva es diferente, siendo más estable la masa con H7 que el control. El resto de las masas presentaron un resultado para la consistencia máxima superior a 100 ± 5 FU, siendo las mayores las de las masas con las harinas H1 y H2.

Al contrario de lo que ocurría con las harinas, en el análisis de las masas no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre los valores de WBC de las harinas de arroz y los farinogramas de la masa. Esto indica que, al introducir otros ingredientes, tanto por el menor peso de la harina en la fórmula, como por las interacciones y competencias entre los ingredientes, se producen cambios en los fenómenos de absorción de agua.

3.3.2. Análisis farinográficos con hidratación corregida

Posteriormente, se ajustó el nivel de hidratación de cada masa para obtener una misma consistencia para todas ellas de 100 ± 5 FU. En la Tabla 3.6. se especifica la hidratación corregida para cada masa.

TABLA 3.6. Hidratación corregida para alcanzar la consistencia de 100 ± 5 FU.

Muestra (Harina de arroz variable)	Hidratación corregida (%)
M_CONTROL	-
M_H1	80
M_H2	79
M_H3	80
M_H4	75
M_H5	72
M_H6	74
M_H7	-

Fuente: elaboración propia.

Como era de esperar, se encontró una correlación estadísticamente significativa del 99.9% ($r=0.92$; $p=0,001$) entre los valores de consistencia a hidratación del 70% y los valores de hidratación para conseguir una consistencia constante de 100 ± 5 FU. Es decir, que a mayor consistencia máxima inicial mayor es la hidratación necesaria para igualar la consistencia máxima del control.

En la Figura 3.6 se muestran las curvas obtenidas de cada masa con distinta harina de arroz después de adaptar la hidratación. Se observó como, con las hidrataciones corregidas presentadas en la Tabla 3.6, se consiguió igualar la consistencia de las curvas.

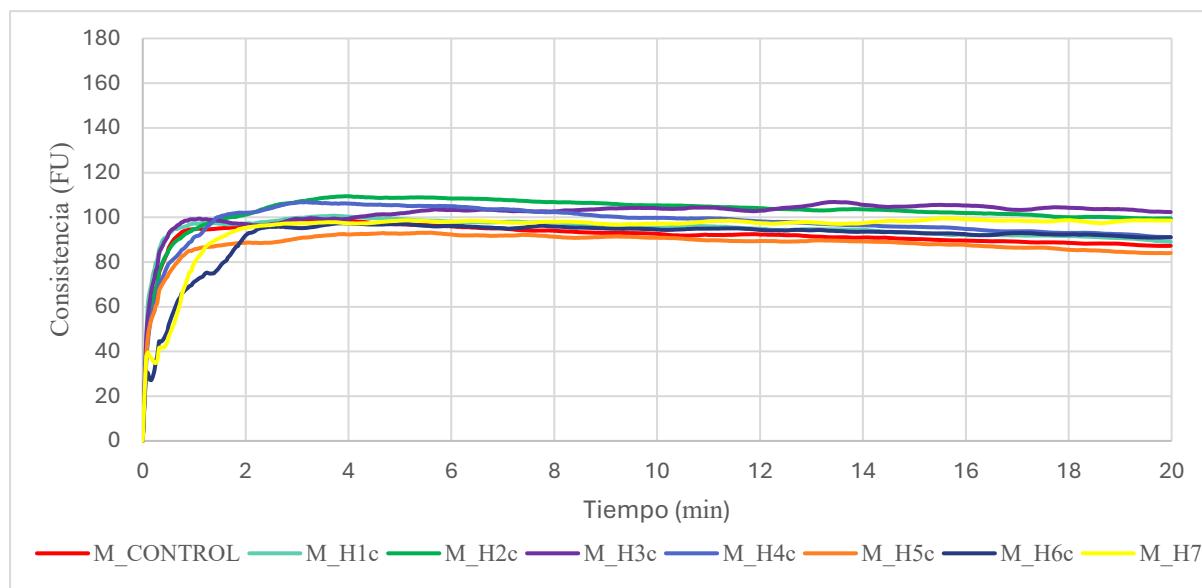


FIGURA 3.6. Farinogramas de distintas masas con el nivel de hidratación corregido y la marca comercial de la harina de arroz como variable.

Con esa hidratación se llevaron a cabo panificaciónes, para comprobar si esa adaptación igualaba el volumen de los panes sin gluten elaborados con distintas harinas de arroz.

3.4. Correlación análisis farinográficos de las harinas aisladas y masas completas

Una vez obtenidos los resultados de las consistencias máximas, se llevó a cabo un análisis de correlación estadístico entre ambos resultados (Tabla 3.7).

TABLA 3.7. Resultados análisis ANOVA de la consistencia máxima alcanzada con el farinógrafo por las harinas de arroz aisladas y de las masas.

Harina de arroz	Consistencia máxima (FU)	
	Formulación completa	Harina de arroz
H_CONTROL	99,43±1,40 a	82,05±0,75 b
H1	156,40±5,63 e	304,11±2,80 f
H2	163,80±11,42 e	316,20±2,84 g
H3	138,73±5,49 d	388,28±4,27 h
H4	136,08±5,66 d	196,40±1,40 e
H5	118,86±5,65 bc	99,02±0,08 c
H6	113,59±4,26 b	116,94±1,35 d
H7	99,90±3,52 a	39,86±0,56 a
Valor p= 0,005 < 0,05		

Fuente: Elaboración propia.

Generalmente, aquellas harinas de arroz que generaron masas con mayor consistencia son también aquellas que dieron lugar a curvas con una mayor consistencia con un 70% de hidratación. Tras un análisis estadístico de correlación, se obtuvo una correlación significativa al 99% ($r= 0,87$; $p=0,005$), con lo que se demostró que el análisis de las harinas podría dar información similar a la mostrada al analizar las masas.

Por ejemplo, H7 y la harina control fueron las que menor consistencia alcanzaron, al igual que con las masas. Por su parte la H5 y H6 presentan valores ligeramente superiores al control, como en el caso de las masas.

Sin embargo, la harina H3 presentó un comportamiento diferente en comparación con esa misma harina integrada con el resto de los ingredientes en una masa. Al analizar solo la harina, se alcanzaron los mayores valores de consistencia en comparación con el resto de muestras, mientras que, al analizarla integrada en la masa, el comportamiento fue muy similar a la masa con H4 y presentó una consistencia inferior a las masas con H1 y H2.

En conclusión, el análisis aislado de la harina proporciona cierta información de la misma, que en comparación con las curvas de otras harinas, puede actuar como indicador sobre si el comportamiento de la masa va a ser diferente. Estos análisis podrían proporcionar información valiosa acerca de las características de la harina y ser de utilidad para identificar diferencias importantes. Este aspecto se debe de investigar más en detalle, ya que sería una contribución importante en el desarrollo de nuevas estrategias de optimización de la producción de panes sin gluten.

Sin embargo, el análisis de las harinas aisladas no son reflejo real del comportamiento de la masa en la panificación. Por esta razón, para conseguir el objetivo de homogeneizar la producción, principalmente, el volumen del pan, se debe utilizar la formulación completa en el análisis (a excepción de la levadura).

3.5. Resultados de las panificaciones y análisis físicos de los panes sin gluten.

Después de los ensayos con el farinógrafo se realizaron una serie de panificaciones para comprobar si la adaptación de la cantidad de agua con el farinógrafo ayudaba a igualar y mejorar las características de los panes sin gluten, principalmente el volumen.

TABLA 3.8. Volúmenes de los panes sin gluten con un 70% de hidratación y con la hidratación adaptada, elaborados con distintas harinas de arroz comerciales.

Harina de arroz	Hidratación corregida	Volumen (cm ³)		Volumen específico (cm ³ /g)	
		70%	Adaptado	70%	Adaptado
CONTROL	-	552,67±15,95 e	552,67±15,95 cd	5,56±0,20 e	5,56±0,20 cd
H1	80	327,33±2,08 a	456,67±4,93 a	3,20±0,02 a	4,54±0,08 b
H2	79	339,33±1,15 a	537,33±7,77 c	3,24±0,03 a	5,46±0,26 c
H3	80	416,67±14,15 b	566,00±6,25 d	4,04±0,10 b	6,06±0,11 e
H4	75	485,67±6,35 c	541,00±6,25 c	4,77±0,12 c	5,72±0,10 d
H5	72	513,00±31,24 d	567,67±5,13 de	5,20±0,39 d	5,99±0,06 e
H6	74	481,67±2,08 c	585,33±14,19 e	4,75±0,02 c	5,98±0,12 e
H7	-	487,67±14,57 c	487,67±14,57 b	4,19±0,04 b	4,19±0,04 a

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del volumen de los panes sin gluten elaborados mostraron una correlación significativa al 99% ($r=0,90$; $p=0,002$) entre el volumen de los panes y la consistencia máxima de los ensayos con el farinógrafo y la masa con una hidratación del 70%.

De igual manera se realizó un análisis estadístico de correlación entre el volumen de los panes y la consistencia máxima de los ensayos con el farinógrafo y las harinas de arroz. En este caso se obtuvo una correlación significativa al 95% ($r=0,80; p=0,02$), una correlación también alta, pero inferior a la correlación con los resultados del análisis farinográfico de la masa. Existen multitud de estudios que intentan relacionar parámetros de calidad de las harinas, como su calidad farinográfica, y el volumen de los panes de trigo, pero en escasas ocasiones se alcanzan valores de r superiores a 0,90 (Stojceska and Butler, 2012), por lo que se pudo afirmar que esta correlación es bastante buena. Sin embargo, no se encontraron este tipo de estudios sobre panes sin gluten, lo que supone un primer intento de establecer una relación de estos parámetros.

Con esto se demuestra que, aunque el análisis de la masa nos da resultados más útiles, la simple realización de análisis de las harinas ya nos proporciona una información funcional. Este análisis podría ser de gran utilidad en las empresas que elaboren panes sin gluten para aceptar o rechazar nuevas muestras de harina, o para definir especificaciones. Sin embargo, para el objetivo de este estudio, son más útiles los resultados aportados por el análisis farinográfico de la masa, que reproduce mejor su comportamiento en la panificación, ya que, como se mencionó antes, al mezclar todos los ingredientes se pueden dar interacciones y modificar el comportamiento de la curva respecto al análisis de la harina de arroz sola.

Los panes elaborados con las masas de harinas que mayores consistencias alcanzaron en el análisis farinográfico (Tabla 3.5) dieron lugar a panes con menor volumen, especialmente aquellos elaborados con H1 y H2 que, además. Por el contrario, las masas con las harinas H4, H5 y H6 dieron lugar a panes con un mayor volumen, pero inferior al control, siendo el mayor el pan elaborado con H5.

Por otro lado, podemos destacar el caso de la harina H4, que daba una masa con una consistencia muy similar a H3, ligeramente inferior, pero en el análisis farinográfico de la harina aislada, hay una clara diferencia de consistencia entre ambas, siendo mucho mayor H3, y H4 más cercana al control. En cuanto al volumen, con H3 se obtienen panes con un volumen inferior a aquellos obtenidos con H4.

Asimismo, podemos destacar el caso de la harina H7, que da lugar a panes con un menor volumen que el control, a pesar de generar masas con una consistencia muy similar al control, tanto en el análisis de masas como en el de solo la harina.

En base a estos resultados, podemos determinar que, aunque existe una buena correlación entre la consistencia y el volumen alcanzado de los panes, pueden existir más factores que influyan en el volumen final. Por ejemplo, entre estos factores pueden estar la actividad enzimática de las harinas (Dhaliwal et al., 1991) o el “pasting behaviour”, relacionado con el final de la expansión en el horneado (Román et al., 2021). En relación con este último factor, se observa que las harinas H3 y H4 tienen un comportamiento muy distinto en la primera fase del análisis RVA (Figura 3.3). Lo mismo ocurre con la H7 en comparación con el resto.

Sin embargo, no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre los valores del análisis del RVA, ni tampoco con los resultados para WBC o para el tamaño de partícula, y el volumen de los panes, aunque generalmente aquellas harinas con menores valores de WBC dieron panes con mayor volumen. Esto indica que los resultados obtenidos con el análisis

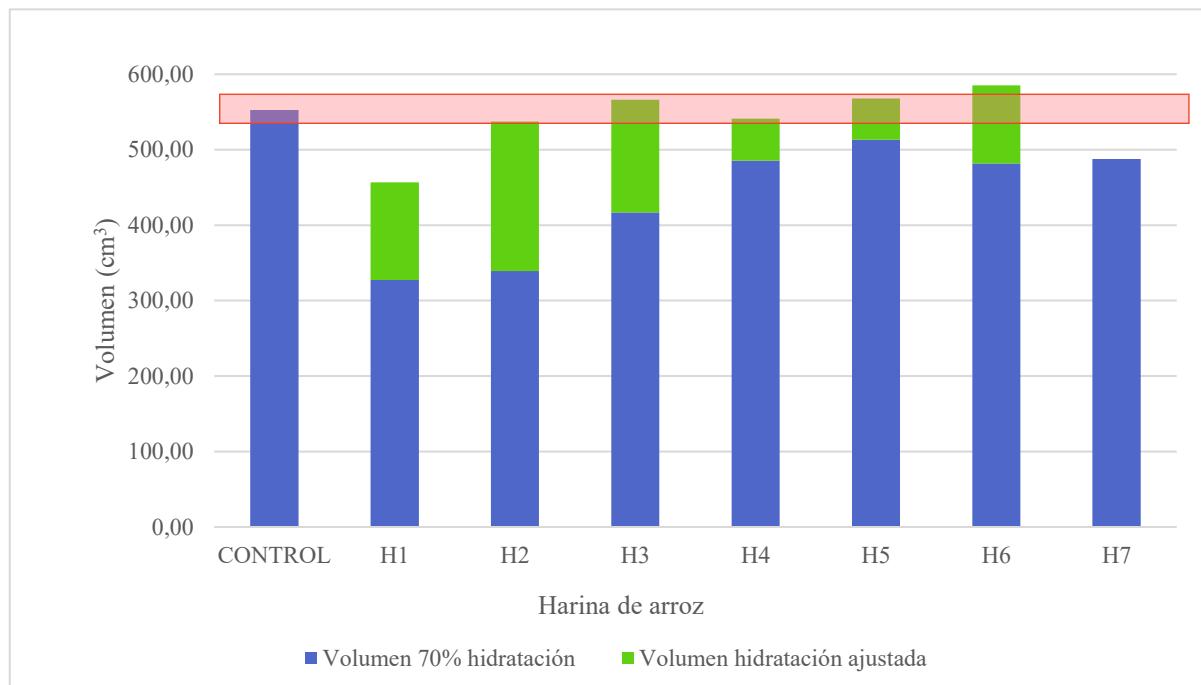
farinográfico son mejores factores predictivos del volumen del pan que otras características de las harinas que se suelen utilizar para caracterizarlas.

En una segunda parte del estudio, se analizó el volumen de los panes a los que se les corrigió la cantidad de agua. Los resultados del volumen y del volumen específico se muestran en la Tabla 3.8., que fueron positivos, ya que se consiguió igualar el volumen, en la mayoría de los panes, al del control, objetivo fundamental del estudio. Sahin et al (2020), en un estudio con distintos hidrocoloides empleados para masas sin gluten, ya demostraron que el Farinógrafo se podía utilizar para corregir la hidratación y mejorar la calidad de los panes, y que ese método era más efectivo frente al WBC. Sin embargo, en este estudio no se igualó el volumen de los panes.

En este estudio, mientras que las diferencias del volumen de los panes en comparación con el control iban desde un 7,18% hasta un 40,77% en el caso de tener un 70% de hidratación, con la hidratación corregida las diferencias se redujeron a un mínimo de 2,11% y un máximo de 17,37%. Es decir, si hablamos de la media de diferencia de volúmenes, se redujo de un 21,13% a un 3,28% con la hidratación adaptada utilizando el farinógrafo. Con el volumen específico se obtuvieron resultados similares, pasando de una diferencia media de 24,49% a una diferencia del 2,52% al corregirla. En la Figura 3.7 se aprecia el aumento del volumen al corregir la humedad de cada masa.

FIGURA 3.7. Volumen (cm^3) de los panes sin gluten elaborados con un 70% de agua (azul) y con el porcentaje de agua corregido para una consistencia de $100\pm 5 \text{ FU}$ (verde).

Como se observa en la Figura 3.7, la mayoría de panes consiguieron aproximarse en gran



medida al volumen del control. Solo dos harinas presentaron un comportamiento diferente en la panificación, con una diferencia de volumen respecto al control superior al 6%. Por un lado, el caso de H7, que no se corrigió la hidratación de la masa, ya que esta alcanzó una consistencia

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

de $99,90 \pm 3,52$ FU, muy cercano a la consistencia registrada por el control. A pesar de ello, en las panificaciones, no alcanzó el volumen esperado, con una diferencia de 11,76% respecto al control. Esta harina ya presentó un comportamiento extraño frente al resto, ya que a pesar de ser una de las de menor tamaño de partícula, es una de las de menor capacidad de absorción de agua, y además, es la harina que más tarda en alcanzarse el pico de gelatinización en el RVA. En el análisis farinográfico también presenta una curva que cae menos que el resto durante el amasado. Como ya se ha comentado, esto indica que, aunque la diferencia en la consistencia puede explicar muchos de los cambios en el volumen de los panes, pueden existir otros factores, como la actividad enzimática, que no se explican directamente con esta medida. Si no tenemos en cuenta los panes elaborados con la harina H7, cuya hidratación no fue corregida, la diferencia media entre el volumen de los panes corregidos y el control se reduciría a 1,87% y en el caso del volumen específico, a un 1,16%.

Por otro lado, tenemos los panes elaborados con la harina H1, cuya diferencia de volumen respecto al control es de 17,37%, pero que respecto al volumen con una hidratación del 70%, esa diferencia se redujo un 57,40%.

A mayores, también se midieron distintos atributos de textura de los panes elaborados (Tabla 3.8).

TABLA 3.8. Atributos de textura de los panes sin gluten con un 70% de hidratación y con la hidratación adaptada, elaborados con distintas harinas de arroz comerciales.

Harina de arroz	Hidratación corregida	Dureza (N)		Elasticidad		Cohesividad		Resiliencia	
		70%	Adaptado	70%	Adaptado	70%	Adaptado	70%	Adaptado
CONTROL	-	2,4±0,16 a	2,4±0,16 abc	0,81±0,04 bcd	0,81±0,04 ab	0,36±0,01 c	0,36±0,01 c	0,17±0,01 d	0,17±0,01 bcd
H1	80	8,37±0,65 d	1,66±0,23 a	0,87±0,02 cd	0,73±0,11 ab	0,21±0,02 a	0,38±0,02 c	0,12±0,01 a	0,17±0,01 bc
H2	79	6,1±0,19 c	2,49±0,18 bc	0,70±0,22 ab	0,88±0,05 ab	0,29±0,01 b	0,34±0,05 bc	0,15±0,01 c	0,16±0,02 ab
H3	80	3,88±0,66 b	3,09±0,62 c	0,63±0,06 a	0,76±0,25 ab	0,23±0,01 a	0,36±0,04 c	0,14±0,01 b	0,19±0,01 d
H4	75	2,00±0,30 a	2,26±0,51 ab	0,75±0,07 abc	0,86±0,1 ab	0,36±0,01 c	0,37±0,03 c	0,17±0,01 d	0,18±0,01 cd
H5	72	1,8±0,09 a	2,19±0,25 ab	0,73±0,09 abc	0,79±0,08 ab	0,37±0,01 c	0,36±0,02 bc	0,17±0,01 d	0,16±0,01 bc
H6	74	1,98±0,58 a	2,42±0,90 abc	0,68±0,06 ab	0,86±0,08 a	0,28±0,05 b	0,27±0,01 a	0,14±0,01 b	0,14±0,01 a
H7	-	2,27±0,20 a	2,27±0,20 ab	0,93±0,02 d	0,93±0,02 b	0,31±0,01 b	0,31±0,01 ab	0,17±0,01 d	0,17±0,01 bc

Fuente: Elaboración propia.

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

La textura de la migra es uno de los parámetros más importantes que definen la calidad del pan que determina la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. De acuerdo con Cauvain, (2004), un pan definido como de buena calidad se caracteriza por una migra suave y esponjosa. Asimismo, este autor establece que la dureza es un factor que se emplea para describir la disminución de la suavidad, que generalmente se debe a la pérdida de humedad o a la retrogradación del almidón.

Existen diversos estudios que relacionan el volumen con la textura (Sahin et al., 2020). En nuestro caso, se realizó un análisis de correlación entre el volumen y la dureza medidas de los panes, tanto con un 70% como con la hidratación corregida. En el caso de las masas con una hidratación del 70% se obtuvo una correlación estadísticamente significativa del 99.9% ($r=0.92$; $p=0,001$), registrándose durezas mayores con los panes que menor volumen alcanzaron.

Por otro lado, se observó que los panes con la humedad corregida con el farinógrafo redujeron considerablemente la dureza, como ya observaron Sahin et al. (2020) en su estudio. Además, con los resultados para la dureza se construyó una gráfica (Figura 3.8) donde se observó que, con la hidratación corregida se obtuvieron unos valores más parecidos entre sí y al control. En este caso, la correlación estadística no fue significativa ($r = 0,066$; $p > 0,05$). Como se ha mencionado antes, la dureza puede estar correlacionada con el volumen, pero cuando se minimizan las diferencias, son otros factores, como la pérdida de volumen o lo retrogradación del almidón los que tienen una mayor influencia.

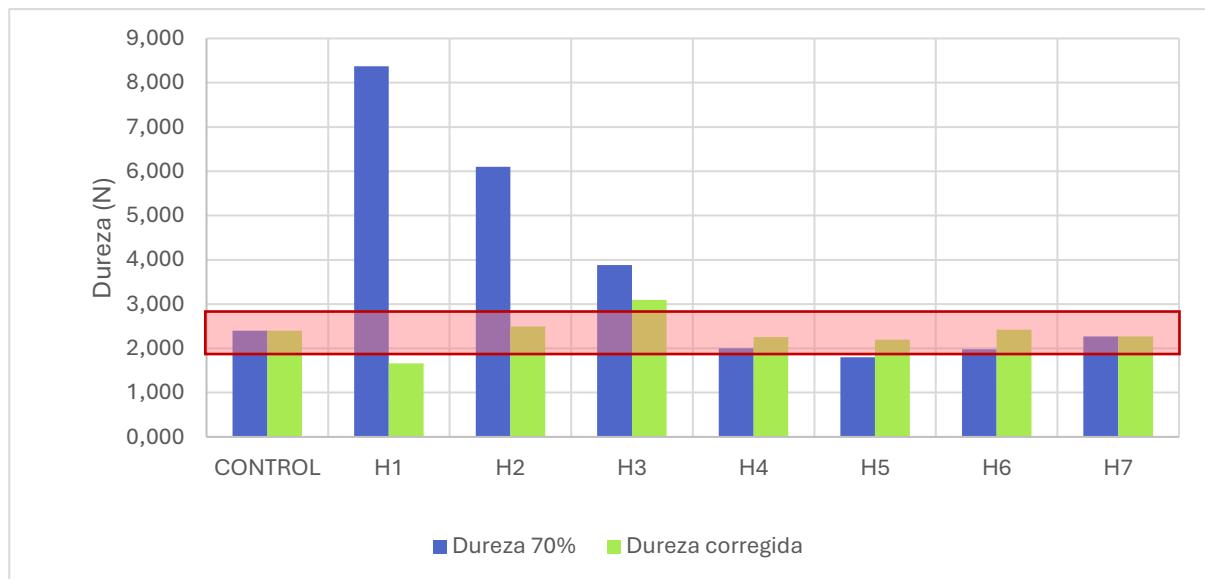


FIGURA 3.8. Dureza (N) de los panes sin gluten elaborados con un 70% de agua (azul) y con el porcentaje de agua corregido para una consistencia de 100 ± 5 FU (verde).

También se midió la elasticidad, la cohesividad y resiliencia de la migra. En el ensayo TPA llevado a cabo, la migra se comprime dos veces, diseñado para imitar la mordida y masticación del pan (Cauvain, 2004). La elasticidad es el parámetro que mide la recuperación de la altura de migra tras ejercer sobre ella una primera compresión en el ensayo TPA, de manera que un valor de 1 indica una total recuperación y cuanto más cercano sea ese valor a 1, mayor calidad del pan (Sahin et al. 2020). Por otro lado, el valor que indica como resiste la migra a segunda

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

compresión es la cohesividad, es decir, mide su capacidad para mantenerse unido después de la deformación. Y la resiliencia por su parte mide la capacidad de recuperación instantánea de la miga. Para estos valores (Tabla 3.8) no hubo gran diferencia entre los panes con una humedad del 70% y corregidos, si bien si que se aprecia un leve incremento en la mayoría de los casos, especialmente en la elasticidad. En cuanto a igualar los valores de estos atributos de los diferentes panes, no se logró una gran disminución de la diferencia, pero hay que tener en cuenta que no existían grandes desigualdades antes de corregir la cantidad de agua y que en estos parámetros hay otros factores que influyen en mayor medida, como, por ejemplo, las “pasting properties” de las harinas.

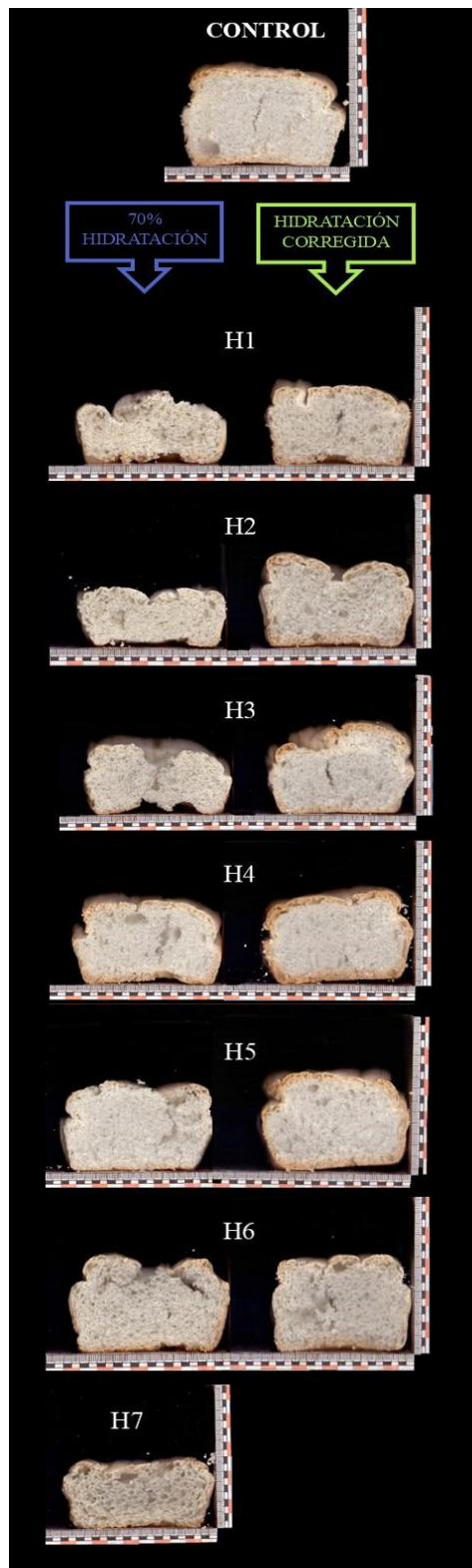


Figura 3.9. Apariencia de las rebanadas de cada pan sin gluten con un 70% de agua (izquierda) y con el porcentaje de agua corregido (derecha).

4. Conclusiones

Con este estudio se comprobó que el protocolo propuesto para el análisis farinográfico de masas sin gluten (Anejo II. Desarrollo técnico del protocolo) permite igualar las características de los panes sin gluten elaborados con distintas harinas de arroz, concretamente el volumen y algunos atributos de textura, especialmente la dureza. Esto se debe a que el análisis farinográfico, con ayuda del accesorio FarinoAdd S300 para masas sin gluten, aporta información que ayuda a distinguir entre distintas harinas de arroz, permitiendo corregir la cantidad de agua que se debe añadir a la masa para conseguir unas características uniformes.

Estos resultados sugieren que el protocolo podría utilizarse para identificar diferencias y ajustar la hidratación también de masas que contengan distintos almidones de maíz u espesantes y sustituyentes del gluten, como el HPMC, de manera similar a lo realizado con las harinas de arroz. Sin embargo, para confirmar esta posibilidad es necesario llevar a cabo nuevos estudios.

Este tipo de análisis puede ser de gran interés en las empresas de panificación que tengan una producción de panes sin gluten, y que podrían incluir como control de calidad para evitar diferencias en las características del producto final, ocasionadas muchas veces por un cambio en el proveedor o incluso por diferencias entre distintos lotes.

Además de validar el protocolo de análisis de las masas sin gluten con el farinógrafo, este estudio abre nuevas vías de investigación, ya que, en un futuro, sería interesante investigar acerca de la información que aporta la evolución del farinograma, como el tiempo que tarda en alcanzar el pico máximo o la estabilidad de la curva con el tiempo.

Bibliografía

Aguiar, E. V., Santos, F. G., Krupa-Kozak, U., y Capriles, V. D. (2023). Nutritional facts regarding commercially available gluten-free bread worldwide: Recent advances and future challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(5), 693-705. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952403>

Asociación de Celíacos y Sensibles al Gluten (2025, 22 de enero). *Resumen 20º Simposio Internacional de EC*. <https://www.celiacosmadrid.org/novedades/noticias/resumen-20-simposio-internacional-de-ec/>

Belorio, M., y Gómez, M. (2020). Effect of hydration on gluten-free breads made with hydroxypropyl methylcellulose in comparison with psyllium and xanthan gum. *Foods*, 9(11), 1548. <https://doi.org/10.3390/foods9111548>

Bock, J. E. (2022). The Farinograph: Understanding Farinograph curves. In *The Farinograph Handbook* (pp. 33-41). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00018-2>

Cauvain, S. P. (2004). Improving the texture of bread. En Kilcast, D. (Eds). *Texture in food* (pp 432-450). <http://dx.doi.org/10.1533/978185538362.3.432>

Cappelli, A., Oliva, N., y Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences*, 10(18), 6559. <https://doi.org/10.3390/app10186559>

Cornejo, F., y Rosell, C. M. (2015). Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1203-1210. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.050>

Dhaliwal, Y. S., Sekhon, K. S., y Nagi, H. P. S. (1991). Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. *Cereal Chemistry*, 68, 18-21.

Don, C. (2022). Dough rheology and the Farinograph: The mechanism underlying dough development. In *The Farinograph Handbook* (pp. 43-70). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00015-7>

Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J. A., y Courtin, C. M. (2012). Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.002>

Gui, Y., Chen, G., Tian, W., Yang, S., Chen, J., Wang, F., y Li, Y. (2022). Normal rice flours perform better in gluten-free bread than glutinous rice flours. *Journal of Food Science*, 87(2), 554-566. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16018>

Hartmann, C., Hieke, S., Taper, C., y Siegrist, M. (2018). European consumer healthiness evaluation of ‘free-from’ labelled food products. *Food Quality and Preference*, 68, 377–388. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.12.009>

Horstmann, S. W., Axel, C., y Arendt, E. K. (2018). Water absorption as a prediction tool for the application of hydrocolloids in potato starch-based bread. *Food Hydrocolloids*, 81, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.045>

Lapčíková, B., Lapčík, L., Valenta, T., Majar, P., y Ondroušková, K. (2021). Effect of the rice flour particle size and variety type on water holding capacity and water diffusivity in aqueous dispersions. *LWT*, 142, 111082. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111082>

Mancebo, C. M., Martínez, M. M., Merino, C., de la Hera, E., y Gómez, M. (2017). Effect of oil and shortening in rice bread quality: Relationship between dough rheology and quality characteristics. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 597-606.

Martínez, M. M., Oliete, B., Román, L., y Gómez, M. (2014). Influence of the addition of extruded flours on rice bread quality. *Journal of Food Quality*, 37(2), 83-94. <https://doi.org/10.1111/jfq.12071>

Nunes, M. H. B., Ryan, L. A. M., y Arendt, E. K. (2009). Effect of low lactose dairy powder addition on the properties of gluten-free batters and bread quality. *European Food Research and Technology*, 229, 31-41. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1023-2>

Park, J. H., Kim, D. C., Lee, S. E., Kim, O. W., Kim, H., Lim, S. T., y Kim, S. S. (2014). Effects of rice flour size fractions on gluten free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 23, 1875-1883. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0256-4>

Perten Instruments. (2015). Analizador de viscosidad rápida (RVA) https://www.perten.com/Global/Brochures/RVA/RVA%20brochure_SPA_20150123.pdf

Qin, W., Lin, Z., Wang, A., Xiao, T., He, Y., Chen, Z., ... y Tong, L. T. (2021). Influence of damaged starch on the properties of rice flour and quality attributes of gluten-free rice bread. *Journal of Cereal Science*, 101, 103296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103296>

Roman, L., Belorio, M., y Gomez, M. (2019). Gluten-free breads: The gap between research and commercial reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 690-702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12437>

Roman, L., Gomez, M., Li, C., Hamaker, B. R., & Martinez, M. M. (2017). Biophysical features of cereal endosperm that decrease starch digestibility. *Carbohydrate Polymers*, 165, 180-188. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.055>

Roman, L., Gomez, M., y Martinez, M. M. (2021). Mesoscale structuring of gluten-free bread with starch. *Current Opinion in Food Science*, 38, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.003>

Sahagún, M., y Gómez, M. (2018). Assessing influence of protein source on characteristics of gluten-free breads optimising their hydration level. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1686-1694. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-018-2135-0>

ANEJO III: VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROTOCOLO

Sahin, A. W., Wiertz, J., y Arendt, E. K. (2020). Evaluation of a new method to determine the water addition level in gluten-free bread systems. *Journal of Cereal Science*, 93, 102971. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102971>

Sedláček, T., y Švec, I. (2023). Water absorption of food wheat flour—comparison of direct and indirect methods. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 15(2), 163-172. <http://dx.doi.org/10.17508/CJFST.2023.15.2.04>

Stojceska, V., y Butler, F. (2012). Investigation of reported correlation coefficients between rheological properties of the wheat bread doughs and baking performance of the corresponding wheat flours. *Trends in food science & technology*, 24(1), 13-18.

Wang, Q., Li, L., y Zheng, X. (2020). A review of milling damaged starch: Generation, measurement, functionality and its effect on starch-based food systems. *Food Chemistry*, 315, 126267. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126267>

Yazar, G. (2025). A fundamental rheological approach to determine the optimum water absorption capacity of a model gluten-free dough system: soy flour dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14122>

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO IV. Ingeniería del proyecto.

ÍNDICE ANEJO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

1. Objeto	1
2. Ingeniería del proceso.	1
2.1. Descripción del producto a elaborar.....	1
2.1.1. Normativa aplicable y especificaciones legales del pan sin gluten.....	1
2.1.2. Especificaciones técnicas.....	3
2.2. Descripción de materias primas	4
2.2.1. Harina de arroz.....	4
2.2.2. Almidón de maíz.....	5
2.2.3. Azúcar blanco	5
2.2.4. Levadura	6
2.2.5. Hidroxipropil-metil-celulosa (HPMC).....	6
2.2.6. Sal Yodada	6
2.2.7. Aceite refinado de girasol	7
2.2.8. Agua	7
2.3. Descripción materias auxiliares	7
2.3.1. Materiales de envasado	7
2.3.2. Material para el transporte y almacenamiento.	9
2.4. Diseño del proceso productivo.....	10
2.4.1. Diagrama de flujo.....	11
2.4.2. Diagrama de recorrido sencillo del proceso.....	12
2.4.3. Descripción del proceso productivo	12
2.4.3.1. Recepción y almacenamiento de materias primas.....	13
2.4.3.2. Dosificación y pesado de los ingredientes	13
2.4.3.3. Mezclado/amasado.....	14
2.4.3.4. Dosificación en moldes	14
2.4.3.5. Fermentación	14
2.4.3.6. Horneado	15
2.4.3.7. Enfriamiento	15
2.4.3.8. Envasado y etiquetado.....	16
2.4.3.9. Almacenamiento y expedición	16

2.4.4. Actividades complementarias del proceso productivo	17
2.4.4.1. Controles de calidad	17
2.4.4.2. Limpieza y desinfección	18
2.4.4.3. Venta	18
2.4.4.4. Consideraciones de Seguridad y Salud	19
2.5. Identificación de áreas funcionales	19
2.5.1. Zona de recepción y almacenamiento de materia prima	19
2.5.2. Zona de producción	19
2.5.3. Zona de producto terminado y expedición.....	20
2.5.4. Zonas de servicios complementarios.....	20
2.5.5. Zona del personal	20
2.6. Relación de actividades	20
3. Implementación del proceso productivo.....	23
3.1. Plan productivo.....	23
3.1.1. Cálculos de producción	23
3.1.2. Distribución del trabajo	24
3.1.2.1. Distribución anual del trabajo.....	24
3.1.2.2. Distribución diaria del trabajo	25
3.1.3. Necesidades de materias primas	27
3.1.4. Necesidades de materias auxiliares.....	30
3.1.5. Necesidades de equipos y maquinaria	30
3.1.6. Necesidades de personal.....	34
3.2. Especificaciones y dimensionado de la maquinaria y equipos	37
3.3. Determinación de espacios.....	49
3.3.1. Zona de recepción y almacenamiento de materias primas	49
3.3.2. Zona de producción	50
3.3.3. Zona de producto terminado y expedición.....	51
3.3.4. Zonas de servicios complementarios.....	52
3.3.5. Otras zonas del personal	52

1. Objeto

En el presente anexo se describirán detalladamente las etapas del proceso de producción de los panes sin gluten, desde la recepción de materias primas hasta su expedición y venta, así como la descripción de maquinaria y espacios, con el objetivo de diseñar la línea de producción semiindustrial de pan sin gluten que se pretende instalar en una industria de panificación.

Actualmente, la industria donde se pretende implantar la línea de elaboración no cuenta con producción de ningún tipo de alimento sin gluten. Esto puede deberse a las diferentes dificultades que presenta el proceso de elaboración de este grupo de alimentos en las industrias de panificación, especialmente si se producen otros alimentos con gluten. No obstante, la cantidad de diagnósticos de celiaquía sigue en aumento y la demanda de productos sin gluten cada vez es mayor.

Por ello, se busca diseñar e implantar la línea de producción de pan sin gluten en la industria, para cubrir la demanda de las zonas próximas. Además, se definirá un proceso productivo con control de calidad que permita homogeneizar y mejorar los rendimientos de la producción, haciendo frente a uno de los mayores problemas del sector de pan sin gluten.

2. Ingeniería del proceso.

2.1. Descripción del producto a elaborar

En la línea de producción se pretende elaborar panecillos individuales sin gluten de 100 g. Estos panes pretenden sustituir en las personas que siguen una dieta libre de gluten el pan fresco normal, de consumo habitual en las 24 horas siguientes a su horneado y el preferido entre los consumidores (ver apartado 3.1. del Anejo V. Estudio de Mercado).

El tamaño escogido pretende ser una alternativa a la barra común de pan de trigo, con un peso aproximado de 250 g, que puede ser consumida en un día por todas personas del hogar. En cambio, el pan sin gluten lo van a consumir exclusivamente los celiacos o con sensibilidad al gluten, de manera que una barra de mayor tamaño puede resultar excesiva para un solo consumidor. Se debe tener en cuenta que, si el pan no se consume en el día, los días posteriores generará rechazo porque las características organolépticas empeorarán, especialmente la textura. El pan sin gluten tiende a endurecer más rápido.

Asimismo, este formato de menor tamaño facilita el transporte, tanto para su distribución, como para el consumidor, que puede llevarlo consigo, y no necesita ser cortado, evitando contaminaciones cruzadas. También el tamaño favorece a los restaurantes, suponiendo una ración individual versátil y protegida con el envase, reduciendo el riesgo de contaminaciones.

2.1.1. Normativa aplicable y especificaciones legales del pan sin gluten.

La normativa aplicable a la línea de producción de pan sin gluten se especifica en el Documento III. Pliego de Condiciones. A continuación, se detalla la normativa específica aplicable al pan sin gluten:

- El Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan, define el pan común como “producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina y agua, con o sin adición de sal, fermentada con la ayuda de levadura de panificación o masa madre, de consumo habitual en las veinticuatro horas siguientes a su cocción y elaborado con harina o harina integral de cereales. Podrá incorporar en su composición salvado de cereales”.

El pan sin gluten que se pretende elaborar tiene una formulación basada en una mezcla de harina de arroz y almidón de maíz, donde también se incluyen aditivos como el HPMC y aceite vegetal. Por lo tanto, según el artículo 5 de esta normativa, este pan se define como pan especial, elaborado con harina de cereales y otras harinas y debe ser denominado “pan de arroz y maíz”

El RD 308/2019 también establece límites legales de la cantidad de sal que puede incorporar el alimento. El contenido máximo de sal permitido es de 1,31 g por cada 100 g de pan.

- El Reglamento de Ejecución (UE) N° 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014 relativo a los requisitos para la transmisión de información a los consumidores sobre la ausencia o la presencia reducida de gluten en los alimentos define el gluten como “fracción proteínica del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas y derivados de los mismos, que algunas personas no toleran y que es insoluble en agua así como en solución de cloruro sódico de 0,5 M”, y detalla que los alimentos solo podrán declararse “sin gluten” cuando no contengan una cantidad superior a 20 mg/kg de gluten.
- En cuanto al etiquetado e información que se debe transmitir al consumidor, existen ciertas especificaciones en relación al pan sin gluten que se quiere producir. La información alimentaria facilitada al consumidor debe cumplir lo establecido en el Reglamento 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

Así, de acuerdo con esta normativa, el pan sin gluten producido en la panadería semiindustrial se considera alimento envasado y, por tanto, se le aplicará la normativa sobre la información que debe llevar este grupo de alimentos.

La información que obligatoriamente se deberá trasladar al consumidor final y que figurará directamente en el envase o en una etiqueta sujeta al mismo, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo IV, Artículo 9, del Real Decreto 126/2015, incluye:

- ✓ La denominación del alimento, que deberá ir acompañada, en su caso, de las menciones obligatorias adicionales para categorías o tipos específicos de alimentos.

En nuestro caso se deberá indicar que se trata de un alimento “sin gluten” y que, por tanto, asegura que cumple con los límites legales de contenido en gluten, que no deberá superar nunca los 20 mg/kg de gluten.

- ✓ La lista de ingredientes.

- ✓ Todo ingrediente o sustancia que pueda causar alergias o intolerancias de acuerdo con lo establecido en el Anexo II del Reglamento 1169/2011.

En nuestro caso, los panes sin gluten producidos no incluyen ningún tipo de sustancia que se incluya en este anexo.

- ✓ La cantidad de determinados ingredientes o de determinadas categorías de ingredientes.
- ✓ La cantidad neta del alimento.

Los panes elaborados en la línea diseñada tendrán un peso neto próximo a 100 g.

- ✓ La fecha de duración mínima o la fecha de caducidad.

Los panes sin gluten elaborados se tratan de un producto fresco, sin conservantes, de manera que se deberá consumir en las 24 horas posteriores a su elaboración, de manera que así se garantiza su sabor, textura y seguridad alimentaria.

- ✓ Las condiciones especiales de conservación y/o las condiciones de utilización.
- ✓ El nombre o la razón social y la dirección del operador de la empresa alimentaria a que se refiere el artículo 8, apartado 1: El operador de empresa alimentaria responsable de la información alimentaria será el operador con cuyo nombre o razón social se comercialice el alimento o, en caso de que no esté establecido en la Unión, el importador del alimento al mercado de la Unión.
- ✓ El país de origen o lugar de procedencia cuando así esté previsto en el artículo 26.
- ✓ El modo de empleo en caso de que, en ausencia de esta información, fuera difícil hacer un uso adecuado del alimento.

En el caso del pan sin gluten, no es necesario incluir el modo de empleo ya que se consume de forma similar al pan fresco tradicional.

- ✓ La información nutricional

2.1.2. Especificaciones técnicas

El producto alimentario que se elaborará en esta línea de producción será pan sin gluten de 100 g y dimensiones de 140x120 mm aproximadamente. Los panecillos serán de consumo preferente en 24 horas posteriores a su elaboración y estarán elaborados a partir de harina de arroz y almidón de maíz, complementado con aceite de girasol, azúcar, HPMC y sal. La formulación con los porcentajes específicos de cada ingrediente se recoge en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1. Formulación de los panes sin gluten.

Ingredientes añadidos a la base harina de arroz + almidón de maíz (50:50)	Porcentaje (%)
Harina de arroz	50
Almidón de maíz	50
Aceite Refinado de Girasol	6 ¹
Azúcar Blanco	5 ¹
HPMC K4M	2 ¹
Sal Yodada	2 ¹
Agua	70 ²
TOTAL	188

Nota:

¹Porcentaje en peso respecto a la base de harina de arroz + almidón de maíz (100%).

²El porcentaje de agua podrá ser ajustado siguiendo el protocolo de análisis de masas sin gluten con el Farinógrafo diseñado (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten).

Fuente: Elaboración Propia.

Se trata de un producto sin gluten, por lo que deberá cumplirse los límites establecidos por la normativa de un contenido en gluten nunca superior a 20 mg/kg. Para ello, el departamento de calidad será responsable de llevar a cabo los controles necesarios.

El producto final se pondrá a la venta envasado en una bolsa de papel Kraft, con ventana transparente y autocierre adhesivo. En el envase deberá figurar, por normativa, la fecha de duración mínima (24 horas desde la elaboración). A esta fecha se le añadirá el símbolo que indica que se trata de un producto sin gluten.

2.2. Descripción de materias primas

Para la selección de materias primas, se dará preferencia a proveedores de proximidad a la industria y que garanticen la mejor calidad de sus productos. A la recepción de las materias primas, se deberá analizar cada lote para verificar la ausencia de gluten y realizar los registros necesarios antes de ubicarlo en el almacén.

2.2.1. Harina de arroz

La harina de arroz convencional, junto al almidón de maíz, es el principal ingrediente del pan sin gluten que se va a producir en la línea. La Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales, define la harina como “producto obtenido de la molturación del grano del cereal y constituido fundamentalmente por el endospermo, con una granulometría tal que el 90 por cien de sus partículas pase a través de un tamiz de 180 micras de luz de malla, a excepción de la harina de trigo morena, en que pasa el 80 por ciento de las partículas”. De acuerdo con esta normativa, la humedad de la harina no podrá ser superior el 15% y la presencia de harina procedente de otros cereales deberá ser inferior al 1%.

Generalmente, la harina de arroz se elabora a partir de granos partidos de este cereal, de distintos tamaños y tipos, por lo que su producción no está muy regulada. Por esta razón, cuando las industrias panaderas emplean este tipo de harina, se encuentran ante el problema de la falta de homogeneidad del producto entre distintos lotes, lo que afecta a la calidad final del pan. Por ello, es necesario llevar a cabo análisis para comprobar como afecta cada harina al comportamiento de la masa sin gluten. Para ello, en este proyecto se ha desarrollado un protocolo de trabajo que establece los pasos a seguir para un análisis con el Farinógrafo que permite igualar en gran medida el volumen final de los panes (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten).

Se trata de una harina cuyo contenido mayoritario es el almidón. Es rica en hidratos de carbono fácilmente digeribles y bajo en grasas. Sin embargo, es baja en proteínas y fibra que otras harinas.

Sus características organolépticas se caracterizan por un olor y sabor al cereal de procedencia, sin olores y sabores extraños, un color blanco o blanquecino y un aspecto pulverulento, sin impurezas ni cuerpos extraños.

La harina de arroz se debe almacenar en un sitio fresco, seco y aislado del suelo. Su duración aproximada es de 6 a 12 meses.

2.2.2. Almidón de maíz

El almidón de maíz es el ingrediente principal para la producción de panes sin gluten. Se trata de un producto pulverulento procedente de la molienda del endospermo del grano de maíz.

Es un hidrato de carbono compuesto, formado por amilopectina y amilosa, que ayuda a la obtención de panes sin gluten con mayor volumen. Su aspecto es el de un polvo fino, blanco y homogéneo. Tiene la ventaja de ser un producto más regular que la harina de arroz, de bajo coste y alta disponibilidad.

Se debe almacenar en un lugar fresco, seco y no expuesto a luz directa. El tiempo de conservación es de unos 18 meses desde su fecha de elaboración.

2.2.3. Azúcar blanco

Para los panecillos sin gluten se empleará azúcar blanco procedente de remolacha. La función fundamental del azúcar generalmente es el de mejorar el sabor del producto gracias a su sabor dulce característico. Sin embargo, en la producción de panes sin gluten, este ingrediente tiene otra función fundamental. Muchas veces, el contenido de almidón dañado de las materias primas de estos productos es bajo y no se generan azúcares suficientes. La incorporación de azúcar proporciona a las levaduras sustrato, favoreciendo la fermentación de la masa y el aporte de mayor volumen a la masa.

Además, el azúcar aporta color a los panes, pues favorece las reacciones de Maillard, dando lugar a cortezas con un color más oscuro.

En España no existe límite en la dosis de azúcar, pero no debe ser excesiva ya que podría tener consecuencias en el rendimiento de las levaduras y se percibiría como un producto poco

saludable. En general, los panes sin gluten comerciales suelen presentar un 5% de azúcar respecto al peso total.

Tiene una vida útil indefinida se almacena correctamente en un lugar seco, fresco y protegido de la luz, preferiblemente en sacos cerrados para evitar contaminaciones.

2.2.4. Levadura

Se empleará levadura seca instantánea (*Saccharomyces cerevisiae*) por su elevada vida útil y su fácil conservación, sin necesidad de refrigeración. Se obtiene mediante la extrusión y desecación mediante atomizador de la levadura fresca prensada. La *Saccharomyces cerevisiae* consiste en un hongo unicelular perteneciente al grupo de los ascomicetos.

Su papel en panificación es fundamental, ya que metaboliza los azúcares en un proceso de fermentación anaerobia, produciendo CO₂, responsable del crecimiento del pan, y etanol, que se evapora.

Esta levadura tiene una larga vida útil al estar deshidratada, pero se deben tener una serie de consideraciones para mejorar su conservación. Esta debe ser almacenada al vacío, en ambientes secos y temperaturas templadas.

2.2.5. Hidroxipropil-metil-celulosa (HPMC)

El HPMC es el sustituto del gluten más utilizado en la formulación de los panes comerciales sin gluten. Se obtiene a partir de fibras vegetales, que provienen principalmente del algodón. Concretamente se usará el tipo K4M, por ser el que mejor resultado da en la elaboración de panes sin gluten.

Se trata de un aditivo (E464), perteneciente al grupo de los hidrocoloides, que se usa en los panes sin gluten como sustituto de esta proteína, pues permite el desarrollo de la estructura del pan en ausencia del gluten, atrapando los gases en la fermentación y contribuyendo a la obtención de una miga más uniforme y un producto de mayor volumen. Este efecto se ve incrementado al incluirse en la formulación con almidón de maíz.

Su almacenamiento óptimo requiere de lugares secos y frescos, y debe estar protegido de la luz directa. Se debe mantener en bolsas cerradas para prevenir la absorción de humedad y olores.

2.2.6. Sal Yodada

La sal común yodada es una sustancia cristalina constituida por cloruro de sodio (ClNa) y enriquecida con yodo, siendo el tipo de sal más común empleada en la industria alimentaria y, concretamente, en panificación. De acuerdo con la normativa vigente, el contenido máximo de sal permitido en el pan común es de 1,31 gramos por 100 gramos de pan debido a que se ha demostrado que este ingrediente es perjudicial para la salud si no se modera su consumo.

Su papel fundamental en los panes sin gluten es el de saborizante, realzando el sabor. Pero además aumenta la firmeza de la masa y reduce la velocidad de la perdida de agua en el pan, aunque este efecto es mínimo.

Al igual que el resto de materias primas comentadas anteriormente, se debe almacenar en un lugar fresco y seco, protegido de humedad y de luz directa, preferiblemente en bolsas o envases cerrados. Bajo estas condiciones presenta una vida útil prolongada.

2.2.7. Aceite refinado de girasol

En la formulación de los panes sin gluten es muy habitual la incorporación de algún aceite vegetal. El uso del almidón de maíz provoca en los panes sin gluten una textura final excesivamente seca y poco jugosa, efecto que se ve incrementado con el uso del HPMC. El aceite en la formulación ayuda a contrarrestar esta sequedad. Además, tiene otros efectos positivos sobre el pan, como su contribución a obtener panes con mayor volumen. Esto es gracias a que el aceite retrasa la temperatura de gelatinización del almidón. Cuando se produce la gelatinización en el horneado, la masa gana consistencia, frenando la expansión del pan. Por lo tanto, retrasando la temperatura de gelatinización se consiguen panes con mayor volumen. Además, retrasa la retrogradación del almidón, ralentizando así el endurecimiento del pan con el paso del tiempo.

Se escoge el aceite de girasol, de buena calidad nutricional, alta disponibilidad y un sabor más neutro que otros como el de oliva, además de más económico.

El deberá ser almacenado en depósitos cerrados y protegidos de la luz y el calor. La vida útil es generalmente de unos 12-18 meses si las condiciones de almacenamiento son óptimas.

2.2.8. Agua

El agua se obtendrá de la red pública de agua potable y se almacenará en tanques de polietileno, para asegurar continuidad, control de calidad y seguridad alimentaria.

Se debe garantizar su potabilidad y comprobar que no presenta olores, colores ni sabores extraños. Además, se deberá comprobar su temperatura antes de ser utilizada para hidratar la levadura. Concretamente la temperatura óptima es 40°C. A más de 45°C se corre el riesgo de dañar la levadura y temperaturas por debajo de 35°C pueden ser insuficientes y la fermentación más lenta.

Como ya se ha indicado, la hidratación de la masa juega un papel fundamental en las características del pan obtenido. Como referencia para la formulación de los panecillos se ha establecido una hidratación de 70%. Las masas sin gluten son bastante sensibles a pequeños cambios de hidratación, por lo que se debe calcular y controlar muy bien la cantidad de agua añadida para conseguir una producción homogénea. Para lograr esto se utilizarán dosificadoras automáticas y se llevarán a cabo análisis previos para determinar la cantidad concreta que debe llevar la masa ante cambios de la materia, ya sea de proveedores o de lotes. Para ello se utilizará el Farinógrafo y se seguirán los pasos detallados en el protocolo diseñado (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas Sin Gluten).

2.3. Descripción materias auxiliares

2.3.1. Materiales de envasado

- Bolsas de papel Kraft.

Los panecillos, antes de salir de la línea de producción, serán envasados individualmente para garantizar que no se producen contaminaciones, especialmente importantes en nuestra industria, donde también se producen productos de panadería con gluten.

Para el envasado se utilizarán bolsas de papel Kraft con ventana transparente de polietileno (PE) y revestidas interiormente por el mismo material, que actuará como barrera frente a la humedad, grasas y contaminaciones indeseadas. cierre adhesivo. Las dimensiones de la bolsa serán de 160x180 mm (Figura 4.1) que no se deberá abrir hasta el consumo para garantizar la inocuidad del producto.

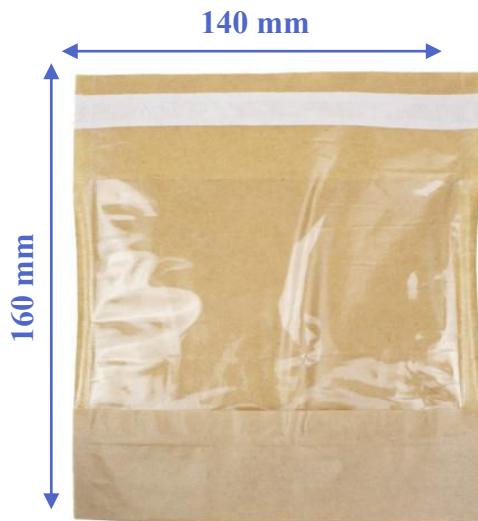


FIGURA 4.1. Bolsas de papel Kraft para envasado de panecillos de 100 g.

El material de envasado deberá ser certificado por el fabricante como apto para uso alimentario y libre de gluten. Igualmente se realizarán test rápidos de detección de presencia de gluten para verificar su ausencia y que son aptos para su uso.

De acuerdo con la normativa, el producto se considera envasado y por tanto, deberá figurar en la etiqueta adhesiva que se colocará en el cierre la información obligatoria (ver apartado 1.1.1. Especificaciones legales).

- Etiquetas adhesivas

Para incluir la información obligatoria por normativa, se pegarán, una vez cerrado el envase, por la parte del cierre, etiquetas adhesivas. El soporte será papel, apto para impresión, con una capa protectora de barniz, y con adhesivo de grado alimentario en la parte posterior, para poder adherirse al material del envase. Las etiquetas se recibirán y almacenarán en bobinas de 3.000 unidades.

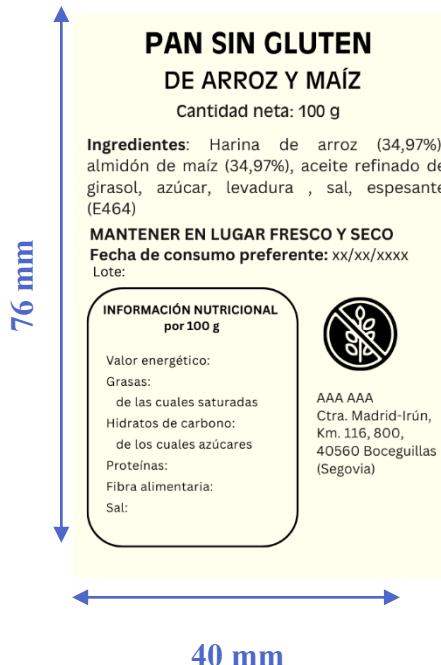


FIGURA 4.2. Etiqueta del producto terminado.

2.3.2. Material para el transporte y almacenamiento.

- Cajas de cartón.

Son necesarias para el almacenamiento y transporte de los panecillos sin gluten. Facilitan y protegen al producto en el transporte. Las cajas serán de cartón y tendrán unas dimensiones de 500x700x100 mm, con capacidad de 24 panes cada caja. Por lo que se necesitarán 42 cajas diarias. Los panes irán organizados en el interior de las cajas como se muestra en las Figura 4.3 y 4.4 y se dispondrán en dos niveles, nunca más ya que por el peso, los de abajo podrían deformarse.

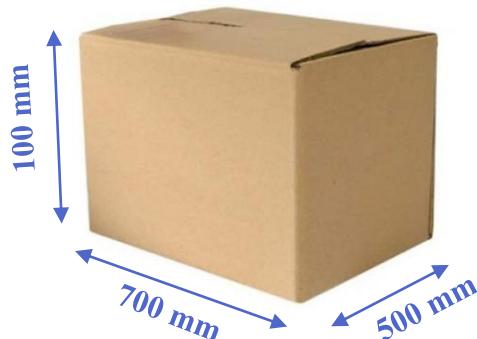


FIGURA 4.3. Dimensiones de la caja.

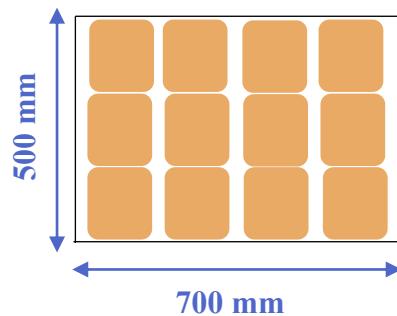


FIGURA 4.4. Disposición de los panecillos de 100 g en cada caja.

2.4. Diseño del proceso productivo

A continuación, se describe el proceso productivo de elaboración semiindustrial de panes sin gluten de 100 g, detallando cada etapa que forma parte de este y las actividades complementarias que se llevarán a cabo.

2.4.1. Diagrama de flujo

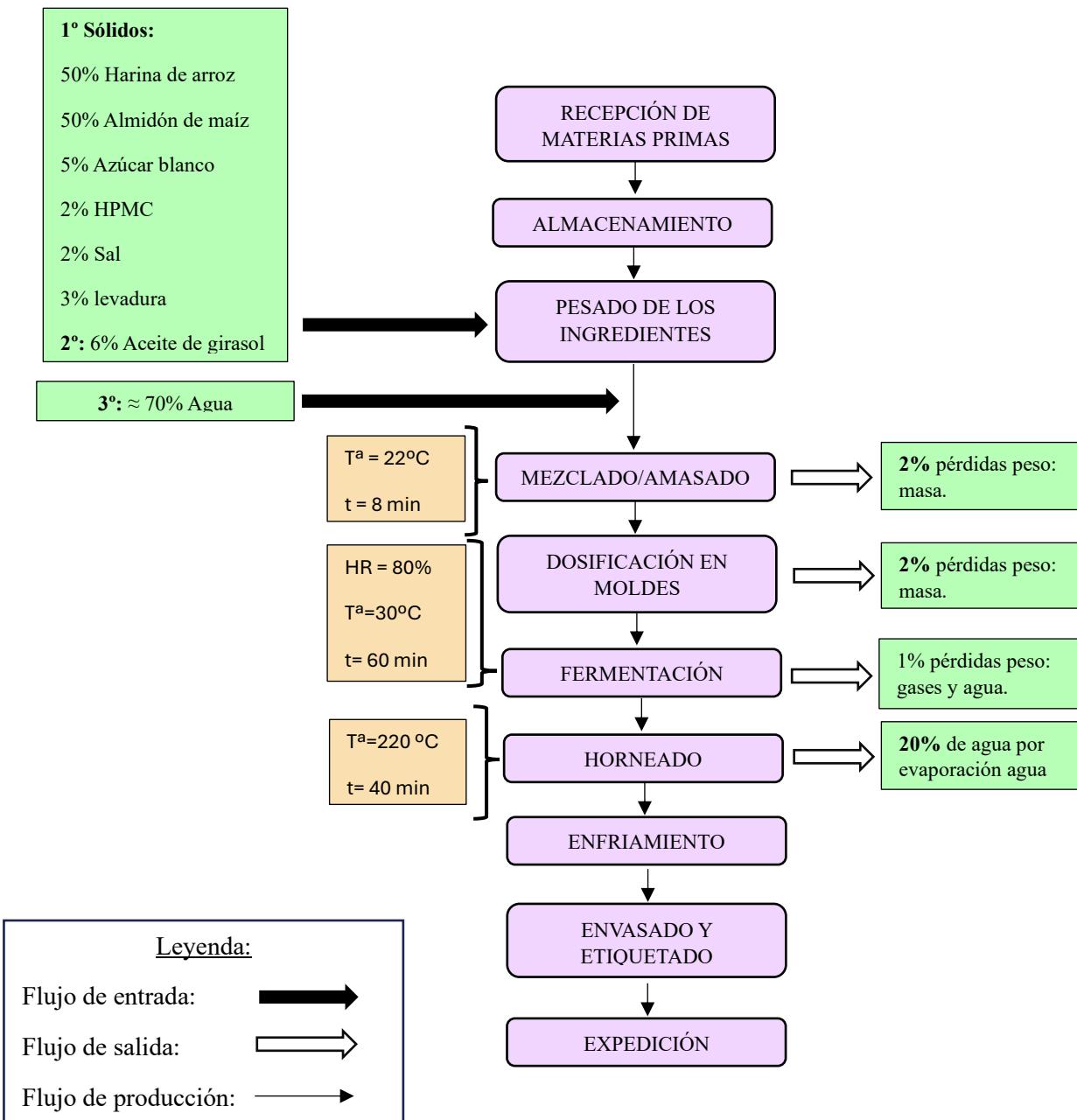


FIGURA 4.5. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del pan sin gluten.

2.4.2. Diagrama de recorrido sencillo del proceso.

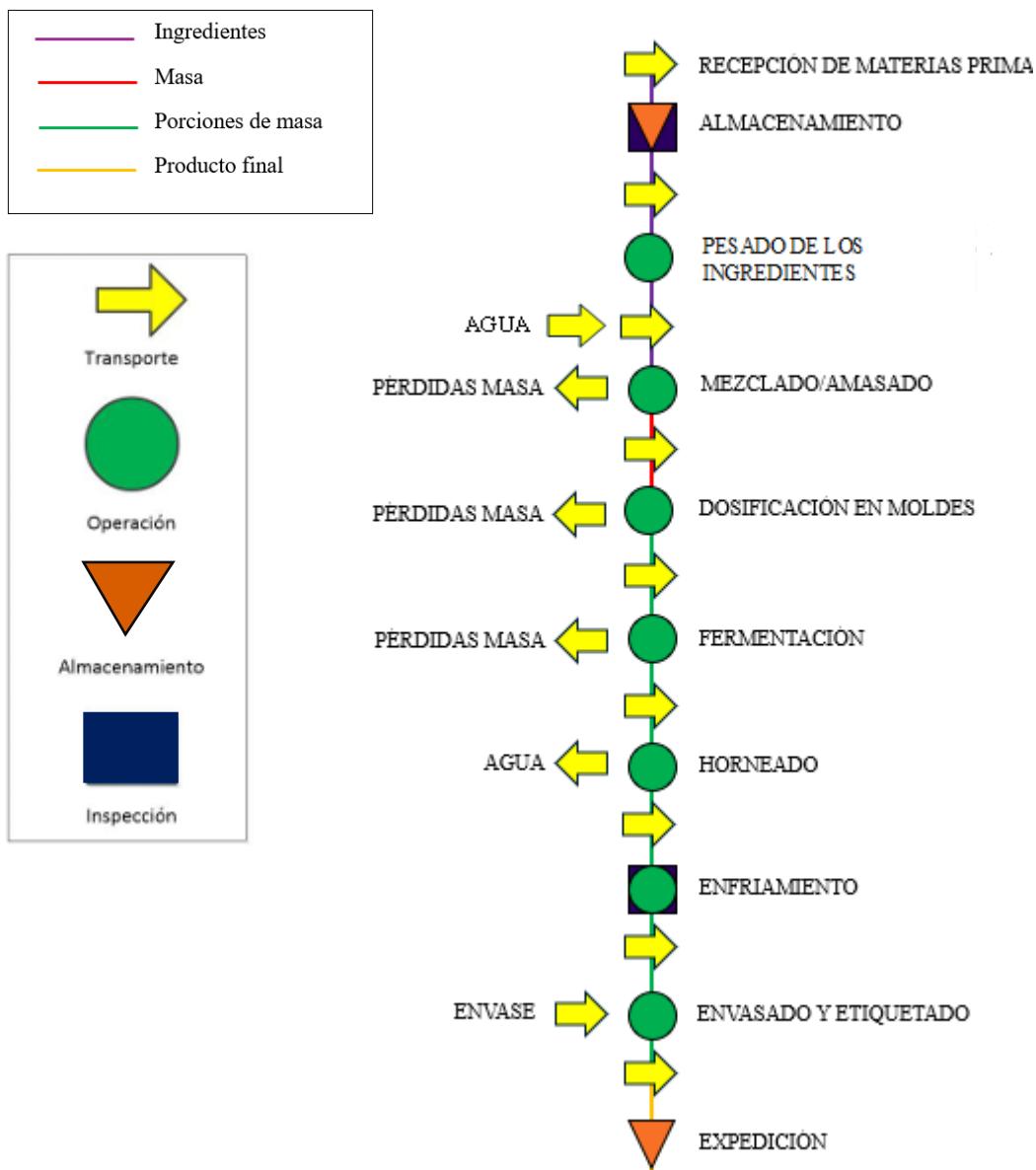


FIGURA 4.6. Diagrama de recorrido sencillo del proceso de fabricación del pan sin gluten.

2.4.3. Descripción del proceso productivo

A continuación, se describen las etapas que componen el proceso productivo para la obtención del pan sin gluten. El flujo del proceso productivo deberá ir siempre en un solo sentido para evitar contaminación cruzada. La entrada de materias primas y la salida de producto terminado no deben coincidir en espacio.

2.4.3.1. Recepción y almacenamiento de materias primas.

La recepción de materias primas, procedentes de proveedores de la zona, se efectuará en el muelle de recepción. A su llegada el encargado de almacén realizará el registro de la mercancía (proveedor, lote y fecha de ingreso) y una verificación visual para detectar defectos, y del certificado de calidad. Posteriormente se realizará un control para verificar la ausencia de gluten. Una vez confirmado, el operario de almacén se encargará de ubicar la mercancía. En caso de que los productos recibidos no cumplan con los requisitos deberán ser enviados de vuelta al proveedor inmediatamente. En el caso de la harina, una vez ubicada en el almacén, deberá procederse a su análisis farinográfico para determinar la cantidad de agua que habrá que emplear en la masa.

Se deberá evitar el contacto de las nuevas materias que ingresan en la industria con otras para la producción de productos con gluten. Para ello, la recepción de productos libres de gluten se efectuará en un muelle de recepción exclusivo para la producción de pan sin gluten, distinto al general.

El almacenamiento deberá ser ordenado para garantizar calidad, inocuidad y trazabilidad. Para ello se empleará el sistema FIFO (“First in, First Out”), es decir, las materias primeras que primero lleguen a la industria son las primeras en utilizarse. El almacén deberá presentar un ambiente seco, fresco, ventilado. Será un almacén independiente al almacén de materias para la producción de panes con gluten y deberá ser señalizado como tal.

Las materias primas secas fundamentales, es decir, la harina de arroz y el almidón de maíz, se recibirán y almacenarán en sacos de 50 kg completamente cerrados sobre palets (nunca en contacto con el suelo) y ordenados en estanterías industriales. La sal y el azúcar estarán en el interior de sacos de 25 kg, la levadura en paquetes al vacío de 500 g y el HPMC en bolsas de 1 kg con cierre hermético, que también serán ubicados en el almacén, separados de las harinas y almidones.

El aceite llegará a la industria en bidones de 25 litros. El agua se adquiere de la red pública.

2.4.3.2. Dosificación y pesado de los ingredientes

Los componentes sólidos y el aceite serán pesados de forma manual por los operarios de acuerdo con la formulación.

El agua se dosificará de forma automática a la mezcladora. La cantidad de agua empleada en la formulación es clave para la producción de pan sin gluten, siendo muy sensible a pequeños cambios. La dosificación automática con control de temperatura permite ser precisos y ajustar la cantidad de agua de acuerdo con los requerimientos de cada masa y sus materias primas.

Para el pesado manual en básculas, el saco de cada ingrediente del almacén será llevado a la zona de pesado con ayuda de una transpaleta. En esa área se abrirá el saco y una vez pesado los ingredientes se deberá cerrar herméticamente para evitar contaminaciones.

2.4.3.3. Mezclado/amasado

Los ingredientes se incorporarán en la amasadora y después se procederá al amasado mediante una amasadora automática.

Para la adición de los ingredientes en la amasadora, primero se añadirán los ingredientes sólidos. Una vez incorporados todos los sólidos y con la mezcladora en marcha, se añadirá el aceite de girasol y posteriormente se dosificará el agua a través de una tubería que contará con filtros para garantizar la seguridad del agua, libre de partículas y contaminantes químicos y biológicos. Será fundamental ajustar la dosificadora del agua a la cantidad óptima establecida para el lote de materias primas que se va a emplear después de haber realizado el análisis farinográfico.

Se empleará una amasadora planetaria, apta para masas más pegajosas y blandas como lo son las masas sin gluten. Este tipo de masas no necesitan amasados intensos ya que no buscan desarrollar la red de gluten, si no conseguir una masa homogénea. Durante esta fase se darán distintas reacciones entre los ingredientes que darán lugar a las características viscoelásticas de la masa y la temperatura juega un papel fundamental en el correcto desarrollo de la masa. Se deberá mantener una temperatura final de amasado aproximada de 22-23°C y el tiempo de amasado será de 8 minutos.

2.4.3.4. Dosificación en moldes

Mediante una dosificadora automática, la cantidad de masa correspondiente se depositará en cada molde. El empleo de dosificadora automática mejora la eficiencia del proceso, ya que las masas, pegajosas y blandas, son de difícil manejo, y una división y formados manuales se dificultarían.

Previo a la dosificación, un operario se encargará de pintar los moldes con aceite, para facilitar el desmolde de los panecillos una vez horneados. También se deberá ajustar la cantidad de masa dosificada en los moldes para cada lote, pues cambiará dependiendo de la cantidad de agua empleada.

Los moldes irán sobre cintas transportadoras. Un operario se encargará de ir depositando las bandejas sobre la cinta. Una vez llenos los moldes, otro operario irá colocando los moldes llenos con masa en carros para ser trasladados a la cámara de fermentación.

2.4.3.5. Fermentación

Después de que se reparta la masa en los moldes, estos se llevarán a la cámara de fermentación durante 1 hora con condiciones controladas de humedad y temperatura: 30°C con una humedad del 80%.

Las levaduras son las encargadas de llevar a cabo la fermentación en condiciones anaerobias. Su temperatura óptima de actuación es de 28-32°C, rango en el que su actividad fermentativa es máxima. Estas transformarán los azúcares en CO₂ y etanol, con desprendimiento de calor, empezando por los azúcares simples libres (glucosa y fructosa) en una primera fase que comienza en el amasado, generando los primeros aromas. Después romperán aquellos azúcares más complejos, como la sacarosa y, por último, la maltosa, para después transformar los

monosacáridos obtenidos. Las levaduras panarias comerciales tienen una mejor adaptación a la maltosa, transformándola más rápido y aumentando la cantidad de gas desprendido, con un consecuente aumento del volumen. Esta segunda fase es de mayor duración y es la que se produce en las cámaras de fermentación. Se da la producción de CO₂ que, gracias a los hidrocoloides (HPMC), queda retenido, dando lugar a un aumento de volumen.

Las pérdidas de peso en esta etapa son mínimas. Se da un desprendimiento de etanol, pero la pérdida de agua es mínima, gracias a la atmósfera con una humedad elevada, que impide resecamientos de la masa.

2.4.3.6. Horneado

Una vez terminada la fermentación, las masas se llevarán a los hornos siguiendo el flujo de producción. El horneado se realizará a una temperatura de 220°C durante 40 minutos en hornos de carros rotativos. Para panes sin gluten, el tiempo de horneado es mayor debido al mayor contenido de agua de la fórmula respecto a panes tradicionales.

La cocción de la masa se lleva a cabo gracias a un intercambio de calor con el horno. La transmisión de calor se puede dar de distintas formas, pero en el caso de este tipo de hornos la vía principal de transmisión calorífica es la convección forzada. Un ventilador mueve aire caliente en el interior del horno y este calor se transfiere a la superficie de la masa mientras las bandejas rotan, permitiendo un horneado uniforme. También se puede producir conducción, a través del contacto del material del molde y las bandejas con la masa, y por radiación a través de las paredes del horno.

El proceso de horneado consiste en tres etapas fundamentales. En una primera etapa se da un aumento de la temperatura de la masa, que posee un gran contenido de humedad que favorece la transmisión de calor por convección. Durante esta fase, las levaduras se encuentran en el rango de temperatura de actuación, por lo que la masa va a seguir fermentando hasta que se alcance una temperatura lo suficientemente elevada para causar su inactivación, siempre que no se hayan acabado los azúcares fermentables.

Además, se produce un crecimiento del volumen de la masa gracias a la expansión de los gases, que continúa después de la inactivación de la levadura en una segunda fase del horneado. El pan se seguirá expandiendo hasta que se alcance la temperatura de gelatinización del almidón, formándose una estructura más consistente que impide que el pan siga creciendo. En esta fase, la superficie del pan comienza a secarse y el agua del interior del pan migra hacia el exterior.

En la última fase, se forma la corteza, al aumentar el ritmo de desecación de la superficie, elevándose rápidamente la temperatura y desencadenando las reacciones de Maillard gracias a la presencia de los azúcares libres producto de la fermentación, que otorgarán el aroma y color tostado característico del pan.

2.4.3.7. Enfriamiento

Después de horneado las piezas que salen del horno deberán reposar y enfriarse antes de proceder al envasado para evitar condensaciones y empeorar la calidad del producto final. Se deberá esperar hasta que los panes alcancen una temperatura de unos 30-40°C. Primero, los

moldes con los panes reposarán sobre el carro durante unos 15 minutos. Después los panes se sacarán del molde y se dispondrán sobre una cinta transportadora en movimientos, para favorecer el enfriamiento durante 15 minutos más.

El proceso se debe realizar en un ambiente no demasiado seco y en el menor tiempo posible para que las pérdidas de humedad sean mínimas.

Antes de pasar al envasado, el departamento de calidad deberá realizar un análisis para comprobar la ausencia de gluten en el panecillo. Además, el producto terminado se hará pasar por un detector de metales para detectar la posible presencia de partículas metálicas que podrían proceder de los equipos o utensilios empleados en la elaboración. Este equipo cuenta con un sistema añadido de control de peso, que comprobará que la media del peso de los panecillos no sea inferior a la cantidad nominal que se indicará en el envase.

2.4.3.8. Envasado y etiquetado

Los panes enfriados, se trasladarán en cintas transportadoras a la zona de envasado, donde se meterá cada pieza en bolsas de papel Kraft revestidas en el interior de polietileno (PE) para proteger bien al alimento frente a contaminaciones, de forma manual. Este es un punto de control crítico de la producción ya que antes de ser envasado se deberá garantizar la ausencia de gluten y de partículas metálicas.

Una vez cerrada cada bolsa, otro operario se encargarán de colocar, sobre el cierre, reforzándolo, las etiquetas proporcionadas por una impresora con la información obligatoria actualizada. Finalmente, un tercer operario irá metiendo cada unidad en las cajas.

2.4.3.9. Almacenamiento y expedición

El producto terminado envasado y etiquetado se almacena en cajas de cartón, que protegerá al producto durante su transporte. En cada caja se transportarán 24 unidades y se colocarán sobre palets europeos. En cada palet se ubicarán 14 cajas que se trasladarán al almacén donde permanecerá un tiempo limitado ya que se trata de un producto de consumo en 24 horas. Su expedición se llevará a cabo poco tiempo después de acabarlo.

El almacenamiento del producto terminado deberá realizarse en un espacio con condiciones ambientales controladas de temperatura (18-20 °C), evitando altas temperaturas y con una humedad relativa baja (<50%) para evitar desarrollo de mohos.

Parte de la producción irá destinada a la venta en la misma tienda de la industria, que se trasladará por los mismos operarios mediante transpaletas. Una pequeña parte de la producción irá destinada a la venta en distintos pueblos que no cuentan con panaderías propias, junto con más productos, mediante una furgoneta de la empresa. Otra parte de la producción irá destinada al suministro de restaurantes y otros establecimientos del canal HORECA. Y finalmente, la otra parte de la producción se destinará a comercios de núcleos urbanos de la zona, mediante su transporte en camiones que eviten ambientes muy calurosos en su interior.

Al tratarse de un producto de consumo preferente en 24 horas, la distribución se deberá hacer a una hora temprana de la mañana y no deberá permanecer más de un día en el almacén y se seguirá la organización FIFO.

2.4.4. Actividades complementarias del proceso productivo

El proceso productivo del pan sin gluten, al igual que todos los procesos industriales, requieren de actividades complementarias que garantizarán la calidad y seguridad de los productos y aseguran el buen funcionamiento de la planta de producción.

2.4.4.1. Controles de calidad

La línea contará con sistema APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos), un sistema de gestión de la seguridad del alimento producido, que se basa en el control de los puntos críticos y en la correcta manipulación de los alimentos.

Los controles de calidad de la línea son importantes para garantizar la calidad y seguridad de los alimentos que se va a comercializar. Los controles de calidad serán responsabilidad, principalmente, del departamento de calidad, aunque los operarios podrán llevar a cabo alguna tarea sencilla, como verificación aleatoria de los PCC o toma de muestras tanto de superficies como de materias primas o producto terminado. Los diferentes controles de calidad se detallan a continuación:

- Control de calidad de las materias primas: toda materia prima que llega a la industria deberá ser sometida a un análisis para verificar la ausencia de gluten (la cantidad deberá ser siempre inferior a 20 mg/kg).

En estos controles de calidad también se incluye el análisis con el Farinógrafo que se deberá realizar con cada lote de harina que entre en la línea, siguiendo el protocolo diseñado en el Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten. La información acerca de la cantidad necesaria de agua para cada lote de harina de arroz se registrará para que los operarios en el turno de noche conozcan la cantidad exacta.

- Vigilancia de los PCC. Los PCC se vigilarán, al menos, una vez por turno, y deberán ser registrados en las fichas correspondientes. La Organización de Agricultura y Alimentación (FAO) define PCC como “fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable”. En este caso, los PCC son los filtros del agua, el detector de metales y la presencia de gluten en el producto acabado. Se realizará una comprobación visual a los filtros, se pasarán testigos por el detector de metales y se realizarán tests rápidos de presencia de gluten en el producto terminado,
- Verificación de la limpieza de superficies de la maquinaria mediante kits rápidos para detección de gluten (diariamente) y detección de microorganismos (semanalmente).
- Control de calidad de producto terminado: el producto terminado sin envasar sobre la cinta transportadora pasará a través de un detector de metales que, además, pesará el

producto para comprobar que cumple con los requisitos de peso. También se deberá realizar un muestreo aleatorio de producto terminado para verificar la ausencia de gluten.

Además, se tomarán muestras que serán enviadas a un laboratorio acreditado por ENAC, dando validez a los resultados, que servirán como evidencia en auditorías.

2.4.4.2. Limpieza y desinfección

Después de la producción, diariamente los operarios llevarán a cabo la limpieza de los equipos y maquinaria empleando agua caliente y productos de limpieza específicos para industrias alimentarias. Se ayudarán de cepillos de cerdas blandas, espátulas y paños que no dañen las superficies de acero inoxidable. El proceso seguirá un plan de limpieza y desinfección desarrollado en el APPCC, con procedimientos específicos de cada zona de trabajo.

Los operarios que lleven a cabo la limpieza deberán haber recibido una formación previa y estar autorizados para la manipulación de la maquinaria. Deberán desmontar primeramente los equipos que lo requieran.

Después se procederá a una primera fase de prelavado, en la que se retirarán la mayor parte de la suciedad visible, como restos orgánicos gruesos que hayan quedado en el interior de las máquinas. Posteriormente se realizará una limpieza con detergente alcalino (desengrasante) apto para industria alimentaria y agua caliente a 40-60°C. Las piezas desmontables o utensilios pequeños se sumergirán en una disolución del 3% del detergente en agua. El resto del equipo se limpiará con ayuda de los utensilios de limpieza. Posteriormente se aclararán todas las partes con agua.

En una tercera fase posterior, se desinfectarán todas las partes con un desinfectante para eliminar posibles microorganismos presentes después de la limpieza. El desinfectante se utilizará en una concentración del 2% mediante pulverización y se dejará en contacto con las superficies durante 15 minutos. Pasado ese tiempo, se llevará a cabo un aclarado final, siendo preferible el uso de agua caliente, y cada pieza se dejará secar convenientemente al aire.

Para asegurar una limpieza y desinfección efectiva, se realizará un muestreo aleatorio de la superficie de los equipos, que serán analizadas por el departamento de calidad mediante kits rápidos. Además, semanalmente también se realizará un monitoreo microbiológico.

La limpieza se deberá registrar a través de fichas de registro donde figuren la fecha y hora de la limpieza, el operario que la llevó a cabo, los productos utilizados y cualquier información relevante que deba tenerse en cuenta.

A mayores, de manera cuatrimestral una empresa externa para realizar una limpieza completa y garantizar el cumplimiento de los requisitos de higiene alimentaria.

2.4.4.3. Venta

La venta del producto terminado se realizará mediante distintos canales. El 30% de la producción se venderá en la tienda de la misma industria. La mayor parte, es decir, aproximadamente el 60% se destinarán a abastecer a establecimientos del canal HORECA y

tiendas locales. Y la otra pequeña parte restante se destinará a la venta ambulante a los pueblos cercanos que no cuentan con tiendas propias. La venta y el reparto de mercancías la realizarán los operarios de la industria.

2.4.4.4. Consideraciones de Seguridad y Salud

Durante el desarrollo de las actividades productivas se deberán cumplir las disposiciones establecidas en la normativa vigente en relación con la prevención de riesgos laborales asociados a la instalación y operación de la nueva línea de producción, regulados por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y otros aspectos en relación con la seguridad del alimento que se va a producir, regulados principalmente por la Ley 17/2011, 5 de julio, de seguridad alimentaria y nutrición.

Se adoptarán medidas básicas como el uso de uniforme de trabajo limpio, cofia para recoger el pelo, mascarilla, guantes desechables y calzado de seguridad que se deberá utilizar únicamente en la zona de producción, señalización adecuada y revisión periódica de las instalaciones y equipos, formación en el uso de la maquinaria y el mantenimiento del orden y limpieza de las zonas de trabajo.

Además, se deberán seguir los protocolos de limpieza y desinfección descritos anteriormente, establecer un sistema de vigilancia para cada PCC y otras medidas preventivas establecidas en el APPCC, como los planes de control de agua, control de plagas o de identificación y trazabilidad.

Estas medidas se consideran complementarias e imprescindibles para garantizar la correcta ejecución del proceso productivo, garantizando la seguridad del personal y del alimento.

2.5. Identificación de áreas funcionales

Después de conocer y describir cada una de las etapas del proceso productivo, a continuación, se enumeran las distintas áreas funcionales en las que será necesario dividir la planta, repartidos a su vez en distintas zonas.

2.5.1. Zona de recepción y almacenamiento de materia prima

- ✓ Muelle de recepción de materia prima y auxiliares.
- ✓ Almacén de materias primas y auxiliares.

2.5.2. Zona de producción

En esta zona se agrupan los distintos espacios que se incluyen en el procesado del pan:

- ✓ Zona de amasado.
- ✓ Zona de llenado de moldes.
- ✓ Zona de fermentación.
- ✓ Zona de horneado.
- ✓ Zona de enfriado.

- ✓ Zona de envasado y etiquetado.

2.5.3. Zona de producto terminado y expedición

- ✓ Almacén de producto terminado.
- ✓ Zona de expedición.

2.5.4. Zonas de servicios complementarios

- ✓ Sala de limpieza utensilios y maquinaria.
- ✓ Taller.
- ✓ Sala de gestión de residuos.
- ✓ Laboratorios.

2.5.5. Zona del personal

- ✓ Vestuarios.
- ✓ Aseos.
- ✓ Sala de transición higiénica.
- ✓ Comedor.
- ✓ Oficinas.
- ✓ Recepción.
- ✓ Sala de reuniones.

Para la distribución más adecuada en la planta de las distintas áreas, se elaboró un estudio relacional de actividades mediante una tabla relacional (ver punto 3.6. Relación de actividades).

2.6. Relación de actividades

En este punto se determinó la relación que tiene cada una de las actividades que se dan en la planta con el resto, con el objetivo de facilitar después la distribución en planta de los espacios. Para ello se tuvieron en cuenta una serie de criterios para la valoración de la relación de las actividades (Tabla 4.2):

- Proximidad en el proceso: se tiene en cuenta su cercanía o de una actividad con otra, de manera que las áreas que intervienen de forma consecutiva deberán situarse cercanas para reducir desplazamientos, tiempos y manipulación innecesaria de materias primas o productos intermedios. Además, en esta línea libre de gluten, se debe priorizar un flujo del proceso en una única dirección.
- Higiene: las actividades con requisitos higiénicos similares se agrupan para garantizar un flujo limpio y evitar contaminaciones cruzadas.

- Control: en este caso se evalúa la cercanía de actividades que requieren una supervisión directa
- Temperatura: se debe evitar situar dos zonas próximamente que requieran ambientes de temperatura distintos.
- Malos olores, ruidos: las zonas que puedan ser ruidosas o con emisión de malos olores se deben separar de otras para mantener condiciones adecuadas e higiénicas de trabajo.
- Seguridad del producto: este criterio se basa en la búsqueda de condiciones seguras y fuera de peligro de contaminaciones y determinadas zonas.
- Utilización del material común: se favorecerá la cercanía de zonas de procesos con equipos o utensilios comunes.
- Accesibilidad: se evalúa el fácil acceso que requieren algunas zonas a otras para optimizar el proceso.

Las actividades que se van a someter al estudio relacional y su nomenclatura se enumeran a continuación:

- A.1) Recepción de materias primas.
- A.2) Almacén de materias primas.
- A.3) Pesado ingredientes.
- A.4) Mezclado-amasado.
- A.5) Dosificación en moldes.
- A.6) Fermentación.
- A.7) Horneado.
- A.8) Enfriado.
- A.9) Envasado y etiquetado.
- A.10) Almacén producto terminado.
- A.11) Expedición.
- A.12) Laboratorio.
- A.13) Oficinas y sala de reunión.
- A.14) Aseos y vestuarios.
- A.15) Sala de limpieza.
- A.16) Sala de residuos.

Tabla 4.2. Motivos para la valoración de la relación de actividades.

MOTIVO	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Temperatura
5	Malos olores, ruidos
6	Seguridad del producto
7	Utilización del material común
8	Accesibilidad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3. Escala de valoración de la Tabla Relacional de Actividades.

PROXIMIDAD	INDICA RELACIÓN	COLOR ASOCIADO
A	Absolutamente necesario	Rojo
E	Especialmente importante	Ambar
I	Importante	Verde
O	Poco importante	Azul
U	Sin importancia	Negro
X	No deseable	Ocre

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.4. Tabla relacional de actividades.

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		A 1	X 6	X 6	X 6	X 6	X 6	X 6	O 2	O 7	E 8	X 5	U 1	X 2	X 2	
2			E 1	O 1	O 1	O 1	X 4	U 1	O 7	O 7	X 6	E 8	X 5	X 6	X 2	X 2
3			A 1	E 1	I 1	X 4	U 1	U 1	O 2	U 1	O 1	X 5	X 6	I 7	X 2	
4				A 1	I 1	X 4	U 1	U 1	O 2	U 1	U 1	X 5	X 6	I 7	X 2	
5					A 1	X 4	U 1	U 1	O 2	U 1	U 1	X 5	X 6	I 7	X 2	
6						A 1	U 1	U 1	O 2	U 1	U 1	X 5	X 6	I 7	X 2	
7							X 4	O 1	X 4	U 1	X 4	X 5	X 6	I 7	X 2	
8								A 7	O 1	O 8	E 3	X 5	X 6	O 7	X 2	
9									A 1	X 6	I 3	X 5	X 6	O 7	X 2	
10										I 1	O 3	X 5	X 2	U 2	X 2	
11											O 3	X 5	U 1	U 7	X 2	
12												U 5	U 1	O 2	O 2	
13													X 5	U 2	X 5	
14														O 8	I 8	
15															E 8	
16																

Fuente: Elaboración propia.

3. Implementación del proceso productivo

3.1. Plan productivo

3.1.1. Cálculos de producción

La industria de panificación donde se pretende implantar la línea de producción de panes sin gluten se encuentra ubicada en el término municipal de Boceguillas (Segovia), en una zona

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

estratégica, pues se encuentra en el kilómetro 116 de la carretera A1, una de las más transitadas del país, que conecta Madrid con la frontera francesa, convirtiendo la industria, que cuenta con tienda y un restaurante-cafetería propios, un sitio de parada muy frecuentado. De acuerdo con los últimos datos publicados por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, la Intensidad Media Diaria registrada en el tramo de carretera convencional que une la industria con la A-1 fue de 2.304 en 2023. Además, la producción deberá ser suficiente para abastecer tanto a la población local, como a los pueblos de alrededor que no cuentan con panadería propia y tienen una media de 50 habitantes, que en temporada alta puede aumentar y multiplicarse incluso por 20 en determinadas temporadas, como fiestas patronales y verano, la población. También debe ser suficiente para abastecer comedores, restaurantes y residencias de la zona. Por ello, se estima que la producción de la industria deberá ser de 1.600 unidades diarias.

3.1.2. Distribución del trabajo

En el siguiente punto se estudió la organización de la producción teniendo en cuenta las horas diarias y anuales de trabajo. Se parte de una producción objetivo de 1.600 unidades diarias de panecillos sin gluten.

El trabajo en el sector de la panadería y pastelería está regulado por el Estatuto de los Trabajadores y el Convenio Colectivo Sector de Panadería, Bollería y Pastelería de Segovia y Provincia.

3.1.2.1. Distribución anual del trabajo

La línea de producción se pretende implantar en una industria de panificación ubicada en el municipio de Boceguillas (Segovia). A esta ubicación le corresponden en total 13 días festivos retribuidos no recuperables (Tabla 4.5). La industria permanecerá operativa de lunes a domingo. Por tanto, el programa laboral anual constará de 352 días laborables, ya que se trata de un producto de consumo diario y perecedero.

Cada trabajador tendrá el derecho a 30 días naturales de vacaciones, que no se podrán fijar en momentos de máxima actividad de la empresa, que en este caso, coincide con la temporada de verano.

Tabla 4.5. Calendario de días festivos retribuidos y no recuperables en una industria ubicada en el municipio de Boceguillas (Segovia).

FESTIVIDAD	DÍA
Año Nuevo	1 de enero
Epifanía del Señor	6 de enero
Viernes Santo	Marzo-Abril
Día de Castilla y León	23 de abril
Día del Trabajo	1 de mayo
San Antonio de Padua	13 de junio
Festividad de la Asunción	15 de agosto
Nuestra Señora del Rosario	6 de octubre
Fiesta Nacional de España	12 de octubre
Día de Todos los Santos	1 de noviembre
Día de la Constitución	6 de diciembre
Día de la Inmaculada Concepción	8 de diciembre
Navidad	25 de diciembre

Leyenda:

- Festivo Nacional.
- Festivo de Castilla y León.
- Festivo local.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2. Distribución diaria del trabajo

De acuerdo con el Convenio Colectivo Sector de Panadería, Bollería y Pastelería de Segovia y Provincia (2021-2025) el máximo de horas de trabajo efectivo no podrá ser superior a 8 horas y deberá haber un mínimo 12 horas de descanso entre el final de una jornada y el inicio de la siguiente.

La jornada laboral será de 8 horas y habrá dos turnos con rotación cada semana. Durante el primer turno se producirá el pan y la línea estará en funcionamiento ininterrumpidamente. Este primer turno comenzará con la llegada del personal, la preparación de la línea, encendido de la cámara de fermentación y el horno y se estima una duración de media hora. Despues dará comienzo el proceso de producción. La producción se dividirá en 5 ciclos. Cada ciclo productivo, correspondiente a un lote, se estima que durará aproximadamente 3 horas y 20 minutos aproximadamente.

Al tratarse de un producto de consumo diario, que debe repartirse entre distintos establecimientos de hostelería y restauración, además de tiendas locales de alimentación de los alrededores, el producto terminado deberá llegar a su destino temprano. Esto requiere que al menos la mitad de la producción esté lista antes de las 6:00.

Para optimizar el proceso productivo, se solaparán las producciones, de manera que, al inicio de la fermentación del primer lote, se empiecen a pesar los ingredientes del segundo. Se ha elaborado un diagrama para ilustrar como se organizará la producción y los respectivos horarios (Figura 4.7).

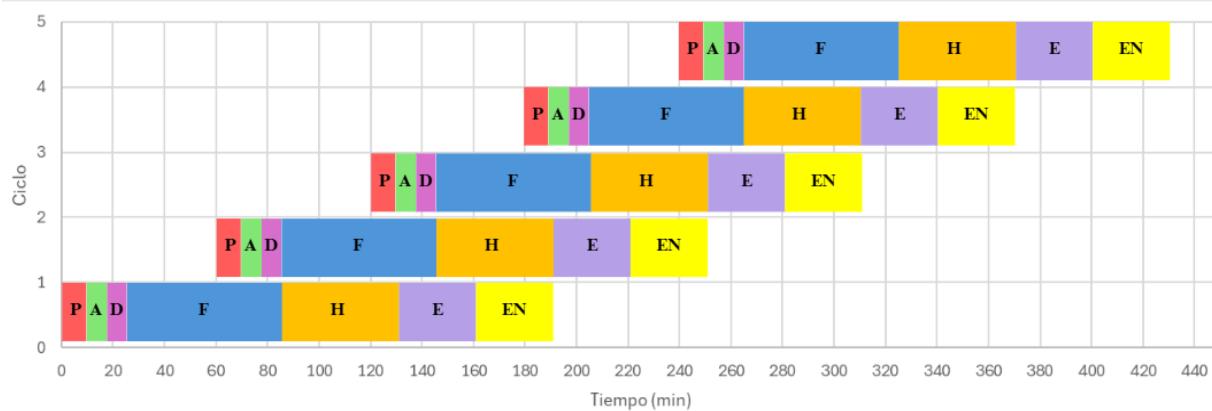


FIGURA 4.7. Organización por duración en minutos de la producción de 5 ciclos de panecillos sin gluten, donde P: dosificación y pesado; A: mezclado y amasado; D: dosificado en moldes; F: Fermentación; H: horneado; E: enfriado; EN: envasado y etiquetado.

Al finalizar la producción del día, se procederá a limpieza de la maquinaria y se podrá llevar a cabo un muestreo de las superficies de la planta para garantizar la ausencia de gluten para la siguiente producción.

El segundo turno comenzará a las 8:00, en el cual se limpiará la línea se realizarán otras tareas complementarias, como la distribución del pan a los pueblos próximos en los vehículos propios de la industria, recepción de materia prima, recuento de inventario, organización de pedidos... Entre esas tareas complementarias se incluirá el análisis de las masas con nuevos lotes que lleguen de materias primas, para determinar la cantidad de agua que se debe emplear con cada una y dejarlo registrado para que los operarios puedan consultarla. La línea durante ese horario quedará libre, y se podrá utilizar para futuras elaboraciones sin gluten.

Tabla 4.6. Horario línea de producción de la línea.

PRODUCCIÓN DE LUNES A DOMINGO	HORARIO
Arranque maquinaria y preparación	00:00-00:30
Producción	00:30-8:00
Limpieza de los equipos y otras actividades complementarias	08:00-16:00

Fuente: Elaboración propia.

Como resumen de la distribución diaria del trabajo se elaboró la Tabla 4.6. Teniendo en cuenta que los 5 lotes se producen en 431 minutos, que se aproximan a 7 horas y 30 minutos, y que entre etapas pueden darse retrasos, podemos calcular la producción en unidades de panecillos producidos por hora:

$$\frac{1.600 \text{ ud}}{7,5 \text{ horas}} = 213,33 \frac{\text{ud}}{\text{h}}$$

Tabla 4.7. Resumen de producción.

ud/hora	Horas de producción/día	Producción diaria (ud/día)	Días laborables	Producción anual (ud/año)
213,33	7,5	1600	352	563.200

3.1.3. Necesidades de materias primas

Para conocer las necesidades específicas diarias, mensuales y anuales de cada ingrediente para una producción diaria de 1.600 unidades de panecillos sin gluten de 100 g, debemos calcular primeramente la cantidad de ingredientes que se necesitan para producir una unidad. Para ello comenzaremos determinando cuanta masa es necesaria para producir un pan de 100 g teniendo en cuenta que en el proceso se van a producir pérdidas. Los rendimientos de cada etapa se recogen en la Tabla 4.8.

TABLA 4.8. Rendimiento medio de cada etapa de producción.

Etapa	Rendimiento (%)
Mezclado / Amasado	98
Dosificación en moldes	98
Fermentación	99
Horneado	80

Fuente: Elaboración propia.

Se consideraron unas pérdidas de entre 1-2% de masa en los procesos de amasado y dosificación en los moldes, porque se trata de una masa pegajosa que se puede quedar adherida a las superficies de los equipos. Se considera la opción más desfavorable, es decir, un 2% de pérdidas. En la fermentación apenas se producen pérdidas, por lo que estimamos un 1%. Y en el caso del horneado las pérdidas de peso por evaporación de agua suelen ser de un 20%. Teniendo en cuenta estos rendimientos se calcula la masa inicial por cada unidad que se quiere producir:

- ✓ Rendimiento del horneado:

$$100 \frac{\text{g}}{\text{ud}} \times \frac{1}{0,80} = 125 \frac{\text{g}}{\text{ud}}$$

- ✓ Rendimiento de la fermentación:

$$125 \frac{\text{g}}{\text{ud}} \times \frac{1}{0,99} = 126,26 \frac{\text{g}}{\text{ud}}$$

- ✓ Rendimiento de la dosificación de la masa en moldes:

$$126,26 \frac{\text{g}}{\text{ud}} \times \frac{1}{0,98} = 128,84 \frac{\text{g}}{\text{ud}}$$

- ✓ Rendimiento del mezclado/amasado:

$$128,84 \frac{\text{g}}{\text{ud}} \times \frac{1}{0,98} = 131,47 \frac{\text{g}}{\text{ud}}$$

Se obtuvo que para conseguir un pan con peso neto de 100 g se necesitan al menos 131,47 g de masa de partida. A partir de ese dato, a continuación, se calcula la cantidad (g) de cada ingrediente para elaborar un pan.

- ✓ Cálculo cantidad necesaria de harina de arroz y almidón de maíz: un panecillo sin gluten se obtiene a partir de 131,47 g, que corresponde al 188% (ver Tabla 4.1) y la suma de harina de arroz y almidón de maíz es el 100%:

$$100 \% \times \frac{131,47 \text{ g}}{188\%} = 69,93 \frac{\text{g de harina + almidón}}{\text{ud}}$$

Como la relación de cantidad de harina y almidón es de un 50:50, las cantidades requeridas de cada uno serán 34,97 g por unidad de pan producida.

- ✓ Cálculo de la cantidad necesaria del resto de ingredientes: se calcularon aplicando cada porcentaje a la suma harina de arroz + almidón de maíz, es decir, a 69,93 g.

TABLA 4.9. Necesidades de materia prima (g) por unidad de producto terminado.

Ingredientes del pan sin gluten	%	g/ud
Harina de arroz	50	34,97
Almidón de maíz	50	34,97
Aceite Refinado de Girasol	6 ¹	4,20
Azúcar Blanco	5 ¹	3,50
Levadura	3 ¹	2,10
HPMC K4M	2 ¹	1,40
Sal Yodada	2 ¹	1,40
Agua	70 ¹²	48,95
TOTAL	188	131,48

Nota:

¹Porcentaje en peso respecto a la base de harina de arroz + almidón de maíz (100%).

²El porcentaje de agua podrá ser ajustado siguiendo el protocolo de análisis de masas sin gluten con el Farinógrafo diseñado (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten).

Fuente: Elaboración propia.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

- ✓ Cálculo de la cantidad mínima necesaria de materias primas para producción diaria, semanal y anual: se multiplicó cada resultado de la Tabla 4.9 por la producción total diaria de panecillos y se obtuvieron las necesidades de cada materia prima diarias. A partir de esas cantidades se calcularon las necesidades semanales y anuales, teniendo en cuenta el total de días de producción al año.

Sin embargo, se debe tener en cuenta un margen de seguridad para el cálculo de materias primas, ya que no toda la materia prima adquirida se destinará a la producción. Se debe contar con pérdidas (por derrame de ingredientes, por ejemplo) o por toma de muestras para análisis en el laboratorio. Por este motivo, a partir de las cantidades mínimas necesarias se calcularon las necesidades de materia teniendo en cuenta un margen de seguridad del 3%.

TABLA 4.10. Necesidades mínimas mayoradas de materia prima (kg) diarias, semanales y anuales.

Ingredientes del pan sin gluten	Producción diaria (ud)	kg/día	kg/semana	kg/año
Harina de arroz		55,95	391,66	19.695,10
Almidón de maíz		55,95	391,66	19.695,10
Aceite Refinado de Girasol		6,72	47,04	2.365,44
Azúcar Blanco		5,60	39,20	1.971,20
Levadura		3,36	23,52	1.182,72
HPMC K4M		2,24	15,68	788,48
Sal Yodada		2,24	15,68	788,48
Agua		78,32	548,24	27.568,64
TOTAL		210,38	1.472,69	74.055,17
Ingredientes del pan sin gluten	1.600	kg/día mayorados 3%	kg/semana mayorados 3%	kg/año mayorados 3%
Harina de arroz		57,63	403,41	20.285,96
Almidón de maíz		57,63	403,41	20.285,96
Aceite Refinado de Girasol		6,92	48,45	2.436,40
Azúcar Blanco		5,77	40,38	2.030,34
Levadura		3,46	24,23	1.218,20
HPMC K4M		2,31	16,15	812,13
Sal Yodada		2,31	16,15	812,13
Agua		80,67	564,69	28.395,70
TOTAL		216,70	1.516,87	76.276,82

Fuente: Elaboración propia

A partir de la cantidad de cada materia prima mayorada se calculó la cantidad de sacos y bolsas necesarias de cada ingrediente para la producción de dos semanas, para posteriormente poder realizar el dimensionamiento del almacén, que deberá tener capacidad para las materias primas

de la producción de dos semanas (ver apartado 3.1.5. Necesidades de equipos y maquinaria y 3.3. Determinación de espacios).

3.1.4. Necesidades de materias auxiliares

A continuación, se calcula la cantidad mínima de cada materia que se va a requerir diaria, semanal y anualmente.

Por cada unidad producida se empleará una bolsa de papel Kraft y una etiqueta adhesiva, por lo que al día mínimo se necesitarán 1.600 unidades de cada una. Pero si tenemos en cuenta un margen de seguridad del 3%, esta cantidad es de 1.648 unidades. Las etiquetas irán organizadas en rollos de 3.000 unidades, por lo que para esa cantidad de bolsas se necesitarán algo más de medio rollo por día y, al menos, 4 a la semana.

Las cajas de cartón por su parte tienen una capacidad de 24 unidades, por lo que se requerirán al menos 67 cajas para 1600 unidades de pan, que sumando el 3% son 70.

Teniendo estas consideraciones en cuenta, se calcularon las necesidades mínimas de cada uno (Tabla 4.11)

TABLA 4.11. Necesidades de materias auxiliares diarias, semanales y anuales.

Material Auxiliar	ud/día	ud/semana	ud/año
Bolsas de papel Kraft	1.648	11.536	580.096
Bobinas de etiquetas	0,50	4,00	176,00
Cajas de cartón	70	490	24.640

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Necesidades de equipos y maquinaria

Se han identificado los diferentes equipos y maquinaria necesaria para cada etapa del proceso de elaboración de los panecillos sin gluten. Las especificaciones técnicas y necesidades de cada una se mostrarán más adelante, en el punto 4.2. Especificaciones y dimensionado de la maquinaria.

- Almacenamiento de materias primas y producto terminado

El almacén donde se guardarán las materias primas hasta ser utilizadas y las cajas con el producto terminado antes de ser expedido deberá contar con espacio para albergar:

- ✓ Estanterías para palets

Los almacenes de materias primas almacenarán la cantidad necesaria de materia prima para la producción de dos semanas. A continuación, se calcula la cantidad de sacos y bolsas que deberá albergar, de acuerdo con las cantidades indicadas en el apartado 3.1.3. Necesidades de Materias Primas, para calcular posteriormente la cantidad de estanterías necesarias en el almacén:

- Sacos de 50 kg de harina de arroz y almidón de maíz: en total suponen 806,82 kg de cada uno, por lo que en total serán 33 sacos aproximadamente, que se reparten en 2 palets.
- Para 96,9 kg de aceite refinado de girasol, que suponen 105,32 litros (suponiendo la densidad del aceite de 0,92 kg/l) se necesitarán 5 bidones de 25 litros, que se recibirán en un palet.
- El azúcar y la sal se recibirán en sacos de 25 kg. Para el azúcar se requerirán 4 sacos y 2 de sal, que irán cada uno en un palet.
- El HPMC K4M se recibe en bolsas de 1 kg, por lo que en total se necesitarán 33 bolsas que se recibirán en el interior de una caja de cartón sobre un palet.
- La levadura por su parte se recibe en paquetes de 500 g. En total para la producción de dos semanas se necesita un total de 48,46 kg de levadura repartidos en 97 paquetes en el interior de cajas de 50 unidades, que se recibirán sobre un palet.

En total las estanterías del almacén deberán tener capacidad para albergar 7 palets. Cada estantería tiene capacidad para 9 palets, por lo que solo será necesaria una estantería para materias primas. También se necesitará otra estantería para materias auxiliares, que se almacenarán en la misma zona, pero distinta estantería a las materias primas.

Por otro lado, el almacén de producto terminado deberá tener capacidad para al menos la producción de un día. Esto supone tener una estantería para almacenar 67 cajas de 24 unidades de producto terminado repartidas en 5 palets (teniendo en cuenta que cada palet tiene capacidad para 14 cajas de producto terminado). Solo se necesitará, por tanto, una estantería para este almacén.

Es decir, en total se necesitarán 3 estanterías, 2 para el almacén de materias primas y auxiliares y 1 para el almacenar las cajas con producto terminado.

✓ Palets europeos

Para facilitar el transporte y almacenamiento los panes envasados y metidos en las cajas de cartón se dispondrán en pallets. Se utilizarán europalets de madera homologados de medidas de 1.200x800x144 cm.

En cada palet se apilarán 14 cajas con producto terminado en dos columnas, tal como se muestra en la Figura 4.8. Los palets son retornables, por lo que se calculó la cantidad inicial necesaria, que serán los palets en varios años, pues poseen una vida útil de, al menos, 15 años. Como mínimo se necesitan 5 palets al día para la producción mayorada. Sin embargo, aumentaremos esa cifra a 10, para tener repuesto por si no llegan para la producción del día siguiente o se dañan.

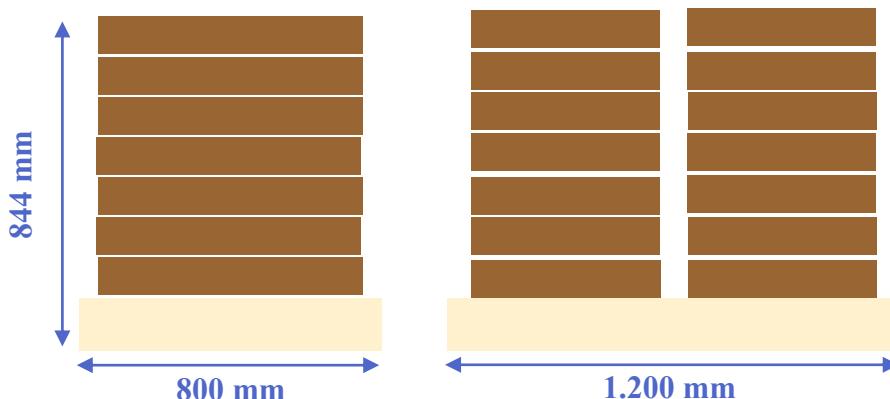


FIGURA 4.8. Disposición de las cajas en palets.

- ✓ Transpaleta manual.

Se necesitarán 2, una para cada almacén.

- ✓ Carretilla elevadora.

Se requiere una para cargas más pesadas y para alcanzar la zona más alta de las estanterías.

- Dosificado y pesado de los ingredientes

Incluye equipos y mobiliario auxiliar para realizar el pesado manual de los distintos ingredientes que se añadirán a la amasadora.

- ✓ Balanzas.
- ✓ Mesa auxiliar metálica de acero inoxidable.

Se necesitarán 1 mesa para colocar las balanzas y realizar el pesado de los ingredientes. Debajo de la mesa se colocarán los sacos y envases de los ingredientes.

- ✓ Cuentalitros automático de agua con regulación de temperatura.

Irá conectado directamente a la tubería de agua potable de la red y la salida se efectuará mediante una tubería hasta la amasadora. Se deberá colocar unos filtros en la entrada del agua del dosificador para protegerlo y asegurar la limpieza del agua.

- Procesado: mezclado, amasado, dosificación en moldes, fermentación y horneado.
- ✓ Amasadora planetaria.

Para el amasado se elige una amasadora planetaria como la mejor opción para el amasado de masas sin gluten. Estas masas se caracterizan por tener mayor contenido de agua y ser más pegajosas y menos cohesivas. Las palas mezclan los ingredientes de manera suave y uniforme, ya que en esta etapa lo importante es incorporar bien los ingredientes y obtener una masa homogénea, sin batir excesivamente.

La capacidad de la amasadora planetaria deberá de ser de más de 40 l, pues por cada ciclo se procesan 40 kg de masa aproximadamente.

- ✓ Dosisificadora porcionadora de masas.

Debido a las características de estas masas, blandas y pegajosas, el proceso habitual para los panes tradicionales de división y formado o boleado no se puede aplicar. Como alternativa, se emplea una dosificadora automática diseñada para dispensar con precisión diferentes tipos de masas blandas o semi blandas, como es el caso de las masas sin gluten, sobre los moldes.

Sustituye el trabajo manual, facilitando el manejo de las masas, evitando contaminaciones cruzadas y mejorando la eficiencia del proceso.

Para el procesado de un lote se necesitará únicamente un dosificador con capacidad de 40 l.

- ✓ Moldes.

La masa de los panes sin gluten es una masa blanda, con menor consistencia que las masas de trigo, por lo que será necesario utilizar moldes de acero de uso alimentario para asegurar unos panes con una forma homogénea.

Tanto la cámara de fermentación como el horno tendrán una capacidad de 20 bandejas. Si tenemos en cuenta que en cada bandeja caben 4 baterías de 4 moldes, en cada ciclo se necesitarán 80 baterías. En total, para los 5 ciclos que se llevarán a cabo al día suponen 400 baterías de 4 moldes.

- ✓ Cinta transportadora.

Para automatizar el proceso de dosificación, se necesitará una cinta transportadora de 2.500x200 mm que se coordinará con la dosificadora para dosificar en cada molde la cantidad necesaria.

- ✓ Carro con bandejas 600x800 mm.

Para facilitar el transporte de los moldes con la masa a la cámara de fermentación. El carro tendrá capacidad para transportar las 20 bandejas que se van a fermentar por lote, cada una con capacidad de 4 baterías de moldes (en total 80 por lote).

- ✓ Cámara de fermentación.

Mantienen las condiciones controladas de temperatura y humedad interior mediante convección, es decir, por recirculación de aire. Necesaria para hacer pasar los moldes a través

de la dosificadora de forma automática. Requieren entre 30 y 45 minutos para alcanzar la temperatura y humedad óptimas.

Tiene capacidad para 20 bandejas, por lo que es necesaria solo una cámara para una producción 1.600 panes (80 por lote).

- ✓ Horno rotativo.

Permiten la transmisión de calor entre el horno y la masa principalmente mediante convección forzada, de manera que un ventilador impulsa aire caliente dentro de la cámara del horno mientras las bandejas donde se encuentran los panes rotan. También se producirá conducción entre las bandejas en contacto con la base de y paredes del pan, y radiación térmica, aunque menos, a través de las paredes calientes del horno. Este tipo de horno requiere ser encendido al menos 30 minutos antes de meter las masas para alcanzar una temperatura estable a 220°C.

El horno cuenta con un carro bandejero extraíble por lo que no será necesario adquirir un carro para este proceso.

Al igual que la cámara de fermentación, tiene capacidad para las 20 bandejas utilizadas para transportar los moldes por cada lote.

- Enfriamiento y envasado
 - ✓ Detector de metales con control de peso.

Supone un PCC de la producción, que detectará la presencia de posibles partículas metálicas en los panes, que podrían proceder de los equipos o utensilios empleados en la elaboración. Este equipo cuenta con un sistema añadido de control de peso, que comprueba que la media del peso de los panecillos no sea inferior a la cantidad nominal que se indicará en el envase.

- ✓ Cinta transportadora.

Para el enfriado, los panes ya horneados se depositarán en una cinta transportadora de 6.000x200 mm para favorecer el enfriamiento. Esta cinta transportará los panes a la zona de envasado donde, a medida que avancen, se irán metiendo en las bolsas correspondientes.

- ✓ Etiquetadora semiautomática.

Genera e imprime la etiqueta que obligatoriamente tienen que llevar el pan sin gluten ya embolsado.

- ✓ Mesa auxiliar de acero inoxidable.

Servirá como apoyo para realizar la tarea de etiquetado y almacenaje de los panes envasados en las cajas correspondientes.

3.1.6. Necesidades de personal

En esta línea de producción de pan sin gluten, la producción se llevará a cabo por la noche. Por lo tanto, parte del personal se organizará en dos turnos de 8 horas, de manera que puedan ir

rotando cada semana. Por lo tanto, se le dará importancia a la polivalencia, ya que el personal de producción del turno de noche, en el turno de mañana deberá encargarse de tareas complementarias, como la limpieza o la preparación y reparto de pedidos. Por otra parte, en la plantilla se contará con parte de personal con un horario fijo únicamente de mañana.

Además, se necesitará un tercer grupo que desempeñará las mismas funciones que los dos anteriores, pero durante los fines de semana.

Con todo esto, la plantilla de la línea estará conformada por:

- ✓ Jefe de administración/ventas. Es el responsable de la gestión administrativa y financiera de la empresa, que también estará a cargo de la nueva línea, por lo que su coste laboral representa el 20% en la línea. Realizará tareas como supervisar contabilidad, control de facturas, analizar gastos y asegurar el cumplimiento de obligaciones laborales, fiscales y legales. Además, se encargará de organizar y dirigir las ventas de la empresa, suministros, logística y marketing. Las ventas de los findes de semana se organizarán con antelación.
- ✓ Jefe de producción. Será el encargado de organizar el proceso productivo y de que todo vaya según lo establecido por la dirección de la empresa. No será necesario que esté durante la producción de la noche, pues se encargará de dejar todo planificado para que el personal de producción lo lleve a cabo y a la mañana siguiente comprobará los resultados y ajustará el proceso en caso de que sea necesario. Durante el fin de semana delegará en un operario de producción.
- ✓ Encargado del taller y reparaciones. Su función será cuidar de que toda la maquinaria e instalaciones de la empresa estén en perfectas condiciones y aseguren la seguridad del personal y del producto, llevando a cabo las reparaciones y mantenimientos que sean necesarios.
- ✓ Encargado de almacén. Se encargará de recepcionar los camiones, pesar, revisar visualmente la presencia de algún defecto (roturas en los sacos, humedades, ...), registrar (proveedor, lote y fecha de ingreso) las mercancías que llegan a la industria (por ejemplo, que los sacos vengan cerrados o comprobar las fechas de caducidad) y controlar el stock en almacén y despachar pedidos. Asimismo, se encargará de avisar cuando entre materia prima al departamento de calidad para realizar los controles requeridos de verificación de ausencia de gluten.
- ✓ Responsable de calidad: Será el encargado de diseñar y supervisar el sistema de calidad y el APPCC, además de coordinar auditorías. Llevará a cabo la toma de decisiones del departamento de calidad e I+D.
- ✓ Técnicos de laboratorio: En este grupo estarán incluidos el departamento de calidad y el personal de Investigación y Desarrollo (I+D). Llevarán a cabo tareas y análisis

propias de laboratorio y control de calidad. El personal de este departamento se encargará de realizar análisis tanto a las materias primas que entran en la industria como al producto terminado para garantizar que el producto final es pan “sin de gluten” (presenta una cantidad inferior a 20 mg/kg según normativa) y se puede comercializar como tal. Los análisis de materias incluirán también el correspondiente análisis farinográfico para determinar la cantidad de agua que se deberá emplear con cada lote de harinas (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten).

Asimismo, serán los responsables de la vigilancia de los PCC y realizar verificaciones periódicas tanto del funcionamiento de la maquinaria, como filtros y detector de metales, como de la calidad microbiológica, química y organoléptica del agua. Además, deberán realizar periódicamente controles ambientales, es decir, muestreo de superficies y aire para verificar ausencia de gluten en el ambiente.

Por su parte, el personal de I+D se encargará de desarrollar nuevos productos sin gluten que puedan atraer a nuevos segmentos de mercado. Realizará investigaciones y pruebas en el laboratorio para mejorar la calidad, sabor, textura y valor nutricional de los productos de panadería sin gluten existentes.

- ✓ Operarios. Serán los encargados de llevar a cabo distintas tareas en la planta, tanto de producción, como otras tareas complementarias. Las distintas funciones se especifican a continuación:
 - Producción. Deberán haber recibido formación para la manipulación de alimentos y de la maquinaria y tener los conocimientos necesarios para llevar a cabo tareas de producción.
 - Almacén. Su función será el apoyo realizando tareas simples de carga y descarga, almacenamiento de las mercancías y servicios propios del área de almacenes, bajo las órdenes del encargado de almacén. Deberá contar con carné para el uso de la carretilla elevadora eléctrica.
 - Limpieza. Llevarán a cabo las tareas de limpieza de maquinaria, equipos y utensilios una vez terminada la producción diariamente.
 - Venta. Se encargará de la venta en la tienda de la industria del pan sin gluten.

A continuación, se muestra en la tabla 4.12 detallada con el número de personas necesarias en la planta.

TABLA 4.12. Necesidades de personal turno de noche, turno de mañana.

TURNO DE MAÑANA		
Personal		Nº operarios/día
Jefe de administración/ventas	Lunes-viernes	1
Jefe de producción	Lunes-viernes	1
Encargado de almacén	Lunes-viernes	1
Responsable de I+D y calidad	Lunes-viernes	1
Técnicos de laboratorio/calidad	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Encargado del taller	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Operarios (producción y actividades complementarias)	Lunes-viernes	3
	Fin de semana	3
TOTAL		9 + 5 fin de semana
TURNO DE NOCHE		
Técnicos de laboratorio/calidad	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Encargado de taller	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Operario (producción y actividades complementarias)	Lunes-viernes	3
	Fin de semana	3
TOTAL		5 + 5 fin de semana

Fuente: Elaboración propia.

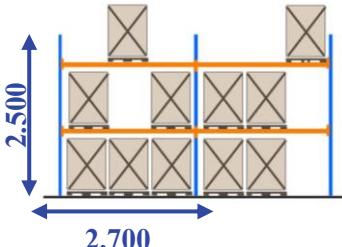
A mayores se contratará una empresa externa de limpieza y desinfección y otra de mantenimiento y reparación que realizará revisiones de manera cuatrimestral.

3.2. Especificaciones y dimensionado de la maquinaria y equipos

A continuación, se muestra la ficha técnica con características específicas y dimensiones de la maquinaria y equipos requeridos para el proceso productivo por zonas.

Zona: Almacenes

TABLA 4.13. Ficha técnica: estantería.

ESTANTERÍA S PARA PALETS	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estantería para europalets. • Material: Acero galvanizado. • Niveles: suelo + 2 	
Dimensiones (mm):	
2.700x1.100x2.500 	
Capacidad por nivel (kg):	
2.250	
Capacidad palets:	
9	
Nº de equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> - Para materias primas: 1 - Para material auxiliar: 1 - Almacén producto terminado: 1 TOTAL: 3	

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.14. Ficha técnica: europalets.

EUROPALETS	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Europalets de madera homologados 	
Dimensiones (mm):	
1.200x800x145	
Capacidad carga (kg):	
Estática: 4.000 Dinámica: 1.000	
Nº de equipos:	
10	

Fuente: Elaboración propia

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

TABLA 4.15. Ficha técnica: transpaleta manual.

TRANSPAleta MANUAL	
Características:	
<ul style="list-style-type: none">• Transpaleta manual con estructura resistente de chapa de acero.• Para transporte manual de palets europeos y estándar.• Elevación: 85 mm.• Ángulo de dirección: 210°.• Peso: 68 kg.	
Dimensiones horquillas (mm):	
1.150x155x50 - Espacio interior entre horquillas: 230	
Dimensiones totales (mm):	
1.500x540x1.250	
Capacidad carga (kg):	
2.500	
Nº de equipos:	
2	

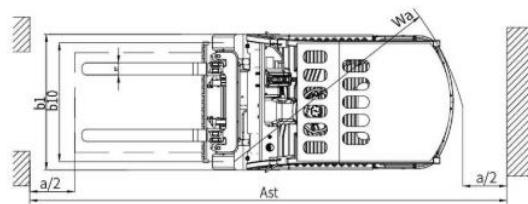
Fuente: Elaboración propia



TABLA 4.16. Ficha técnica: carretilla elevadora eléctrica.

CARRETILLA ELEVADORA ELÉCTRICA	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Carretilla elevadora eléctrica con batería de litio 24/280Ah de alta densidad energética que permiten una carga completa en 5,5 horas que dura 6-8 h trabajo. • 3 ruedas (con dirección trasera). • Elevación: 4.500 mm. • Radio de giro: 1.508 mm. • Peso: 2.085 kg. • Potencia motor: 3.000 W. 	
Dimensiones horquillas (mm):	
Longitud: 1200	
Dimensiones totales (mm):	
1.995x900x2.860	
- Altura máxima: 5.150	
Capacidad carga (kg):	
1.200	
Potencia nominal batería (W):	
4.500	
Tensión para carga (V):	
230	
Nº de equipos:	
1	

Fuente: Elaboración propia



Zona: Pesado y dosificación.

TABLA 4.17. Ficha técnica: dosificador automático de agua cuentalitros.

DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE AGUA CUENTALITROS	
Características:	
• Dosificador de agua con cuentalitros y mezclador programable de temperatura. • Incorpora termómetro digital para la visualización de la temperatura de salida del agua. • Temperatura máxima: 85°C • Rango de dosificación: 0,1- 999,9 l • Rango de presión: 0,5-5 bar • Peso: 12 kg	
Dimensiones (mm):	440x170x340
Potencia nominal (W):	25
Tensión (V)	230
Frecuencia (Hz):	50
Caudal (l/min):	20-30
Nº de equipos necesarios:	1



Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.18. Ficha técnica: báscula industrial.

BÁSCULA INDUSTRIAL	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Báscula industrial con plataforma de acero inoxidable de uso portátil. • Batería interna recargable o enchufable: 30-60 horas de autonomía. • Unidades de pesaje: g, kg, lb, oz. • Rango peso: 150,00-0,02 kg. • Precisión: 0,001 kg. • Error máximo: ±0,1% • Peso: 6,6 kg 	
Dimensiones plato de pesaje (mm):	400x300
Tensión (V)	230
Frecuencia (Hz):	50
Nº de equipos necesarios:	2



Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.19. Ficha técnica: mesa auxiliar.

MESA AUXILIAR	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Mesa auxiliar de acero inoxidable con estante inferior y peto trasero. 	
Dimensiones (mm):	1.000x700x800
Nº de equipos necesarios:	Pesado: 1 Envasado y etiquetado: 1 Total: 2



Fuente: Elaboración propia

Zona: Procesado

TABLA 4.20. Ficha técnica: mezcladora-amasadora planetaria.

MEZCLADORA-AMASADORA PLANETARIA	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Mezcladora planetaria de aluminio anodizado y acero inoxidable. • 3 velocidades: 74, 150 y 288 r.p.m. • Con rejilla de protección de seguridad. • Bol extraíble. 	
Dimensiones (mm):	
724x652x1.300	
Capacidad (l):	
60	
Peso (kg):	
150	
Potencia nominal (W):	
2.500	
Tensión (V)	
400 (Trifásica)	
Frecuencia (Hz):	
50	
Nº de equipos necesarios:	
1	

Fuente: Elaboración propia



TABLA 4.21. Ficha técnica: moldes.

BATERÍA DE 4 MOLDES DE ACERO ALUMINIZADO	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Material: acero recubierto de aluminio (0,8 mm) • Seguro para el uso de alimentos. • Peso vacío: 4 kg. 	
Dimensiones molde individual (mm):	
140x120x50	
Dimensiones totales (mm):	
762x150x51	
Capacidad:	
4 unidades	
Nº de equipos necesarios	
400	



Fuente: Elaboración propia.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

TABLA 4.22. Ficha técnica: dosificadora porcionadora de masas.

DOSIFICADORA PORCIONADORA DE MASAS	
Características:	<ul style="list-style-type: none">• 2 boquillas Ø20 mm.• Presión: 0,5-3 bar• Pistón de inyección activado por cilindro neumático.• Incluye soporte con ruedas para su desplazamiento.
Capacidad (l)	40
Dimensiones totales (mm):	760x270x820
Potencia (W)	750
Tensión (V)	400 (Trifásica)
Frecuencia (Hz):	50
Rendimiento (dosificaciones/min):	40
Nº de equipos necesarios:	1



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.23. Ficha técnica: cinta transportadora.

CINTA TRANSPORTADORA	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> • Cinta transportadora plana de PVC de grado alimentario y estructura de acero inoxidable. • Con tornillo para ajuste preciso de la tensión de la correa. • Distancia entre ejes: 2.440 mm
Capacidad (kg)	20
Dimensiones totales (mm):	<p>2.500x200 6.000x200</p> <p>- Altura armazón de la cinta: 50 mm - Espesor cinta: 2,03 mm.</p>
Potencia (W)	5.500
Tensión (V)	230/400 (Trifásica)
Frecuencia (Hz):	50
Velocidad (m/s):	0,3-1,5
Nº de equipos necesarios:	<p>Dosificación: 1 (2.500 mm) Envasado: 1 (6.000 mm)</p> <p>TOTAL: 2</p>



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.24. Ficha técnica: carro bandejero.

CARRO BANDEJERO	
Características:	<ul style="list-style-type: none"> • Carro para bandejas de acero inoxidable.
Capacidad:	20 bandejas de 800x600 mm
Dimensiones totales (mm):	800x600x2.070
Nº de equipos necesarios:	1



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.25. Ficha técnica: cámara de fermentación.

CÁMARA DE FERMENTACIÓN	
Características:	
• Cámara de fermentación en acero inoxidable AISI 304	
• Rango de temperatura: -5°C-40°C	
• Rango de humedad: 20-80%	
• Peso: 165 kg	
Capacidad:	
20 bandejas (800x600)mm	
Dimensiones totales (mm):	
800x980x2.070	
Potencia nominal (W):	
2.000	
Tensión (V)	
400 (Trifásica)	
Frecuencia (Hz):	
50	
Rendimiento (ud/h):	
320	
Nº de equipos necesarios:	
1	



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.26. Ficha técnica: horno eléctrico rotativo.

HORNO ELÉCTRICO ROTATIVO	
Características:	
• Horno eléctrico rotativo de aire (convección).	
• Máxima temperatura: 30°C	
• Con sistema de inyección de aire regulable.	
• Con carro bandejero para extraer las bandejas del horno.	
Capacidad:	
20 bandejas (800x600) mm	
Dimensiones totales (mm):	
1.600x1.300x2.400	
• Ancho de puerta: 700 mm	
Potencia nominal (W):	
39.000	
Tensión (V)	
400 (Trifásica)	
Frecuencia (Hz):	
50	
Rendimiento (ud/h):	
320	
Nº de equipos necesarios:	
1	



Fuente: Elaboración propia.

Zona: producto terminado

TABLA 4.27. Ficha técnica: detector de metales.

DETECTOR DE METALES	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> Detector de metales con cinta transportadora de acero inoxidable. Cuenta con báscula para el control de peso del producto. Pantalla táctil. Peso: 220 kg Señal sonora y detención cinta. 	
Capacidad (kg)	10 kg
Dimensiones totales (mm):	1.400x820x900
Potencia nominal (W):	120
Tensión (V)	220
Frecuencia (Hz):	50
Velocidad (m/s):	0,5
Nº de equipos necesarios:	1

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.28. Ficha técnica: etiquetadora.

ETIQUETADORA	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> Etiquetadora semiautomática superficies flexibles. 	
Capacidad (kg)	10 kg
Dimensiones totales (mm):	364x585x705
Potencia nominal (W):	2.500
Velocidad (bolsas/min):	40
Nº de equipos necesarios:	1

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación de espacios

En este punto se calculará la superficie mínima necesaria que requiere la nueva línea de producción de pan sin gluten con una producción mínima diaria de 1.500 panecillos sin gluten de 100 g para su correcto desarrollo, teniendo en cuenta las necesidades de materia primas, auxiliares, maquinaria y personal descritas en los puntos 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5 y 4.1.6, y considerando las zonas enumeradas en el punto 3.6. Identificación de áreas funcionales.

Para la determinación de la superficie mínima necesaria se utilizó el método de cálculo descrito a continuación.

La estimación de los espacios necesarios se hace teniendo en cuenta las denominadas superficies estática (S_s), de gravitación (S_g) y de evolución (S_e):

- Superficie estática (S_s): correspondiente a los equipos, instalaciones, ...
- Superficie de gravitación (S_g): es la superficie ocupada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Depende de S_s y del número de lados a partir de los cuales debe ser utilizado el equipo (N):

$$S_g = S_s \cdot N$$

- Superficie de evolución (S_e): es la que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y el mantenimiento. Se calcula:

$$S_e = (S_s + S_g) \cdot K$$

siendo K un coeficiente que varía entre 0,05 y 3, dependiendo de la relación entre las dimensiones de hombres u objetos desplazados, por una parte y el doble de las cotas medias de las máquinas entre las cuales se desenvuelven estos. En nuestro caso, cuando solo se desplace una persona se tomará un valor de 0,05-0,5; cuando esta persona vaya acompañada de un transpaleta o similar 0,5-1; y cuando el desplazamiento sea de una persona con carretilla o un equipo grande se tomará 1-3

Para la determinación de los espacios en almacenes, se debe asignar a los stocks solo S_s y S_e .

3.3.1. Zona de recepción y almacenamiento de materias primas

TABLA 4.29. Superficies de los espacios pertenecientes a la zona de recepción y almacenamiento de materias primas y auxiliares.

ÁREA	Elemento	Uds	Dimensiones (m)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	STOTAL (m ²)
Recepción de materia prima y auxiliares	Muelle camiones	1	5,50x2,00	11,00	11,00	39,60	61,60
TOTAL							61,60
Almacén de materias primas y auxiliares	Estanterías	2	2,70x1,10	2,97	2,97	5,94	23,76
	Transpaleta	1	1,50x0,54	0,81	3,24	0,20	4,25
	Carretilla elevadora	1	2,86x0,90	2,57	10,28	0,64	13,49
TOTAL							41,50

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Zona de producción

TABLA 4.30. Superficies de los espacios pertenecientes a la zona de producción.

ÁREA	Elemento	Uds	Dimensiones (m)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	STOTAL (m ²)
Zona de pesado de ingredientes	Mesa auxiliar	1	1,00x0,70	0,70	2,10	1,4	4,20
TOTAL							4,20
Zona de amasado	Mezcladora-amasadora	1	0,72x0,65	0,47	1,41	0,20	2,08
TOTAL							2,08
Zona de llenado de moldes	Dosificadora	1	0,76x0,27	0,21	0,63	0,08	0,92
	Cinta transportadora	1	2,50x0,20	0,50	2,00	2,00	4,50
TOTAL							5,42
Zona de fermentación	Carro bandejero	1	0,80x0,60	0,48	1,92	0,12	2,52
	Cámara de fermentación	1	0,98x0,80	0,78	2,34	3,12	6,24
TOTAL							8,76
Zona de horneado	Horno eléctrico	1	1,60x1,30	2,08	2,08	2,08	6,24
TOTAL							6,24
Zona de enfriado	Cinta transportadora	1	6,00x0,20	1,20	4,80	6,00	12,00
TOTAL							12,00
Zona de envasado y etiquetado	Detector de metales	1	1,40x0,82	1,15	2,30	0,19	3,64
	Mesa auxiliar	1	1,00x0,70	0,70	2,10	2,80	5,60
TOTAL							9,24

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Zona de producto terminado y expedición

TABLA 4.31. Superficies de los espacios pertenecientes a la zona de producto terminado y expedición.

ÁREA	Elemento	Uds	Dimensiones (m)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	STOTAL (m ²)
Almacén de producto terminado	Estanterías	1	2,70x1,10	2,97	5,94	9,62	17,82
	Transpaleta	1	1,50x0,54	0,81	3,24	0,20	4,25
TOTAL							22,07
Zona de expedición	Zona de camiones	1	3,00x1,60	4,80	9,60	28,8	43,20
TOTAL							43,20

Fuente: Elaboración propia.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

3.3.4. Zonas de servicios complementarios

TABLA 4.32. Superficies de los espacios de servicios complementarios.

ÁREA	Elemento	Uds	Dimensiones (m)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	STOTAL (m ²)
Sala de limpieza	Estantería	3	2,20x0,60	1,32	1,32	0,13	8,31
	Mueble con fregadero	2	1,40x0,60	0,84	2,52	5,04	16,80
	Lavavajillas industrial	2	1,05x0,95	1,00	1,00	2,00	8,00
TOTAL							33,11
Taller	Mesa auxiliar	1	1,00x0,41	0,41	1,23	0,83	2,47
	Estantería	1	2,20x0,60	1,32	1,32	0,13	2,77
TOTAL							5,24
Sala de residuos	Contenedores	2	1,20x1,05	1,26	3,78	2,52	15,12
TOTAL							15,12
Laboratorios	Mesa auxiliar	4	1,00x0,70	0,70	2,10	0,14	11,76
	Frigorífico	1	1,00x1,20	1,20	1,20	1,20	3,60
	Estantería	2	2,20x0,60	1,32	1,32	0,13	5,54
	Mueble con fregadero	1	1,40x0,60	0,84	2,52	5,04	8,40
TOTAL							29,30

Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Otras zonas del personal

- Aseos y vestuarios. Para el dimensionado de esta área se tuvo en cuenta la Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Los requisitos que se deben cumplir son:
 - La superficie mínima de los vestuarios será de 2 m² por cada trabajador que haya y la altura mínima de 2,30.
 - Los aseos estarán: provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales, con llave, para guardar la ropa y el calzado.
 - Deberá existir, al menor, un inodoro por cada 25 hombres y otro por cada 15 mujeres.
 - Las dimensiones mínimas de las cabinas de los baños serán de 1 x 1,20 m y 2,30 m de altura.

La planta contará con dos vestuarios uno para hombres y otro para mujeres separados. Cada trabajador dispondrá de una taquilla con su llave correspondiente. Teniendo en cuenta la plantilla, cada vestuario contará con capacidad para 10 personas, por lo que la superficie de cada vestuario será de 20 m².

En cuanto a los aseos, se encontrarán contiguos a los vestuarios. Se dispondrá de dos baños para hombres y dos para mujeres, siendo 2 de ellos aptos para minusválidos. Teniendo en cuenta las dimensiones mínimas, habrá dos baños de 1,20 m² y otros dos con el doble de superficie para minusválidos. En total ocuparán 7,20 m² de los vestuarios.

- Sala de transición higiénica. Se trata de un espacio de transición para pasar de una zona a la zona de producción libre de gluten y evitar contaminaciones cruzadas. Contará con ventilación forzada y un sistema de lavado de manos. El espacio será de, al menos, 10 m².
- Oficinas. Por normativa, las dimensiones de las zonas de trabajo deben tener unas dimensiones mínimas de 2 m² de superficie libre por trabajador. Cada trabajador contará en su oficina con una silla y mesa de trabajo propia, por lo que se establecieron unas dimensiones de 6x2 m. Se necesitarán en total 3 oficinas, para el jefe de producción, el jefe de administración y el de ventas. En total serán 36 m².
- Sala de reuniones. La sala de reuniones tendrá capacidad para albergar a 14 y contará con una mesa y sillas alrededor. La sala tendrá una superficie de 24 m².
- Comedor. Tendrá capacidad para 12 personas y contará con dos mesas 2 m de longitud. Por lo que contará con 18 m².

A continuación, se muestra una tabla resumen con todas las superficies de cada área y la superficie mínima necesaria.

TABLA 4.33. Superficies mínimas necesarias de las áreas funcionales de la planta.

ZONA	SUPERFICIE ÚTIL MÍNIMA (m ²)
Recepción de materia prima y auxiliares	61,60
Almacén de materias primas y auxiliares	41,50
Zona de pesado de ingredientes	4,20
Zona de amasado	2,08
Zona de llenado de moldes	5,42
Zona de fermentación	8,76
Zona de horneado	6,24
Zona de enfriado	12,00
Zona de envasado y etiquetado	9,22
Almacén de producto terminado	22,07
Zona de expedición	44,80
Sala de limpieza	33,11
Taller	5,24
Sala de gestión de residuos	15,12
Zona de expedición	43,20
Laboratorios	29,30
Vestuarios y aseos	40,00
Sala de transición higiénica	10,00
Oficinas.	36,00
Sala de reuniones.	24,00
Comedor	18,00
SUPERFICIE MÍNIMA TOTAL	466,91

Fuente: Elaboración propia

La distribución en planta de cada espacio de la línea se muestra en el Documento II. Planos, en el plano de Distribución en Planta: Planos y Superficies.

Cabe destacar que las dimensiones calculadas son las mínimas requeridas para cada espacio, pero estas podrán ser superiores en función del espacio disponible en el área de la industria donde se pretende ubicar la nueva línea. Las áreas reales ocupadas se detallan en el plano mencionado antes.

DOCUMENTO I. MEMORIA

ANEJO V. Estudio de mercado

ÍNDICE ANEJO V. ESTUDIO DE MERCADO

1. Objeto	1
2. Contexto y marco general	1
2.1. El pan como alimento básico en la dieta española.....	1
2.2. Pan sin gluten y las tendencias alimentarias actuales	1
3. La industria panadera.....	2
3.1. El mercado del pan en España	2
3.2. Canales de distribución	4
3.3. Factores demográficos.....	6
4. Celiaquía y mercado de los alimentos sin gluten	7
4.1. Evolución de casos de celiaquía y otras enfermedades	7
4.2. Mercado de alimentos sin gluten.....	9
5. Industria y mercado del pan sin gluten	10
6. Conclusiones y análisis DAFO.....	12

1. Objeto

El pan es uno de los componentes principales de la dieta mediterránea, no solo por ser un alimento completo y saludable, sino también por ser el complemento ideal de una gran variedad de alimentos. Por otro lado, en las últimas décadas se ha experimentado un aumento en el consumo de productos sin gluten por distintas razones relacionadas mayoritariamente con la salud. Por este motivo, hoy en día, las industrias trabajan para adaptarse a las nuevas tendencias del consumidor y, en este contexto, producir alimentos sin gluten que satisfaga las necesidades de este nicho concreto de población.

En este anexo se realizará un estudio de la situación de mercado tanto del pan como de los alimentos sin gluten, con el objetivo de entender mejor la situación del sector del pan sin gluten, y conocer el perfil del consumidor objetivo, el potencial de mercado del pan sin gluten y la rentabilidad de este proyecto.

El estudio se centrará en la situación de mercado en España, ya que la comercialización del producto obtenido de la línea de producción que se va a diseñar se realizará a nivel nacional.

2. Contexto y marco general

2.1. El pan como alimento básico en la dieta española

El pan es un alimento básico, que forma parte de la dieta del hombre desde sus orígenes, y que en la actualidad está presente en la alimentación diaria de muchos hogares de nuestro país. Es un alimento saludable, que se encuentra en la base de las pirámides nutricionales, por lo que se recomienda su ingesta diaria.

El pan común se define, de acuerdo con el Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan, como producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina y agua, con o sin adición de sal, fermentada con la ayuda de levadura de panificación o masa madre y de consumo habitual en las 24 horas siguientes a su cocción.

Este alimento contribuye al aporte de calorías procedentes de hidratos de carbono que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), debe constituir alrededor de un 55% de las calorías totales consumidas.

Si analizamos su composición nutricional, el pan blanco común es rico en hidratos de carbono complejos (almidón) y presenta un bajo contenido graso, alrededor de 1g por cada 100 gramos de producto. Además, se caracteriza por su alto valor proteico, ya que presenta una gran cantidad de proteínas procedentes del grano de trigo. También destaca su alto contenido de, fibra, vitaminas y minerales, que aumenta en el caso de los panes integrales.

2.2. Pan sin gluten y las tendencias alimentarias actuales

Sin embargo, a pesar de las ventajas nutricionales que ofrece el pan común, hoy en día, gran parte de los consumidores lo consideran un alimento poco saludable y buscan otras alternativas

más beneficiosas. Entre estas alternativas se encuentra el pan sin gluten que en los últimos años ha experimentado un aumento en el consumo de muchas personas que lo consideran, erróneamente, un producto más sano.

Organismos como la OMS recomiendan el consumo de pan sin gluten únicamente a personas celiacas, alérgicos al trigo o personas con algún trastorno digestivo como el Síndrome del Intestino Irritable, ya que esta variante presenta menor calidad nutricional que el pan tradicional.

Los panes sin gluten se elaboran con otras harinas y almidones, como la harina de arroz, que carecen de gluten y que presentan un menor valor nutricional, con menor contenido en proteínas, fibras y minerales. Además, al no poseer gluten, la proteína que le confiere a la harina propiedades para ser panificable, se deben utilizar aditivos sustitutos con la misma función, lo que supone la obtención de productos más secos. Para contrarrestar ese efecto y aportarle mayor jugosidad se utilizan aceites que, consecuentemente, aumentan el contenido calórico del producto.

A pesar de esto y debido a la desinformación del consumidor, cada vez más personas optan por consumir la alternativa sin gluten del pan.

3. La industria panadera

La industria panadera se encuentra dentro de un sector con un fuerte vínculo a lo tradicional pero que, al igual que todas las industrias de alimentación, requieren de innovación y adaptación a las nuevas necesidades del consumidor. El mayor reto de la industria panadera es desarrollar nuevos productos que se adapten a las nuevas tendencias del cliente, que, actualmente se centra en la búsqueda de alternativas más saludables y sostenibles y, naturalmente, de precios competitivos, manteniendo la esencia tradicional que caracteriza al pan.

La constante renovación de las líneas de producción para fabricar nuevos productos como panes integrales, sin gluten, masa madre o con alto valor nutricional, permite al sector mantenerse como uno de los pilares de la alimentación en España e impulsa tanto el consumo interno como las exportaciones de pan.

La industria panadera se puede dividir en distintos grupos dependiendo del enfoque. Según el tipo de producción encontramos principalmente panaderías artesanales, semiindustriales e industriales (ver Apartado 7. del Anejo I. Estudio de Alternativas).

3.1. El mercado del pan en España

El pan ha adquirido mayor relevancia en el consumo doméstico en los hogares españoles en el último año, representando el 4,8% del volumen total de los alimentos adquiridos (Tabla 5.1). De acuerdo con los últimos datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en su Informe Anual del Consumo Alimentario Español (2024), el mercado de pan creció en volumen un 1,1% respecto al año anterior, en un contexto de estabilidad en la demanda total de alimentos, que experimentó un descenso de tan solo el 0,2%, mientras que el gasto fue un 2,6% superior. Asimismo, el consumo extradoméstico de este alimento también

experimentó una subida respecto al año anterior del 3,9% (en consumiciones). Esto significa que el consumo de pan está creciendo a un ritmo superior al del mercado general de alimentos. En 2024, en los hogares de nuestro país se destinó el 4,03% del gasto total de alimentación a la compra de este producto.

Además, cabe destacar que, en el contexto de la demanda a la baja en el mercado total de alimentos, los productos frescos, que incluyen el pan fresco, experimentaron un aumento en la demanda, aunque no muy significativo, del 0,3%, al igual que lo que ocurría el año anterior. Este incremento, pequeño pero progresivo, podría estar ligado a una tendencia creciente del consumidor hacia la búsqueda de productos de mayor calidad y más naturales, que son atributos que habitualmente se asocian a la frescura, y esto favorecería a que el pan fresco mantenga o, incluso, aumente su consumo, entendiendo como pan fresco el pan común que se consume antes de cumplir 24 horas después de su cocción.

Por otro lado, la facturación, a pesar de crecer un 0,6% respecto al año anterior, ese crecimiento fue inferior al 2,6% mencionado anteriormente del mercado agroalimentario total, provocado por unos precios más bajos en el sector. Y es que, si hablamos del precio medio del pan, en 2024 fue de 2,62 €/kg, suponiendo una bajada del 0,5% en el precio medio. Ese descenso fue más notable en el caso del pan fresco y congelado, de un 0,7%, con un precio medio de 2,38 €/kg, mientras que el precio del pan industrial se mantuvo prácticamente constante, con un precio de 3,50 €/kg, lo que también pudo contribuir al aumento del consumo del pan fresco mencionado anteriormente. Como consecuencia, el gasto per cápita general fue un 0,7% inferior en comparación con 2023, mientras que el consumo se mantuvo similar. En la Tabla 5.1. se resumen los datos más relevantes del consumo de pan en los hogares españoles.

TABLA 5.1. *Datos del consumo doméstico de pan en España en 2024 y su variación frente al año anterior.*

Consumo doméstico de pan		Variación 2024 vs. 2023 (%)
Volumen (miles kg)	1.287.152,30	1,1
Valor (miles €)	3.378.212,80	0,6
Consumo per cápita (kg)	27,45	-0,2
Gasto per cápita (€)	72,04	-0,7
Parte de mercado volumen (%)	4,80	0,06
Parte de mercado valor (%)	4,03	-0,08
Precio medio (€/kg)	2,62	-0,5
Precio medio del pan fresco/congelado (€/kg)	2,38	-0,7
Precio medio del pan industrial (€/kg)	3,50	0,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Por lo tanto, podemos hablar de que el mercado del pan hizo un esfuerzo de contracción para mantener los precios constantes en un intento por mantener la demanda y frenar la caída del consumo, que desde 2008 experimentaba un descenso continuo, como se puede apreciar en la figura 5.1.

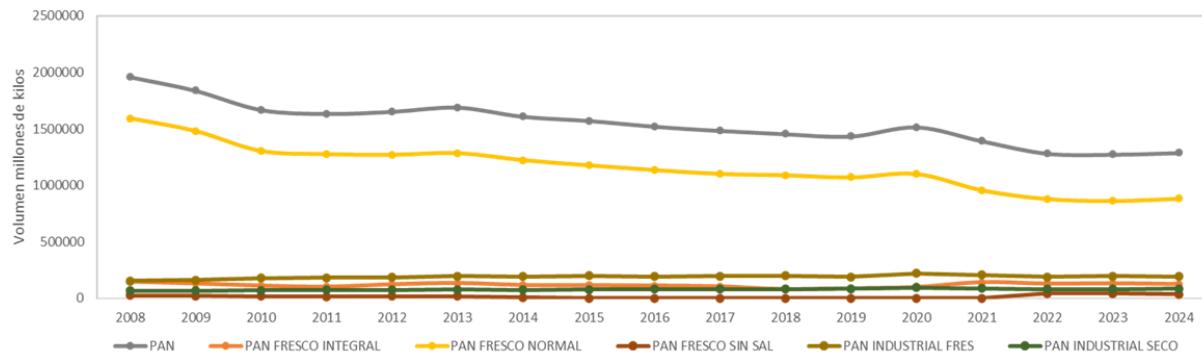


FIGURA 5.1. Evolución anual del total compras (millones kg) por tipos de pan en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Como se puede ver en la figura 5.2. ese descenso en los últimos años se ha logrado detener, manteniéndose una cierta estabilidad. Además, cabe destacar una subida en el consumo de pan fresco sin sal, con una variación positiva del 96,6% respecto al 2013, demostrando la tendencia de las personas hacia productos más saludables.

La evolución del consumo del pan general en España está influenciada principalmente por la compra del pan fresco normal, ya que supone un 68,6% del volumen total de las compras de pan, que en 2024 aumentó un 2,2% frente a 2023 (figura 5.2).



FIGURA 5.2. Importancia (%) de los tipos de pan en volumen (kg) en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

3.2. Canales de distribución

Para comprender mejor el funcionamiento del mercado del pan, es esencial el análisis de los canales de distribución a través de los cuales se lleva a cabo la venta del producto. Dentro del sector panadero en España, el canal más utilizado para la compra del pan es el supermercado y

el autoservicio, donde se vende el 44,6% del volumen total de pan, seguida de la tienda tradicional, con el 29,7% del volumen total. En la figura 5.3 se puede observar la importancia de cada canal de distribución en la comercialización del pan.

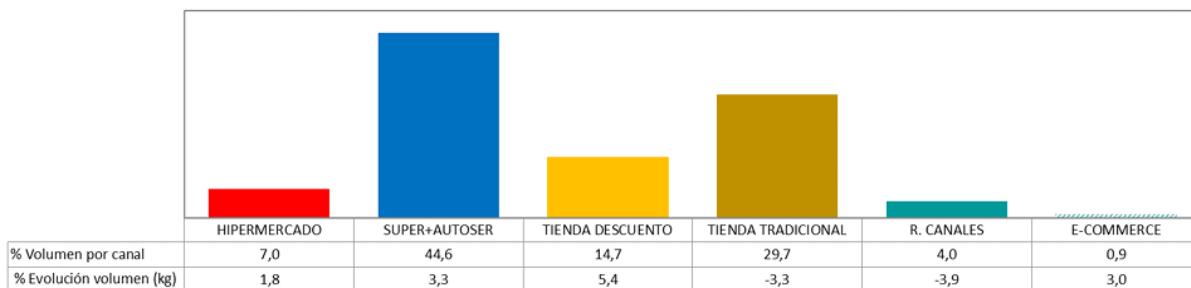


FIGURA 5.3. Distribución y evolución en 2024 frente a 2023 en volumen (%) por canales para la venta de pan en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Los supermercados son el canal más utilizado por los consumidores españoles para adquirir alimentos y bebidas en general, debido principalmente a la comodidad, accesibilidad y los precios competitivos que ofrecen, por lo que no sorprende que también sea el canal principal para adquirir el pan, probablemente no porque sea el canal preferido sino porque al realizar la compra del resto de alimentos en estos establecimientos, el consumidor aprovecha para adquirir también el pan. De hecho, según los datos del MAPA, en 2024 los precios del pan adquirido en supermercados y autoservicio fueron más elevados que los precios en tiendas tradicionales. Este canal cerró el año 2024 con un precio medio de 2,77 €/kg, por encima de la media de mercado (2,62 €/kg) a diferencia de la tienda tradicional, donde el precio medio registrado fue de 2,44€/kg, valor un 2,6% inferior al precio medio del año anterior (figura 5.4).



FIGURA 5.4. Precio medio (€/kg) y evolución en 2024 frente a 2023 (%) por canales para la venta de pan en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Por su parte, la tienda tradicional destaca en la segunda posición en los canales más utilizados para la compra del pan, canal favorito de los consumidores españoles para adquirir alimentos frescos en general. Sin embargo, este dato destaca ya que, en el mercado general de alimentos, las tiendas tradicionales solo suponen en 11,1% del volumen de ventas, lo que significa que este canal desempeña un papel fundamental en el mercado del pan, a pesar de haber sufrido un descenso del 3,3% en volumen en el último año respecto al anterior.

3.3. Factores demográficos

De acuerdo con el MAPA, el consumo del pan también está influenciado por distintos factores demográficos, como la edad, el nivel socioeconómico y el lugar de residencia del consumidor, y que también se deben conocer para obtener mejores resultados en la venta de este alimento.

De acuerdo con los datos recogidos por el MAPA en el Informe del Consumo Alimentario en España (2025) existe una relación entre la edad del consumidor y la cantidad de pan que consume, de manera que a medida que se avanza por las diferentes etapas de vida, el consumo per cápita aumenta, como queda reflejado en la figura 5.5., donde se compara el consumo medio per cápita de pan en 2024 con el consumo de los distintos grupos de edad.

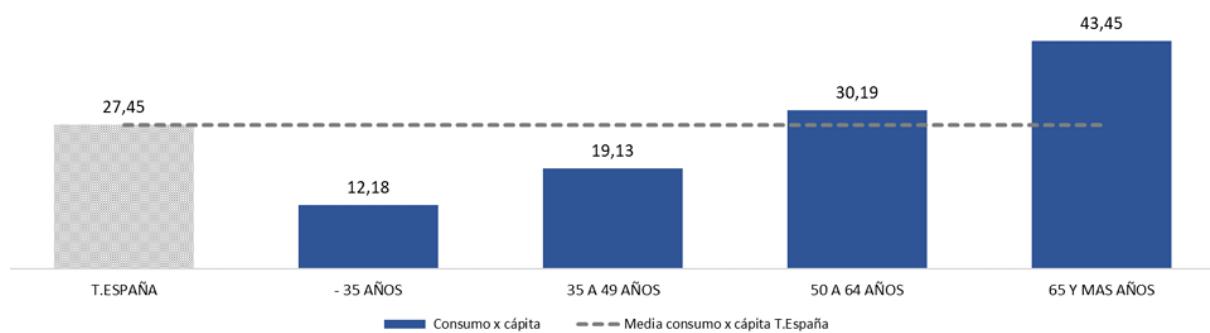


FIGURA 5.5. Consumo per cápita por ciclo de vida en España (2024).

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Como se puede comprobar, los mayores de 65 años son aquellos que mayor consumo de pan registran en 2024, con una media de 43,45 kg por persona. Esto se debe a que las personas de mayor edad suelen priorizar alimentos de calidad y tradicionales, como lo es el pan, mientras que los más jóvenes tienden a buscar nuevos sabores y están más influenciados por las nuevas tendencias. Y en este contexto juega un papel fundamental la crítica y mala fama que en los últimos años ha ido ganando el pan, por ser considerado poco saludable o asociarse al aumento de peso.

En cuanto al nivel socioeconómico, se demostró que cuanto menor es este, mayor es el consumo de pan, como se demuestra en la figura 5.6. Esta relación inversa podría justificarse por el carácter básico y asequible del pan junto con su capacidad saciante.

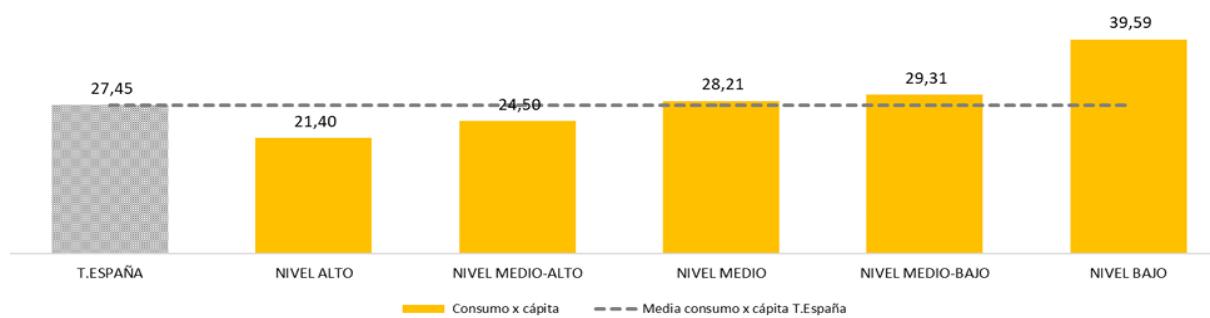


FIGURA 5.6. Consumo per cápita por nivel socioeconómico (2024) en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

Finalmente, otro factor destacable que puede influir en el consumo de pan es la localización. En España, las comunidades autónomas con mayor consumo doméstico de pan son País Vasco, Castilla y León y Galicia, seguidas por otras como Navarra, Andalucía y Asturias, donde el volumen adquirido de pan supera el peso que representa la población, aunque en menor medida que las tres primeras. Si atendemos al consumo per cápita, País Vasco lidera esta lista, con una cantidad de 35,46 kg por persona y año, seguida de Castilla y León, Navarra y Galicia, todas ellas superando la media de consumo per cápita en España (27,45 kg per cápita). En la figura 5.7 se puede observar el consumo per cápita de cada comunidad autónoma.

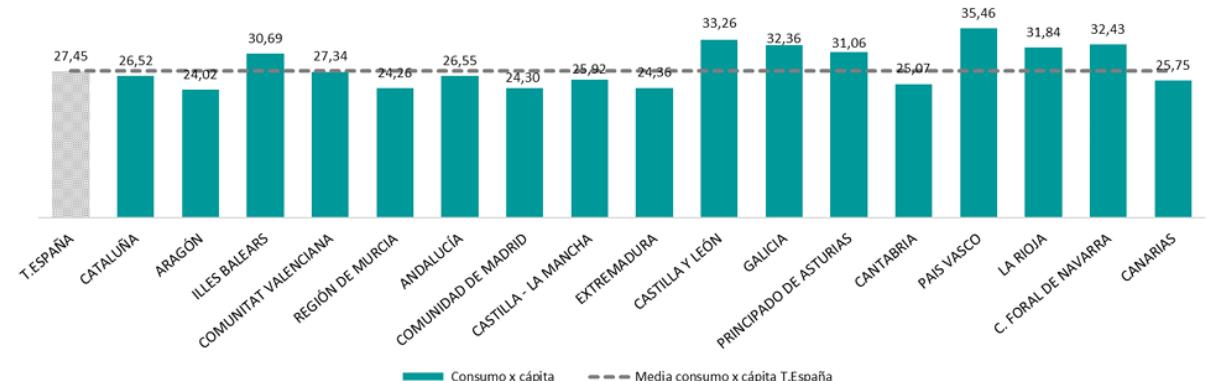


FIGURA 5.7. Consumo per cápita por comunidad autónoma en España (2024).

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

4. Celiaquía y mercado de los alimentos sin gluten

4.1. Evolución de casos de celiaquía y otras enfermedades

El Instituto Nacional de la Diabetes y las Enfermedades Digestivas y Renales (NIDDK) define la enfermedad celíaca como un trastorno digestivo y autoinmunitario crónico que daña el intestino delgado y que se desencadena al ingerir alimentos que contienen gluten. El gluten, para los celiacos, es una determinada proteína presente en algunos cereales de manera natural,

como el trigo, la cebada y el centeno y en sus híbridos, como el triticale, que les provoca efectos adversos al consumirlo.

El mayor problema para estas personas es que son muchos los alimentos que contienen gluten. El gluten tiene una función tecnológica muy importante en la industria alimentaria, siendo responsable de la textura esponjosa y elástica de gran variedad de productos procesados, destacando su papel fundamental en el sector de la panadería. Por ello, se encuentra presente en gran cantidad de alimentos como cereales de desayuno, la mayoría de los productos de panadería y bollería, bebidas, como la cerveza, y en muchos alimentos procesados donde se emplean aditivos elaborados con cereales que contienen gluten, como helados, salsas, salchichas, embutidos, ... Si una persona con esta condición ingiere alguno de estos alimentos, los efectos pueden ser diferentes, dependiendo de la gravedad de afección. Por lo general, si una persona celiaca ingiere algún alimento con gluten, este provoca la atrofia de las vellosidades intestinales y, como consecuencia, la mala absorción de nutrientes y problemas digestivos duraderos.

El número de diagnósticos de celiaquía en España muestra una tendencia creciente. Según la fuente de datos Statista (2025), en el periodo de tiempo desde 2011 hasta 2023, el número de diagnósticos en España se incrementó en casi un 430% (figura 5.8).

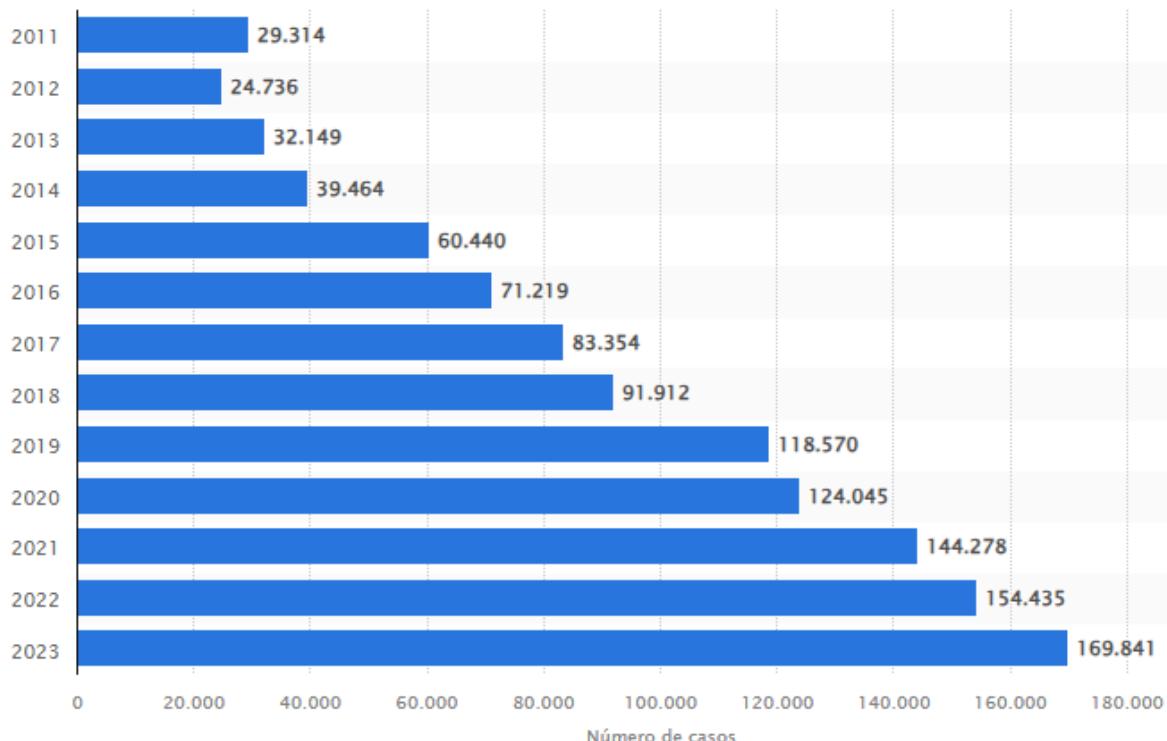


FIGURA 5.8. Número de casos de celiaquía diagnosticados en España de 2011 a 2023.

Fuente: Statista (2025).

Este incremento progresivo se debe al aumento de concienciación y mejora en la accesibilidad para la realización de pruebas complementarias. Aun así, se estima que una gran parte de los afectados permanece sin diagnosticar.

Sin embargo, no solo los celiacos no deben tomar productos elaborados a partir de trigo o que contengan gluten. Existen otros trastornos digestivos, como la sensibilidad al gluten o la intolerancia al trigo, que son diferentes a la enfermedad celiaca y que, a menudo, se confunden. La sensibilidad al gluten presenta como síntomas como dolor abdominal, al igual que la enfermedad celiaca, pero la diferencia se encuentra en que en este caso el gluten no daña el intestino delgado. Por otro lado, la alergia al trigo es un tipo de alergia alimentaria, que puede ir acompañada de picos en los ojos y problemas para respirar y tampoco causan daños a largo plazo en el intestino delgado. Por lo tanto, estas personas también contribuyen a la demanda de alimentos sin gluten.

4.2. Mercado de alimentos sin gluten

El mercado de alimentos con gluten ha mostrado un crecimiento importante en los últimos años. De acuerdo con los datos publicados por el MAPA (2025) en el último año la demanda de estos alimentos aumentó un 2,6% en volumen respecto al 2023. Este aumento en la demanda pudo estar ligado al aumento de casos de celiaquía que se da año tras año, a los que se les sumaron las personas no celiacas que siguen una dieta libre de gluten por la creencia de ser más sana. Este último grupo incrementó su demanda un 16% en 2024, de acuerdo con la revista Financial Food (2024).

El mayor problema al que se enfrentan las personas que sufren celiaquía, o alguna de las patologías comentadas en el apartado anterior, es que, hoy en día, el único tratamiento que les garantiza una buena salud es seguir una alimentación libre de gluten. Sin embargo, en una encuesta realizada para un artículo de la revista Financial Food (2024), el 82% de los celiacos afirman que es complicado encontrar productos sin gluten en el supermercado, aunque muchos de ellos también están de acuerdo en que se ofrecen muchos más productos sin gluten que hace unos años.

Otro problema al que se enfrentan los celiacos son los precios. En los dos últimos años, la tendencia de los precios de los alimentos sin gluten ha sido creciente, como se observa en la figura 5.9.

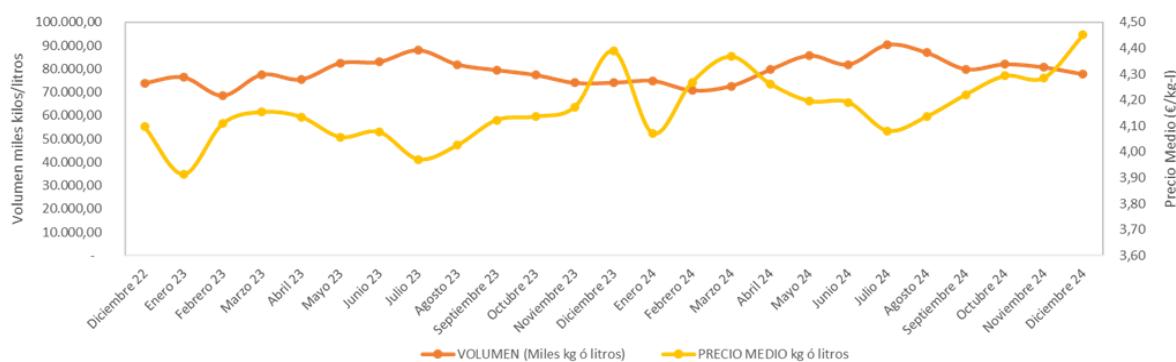


FIGURA 5.9. Evolución mensual de total de compras (millones kg) y precio medio (€/kg) de los alimentos sin gluten en España.

Fuente: Informe del Consumo Alimentario en España 2024 (MAPA, 2025).

El precio medio de estos productos en los supermercados y autoservicios, principal canal de distribución de este tipo de alimentación cerró el año 2024 con un precio un 5,3% más alto que en 2023. Y mayor fue el incremento del precio en las tiendas tradicionales, uno de los canales más utilizados para la compra de pan, como ya se ha comentado, de un 15,6%.

5. Industria y mercado del pan sin gluten

El aumento de diagnósticos de casos de celiaquía y otros trastornos digestivos, a los que se les suma la parte de la población, cada vez mayor, que eligen seguir una dieta sin gluten, provoca que la demanda aumente. Sin embargo, esta parte de la población admite que, aunque cada vez hay más opciones en el mercado, la oferta es aún escasa y los precios elevados.

5.1. Mercado del pan sin gluten a nivel mundial.

Aunque la nueva línea de producción se va a centrar en la venta de panes dentro de España, es necesario conocer la situación de ventas de pan sin gluten a nivel mundial, ya que nos da una idea de la evolución que puede seguir en nuestro país.

El mercado mundial de pan sin gluten representa el 14% del mercado mundial de productos sin gluten, de acuerdo con un artículo publicado por la revista BBM (2022). Como se puede observar en la Figura 5.9., el valor de mercado del pan sin gluten ha experimentado un aumento progresivo en los últimos años y se espera que el mercado siga creciendo, superando los 1.506 millones para 2032, creciendo de media un 9,2% cada año respecto al año anterior. Este producto ha ganado popularidad en los últimos años a nivel mundial debido a la creciente preocupación por la intolerancia y sensibilidad al gluten y ha sido impulsada además por la publicidad acerca de los beneficios digestivos y de prevención de diversas enfermedades que se le atribuyen. Junto a estos hechos, se espera que la demanda crezca también gracias a la tendencia emergente de cada vez mas establecimientos de servir alimentos para intolerantes.

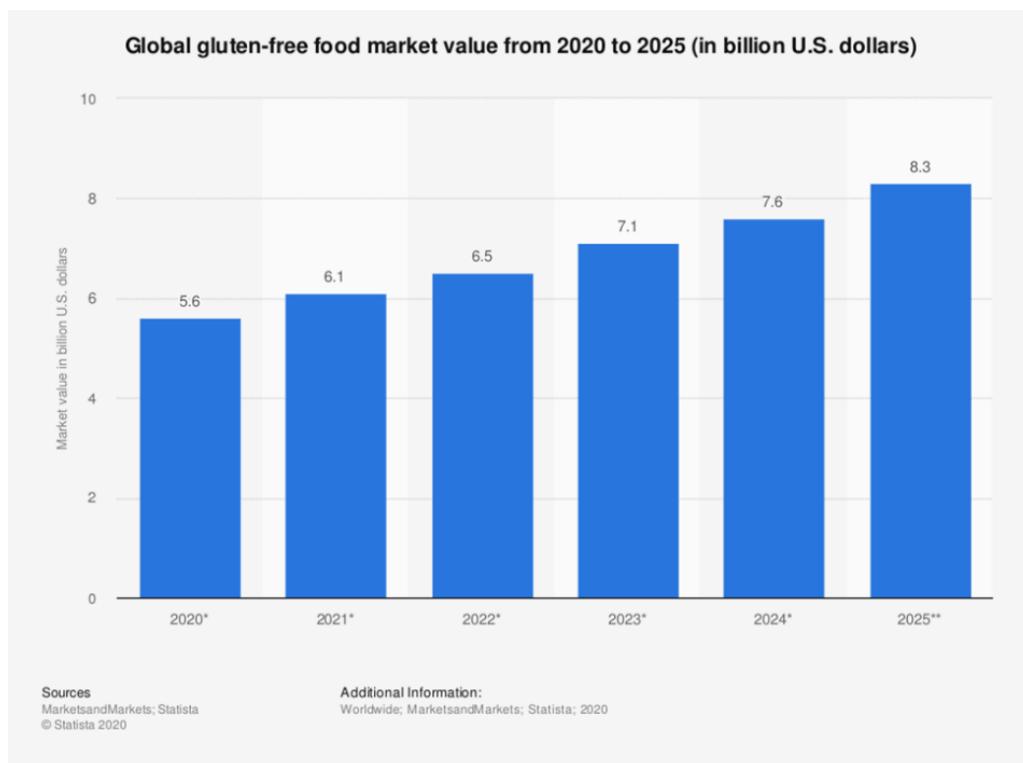


FIGURA 5.9. Evolución global anual del valor de mercado del pan sin gluten desde 2020 hasta 2025 (billones USD)

Fuente: Statista.

El crecimiento en la demanda, debido a los factores ya comentados, ha provocado que fabricantes de pan se hayan interesado más por este producto y cada vez sean más los que empiezan a introducir pan sin gluten en sus líneas de producción y a implementar nuevas técnicas para la mejora de su calidad.

5.2. Mercado del pan sin gluten en España.

En España, a pesar del aumento general del consumo per cápita de productos sin gluten, que aumentó un 1,30% respecto al año anterior, el pan sin gluten redujo su consumo en 2024 respecto al 2023. La demanda se contrajo un 19% en términos de volumen, y el consumo per cápita se redujo un 20,1%, pasando de ser 0,52 kg por persona y año en 2023 a 0,42 kg en 2024.

Este descenso pudo ser provocado por diversos motivos, como el precio. Como se ha comentado, los alimentos sin gluten han experimentado en los últimos años un aumento progresivo en el precio medio. Sin estudiar específicamente el precio del pan sin gluten, también experimentó esa subida de precios. De acuerdo con los datos publicados por la Federación de Asociaciones de Celíacos de España, en su Informe de Precios de Productos Específicos para Personas Celiacas (2025), una barra tradicional de pan cuesta actualmente alrededor de unos 2,50 €/kg, mientras que su equivalente sin gluten puede llegar a costar 12,70 €/kg. Es más, las mayores brechas de precios entre las alternativas con y sin gluten se dieron en el pan de barra, seguido de las magdalenas y el pan rallado. Para este problema ya se han

aplicado reducciones, como la fijación de un IVA superreducido del 4% para todo el pan, incluido el pan sin gluten, y sus efectos serán evaluados a partir de este año.

A los precios se le suma el hecho de que en muchas ocasiones el producto final obtenido no cumple con las expectativas del consumidor. El proceso de elaboración del pan sin gluten no es un proceso fácil. Se deben utilizar otros ingredientes que sustituyan y funcionen como el gluten, y muchas veces estos aditivos dan sabores indeseados u otras características indeseadas.

Con el aumento de la demanda de pan sin gluten también aumenta la competencia. En España, las principales marcas de pan sin gluten son Airos, Proceli, Sinblat, Beiker, con sedes en Barcelona y Valencia, que suministran principalmente a grandes superficies. Todas ellas tienen en común el objetivo principal de la búsqueda y desarrollo de mejoras en la producción de los panes sin gluten, tanto para mejorar las características finales del producto final, como la optimización del proceso de fabricación para la obtención de mejores rendimientos y así poder ofrecer precios más competitivos.

6. Conclusiones y análisis DAFO

El pan es un alimento básico en la dieta de muchos españoles, siendo el pan fresco común el más elegido por los consumidores, si bien en los últimos años se ha visto un incremento notable en la preferencia por su variante sin sal.

Sin embargo, las nuevas tendencias en alimentación han provocado un incremento en el interés por las dietas sin gluten. Este hecho, unido al incremento de personas diagnosticadas con celiaquía u otras afecciones intestinales, ha provocado un incremento en el consumo de productos sin gluten en los últimos años. Por este motivo, las industrias alimentarias buscan reinventarse y sacar al mercado productos sin gluten que sean aceptados por el consumidor.

El sector panadero, por su parte, se enfrenta al reto que supone crear un pan sin gluten, pero con características organolépticas lo más parecidas posible al pan tradicional, el más consumido por los españoles. Esta tarea no es fácil y supone un esfuerzo para las empresas que, en muchas ocasiones, no obtienen los resultados deseados.

Para concluir, se realizó un análisis DAFO que permite los factores tanto internos como externos que van a influir en el mercado del pan sin gluten de la línea de acuerdo a lo expuesto en este anexo:

➤ Aspectos internos de la línea

- Fortalezas: como competencias internas que ofrecen una ventaja de cara al mercado, destaca que forma parte de un producto con demanda asegurada, ya que el único tratamiento conocido hoy en día que asegura una buena salud en personas celiacas es una dieta libre de gluten. También se consideran fortaleza de la producción la tendencia de consumo de productos sin gluten provocada por el crecimiento anual de diagnósticos de celiaquía y el interés por las dietas sin gluten entre personas no celiacas, que se perciben como beneficiosas para la salud digestiva, y la ubicación estratégica de la línea en una zona muy transitada y donde la demanda de pan es alta.

- Debilidades: la línea tambien presenta una serie de desventajas en el mercado frente a otras empresas o productos, como es el caso de los elevados precios del pan sin gluten debido a un proceso productivo costoso debido a las distintas dificultades que están ligadas a la producción de este tipo de producto y que muchas veces las industrias no pueden asumir por falta de rentabilidad. Entre esos aspectos se encuentra la dificultad de conseguir un producto que cumpla con las expectativas del consumidor.
- Oportunidades: como factores externos favorables a la línea de producción que pueden contribuir a su buen posicionamiento en el mercado encontramos la aparición de nuevos avances tecnológicos, que se encuentra en crecimiento gracias al aumento en la demanda de estos productos que impulsa la realización de estudios e investigaciones, y que permiten mejorar el proceso productivo para obtener un producto de mejor calidad. A este hecho se le suma la aplicación de medidas favorables de reducción de precios, como lo es la aplicación del IVA superreducida del 4% para todo el pan, que favorece la competitividad de los precios y la importancia que tiene el pan en la dieta de los hogares españoles.
- Amenazas: en cuanto a factores externos que amenazan la estabilidad en el mercado del pan sin gluten producido podemos mencionar las tendencias cambiantes de los consumidores y las desinformaciones. Es decir, si se generaliza la idea de que el pan sin gluten no es necesariamente más saludable y que, incluso, es perjudicial, podría caer la demanda, especialmente entre los no celiacos. Además, con el aumento de la demanda de pan sin gluten también se está produciendo un aumento de productores que intensifica la presión sobre los precios y la diferenciación. Además, se debe mencionar los precios, ya que si estos no bajan o incluso, si se produce un aumento, el consumo podría caer, especialmente si el poder adquisitivo del consumidor disminuye.

A continuación, en la Tabla 5.2. se muestra un resumen de estos factores.

TABLA 5.2. Análisis DAFO del mercado del pan sin gluten

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Proceso productivo costoso: dificultades en la producción.• Rechazo del producto por no cumplir las expectativas del consumidor.	<ul style="list-style-type: none">• Tendencias cambiantes y desinformaciones.• Aumento de la competencia y presiones sobre los precios.• Influencia del precio sobre el consumo.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Demanda asegurada de un nicho concreto.• Tendencia de consumo creciente.<ul style="list-style-type: none">• Ubicación estratégica.	<ul style="list-style-type: none">• Medidas favorables de reducción de precios.• Avances tecnológicos: que permiten mejorar el proceso productivo• Importancia del pan en la dieta de los hogares españoles.

Fuente: Elaboración propia.

**DOCUMENTO I. MEMORIA
ANEJO VI. Estudio Económico.**

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

ÍNDICE ANEJO VI: ESTUDIO ECONÓMICO

1. Objeto	1
2. Inversión inicial	1
3. Costes de producción	2
3.1. Costes fijos	2
3.1.1. Amortización de la maquinaria y equipos	2
3.1.2. Seguro de la empresa	4
3.1.3. Seguros e impuestos de la maquinaria y equipos	4
3.1.4. Salarios del personal	5
3.1.5. Costes fijos totales por año	8
3.2. Costes variables	8
3.2.1. Materias primas.....	8
3.2.2. Materiales auxiliares	8
3.2.3. Consumo de agua	9
3.2.4. Consumo eléctrico	9
3.2.5. Costes de transporte.....	10
3.2.6. Costes variables totales por año	10
3.3. Costes totales anuales.....	11
4. Ingresos del proyecto	11
5. Rentabilidad y ganancias del proyecto	12
5.1. Indicadores de rentabilidad económica.....	12
5.1.1. Valor Actual Neto (VAN)	12
5.1.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).....	13
5.1.3. Relación beneficio/inversión (Q)	13

5.1.4. Plazo de recuperación / <i>pay-back</i>	13
5.2. Flujos de caja	13
6. Rentabilidad y ganancias de la implementación del nuevo protocolo	16
6.1. Costes	16
6.2. Ingresos	17
6.3. Beneficios	17
7. Conclusiones	19

1. Objeto

En este anejo se estudiarán tanto los costes de inversión de la instalación de la nueva línea en la industria ya existente como los costes relacionados con la producción de los panes sin gluten con el objetivo de valorar su viabilidad económica.

Además, se estudiará, bajo diferentes supuestos, la viabilidad de incorporar en la línea el protocolo de análisis para mejorar la producción, que incluye la adquisición e instalación del Farinógrafo.

La inversión se justificará con este estudio mediante el programa informático “VALPROIN”, con el cual se analizará la inversión necesaria y los flujos de caja previstos durante la vida útil del proyecto, y se realizará un estudio de los indicadores de rentabilidad económicos obtenidos.

2. Inversión inicial

Para el estudio económico, se comenzó calculando el presupuesto de la inversión inicial, que lo compone la maquinaria e inmobiliaria complementaria necesaria para la producción de pan sin gluten, detallada en el Anejo IV. Ingeniería del proyecto. Los costes de cada equipo se detallan en la Tabla 6.1.

TABLA 6.1. Costes de la inversión inicial del proyecto.

Maquinaria y equipos	Coste (€/ud)	Uds	Vº (€)
Estanterías para palets	318,08	3	954,24
Palets	12,00	10	120,00
Transpaleta manual	520,30	2	1.040,60
Carretilla elevadora	10.995,00	1	10.995,00
Balanzas	228,00	2	456,00
Mesa auxiliar	218,12	2	436,24
Cuentalitros automático	2.870,82	1	2.870,82
Amasadora planetaria	3.300,00	1	3.300,00
Dosificadora de masa	7.260,00	1	7.260,00
Batería 4 moldes	30,00	400	12.000,00
Cinta transportadora (2.500x200 mm)	3.873,21	3,4	13.168,91
Carro de bandejas	300,00	1	300,00
Cámara de fermentación	4.192,99	1	4.192,99
Horno rotativo	9.777,99	1	9.777,99
Detector de metales	1.557,85	1	1.557,85
Etiquetadora	910,00	1	910,00
TOTAL			69.340,64

Fuente: Elaboración propia

La inversión total inicial asciende a los 69.340,64 €.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

3. Costes de producción

En segundo lugar, se calcularon los costes anuales que implica la fabricación del nuevo producto en la industria. El coste del proyecto se define como el conjunto de todos los desembolsos económicos necesarios para llevar a cabo la actividad, en este caso, la producción de pan sin gluten.

Podemos diferenciar entre costes fijos y costes variables:

- Costes fijos: son aquellos que permanecen constantes, con independencia de los niveles de actividad o de producción de la línea. Es decir, permanecen invariables a lo largo de la vida útil del proyecto. Entre estos costes encontramos la amortización, el seguro de la empresa, los seguros e impuestos de la maquinaria y la mano de obra (salarios).
- Costes variables: son aquellos que sí varían con el nivel de actividad o producción de la línea, por lo que también se les conoce como costes por unidad producida. Son aquellos que aumentan o disminuyen en función del número de unidades producidas. En este caso, se consideraron costes variables el gasto en materias primas, materiales auxiliares, consumo de agua y eléctrico y los costes de transporte.

Por otro lado, los factores que se tuvieron en cuenta para calcular los costes del proyecto fueron:

- Vida útil (n). Se entiende por vida útil del proyecto el tiempo durante el cual los activos van a poder ser utilizados generando beneficios o cumpliendo los objetivos esperados. La vida útil variará dependiendo del tipo del proyecto, que para poder operar y desarrollar su objetivo requiere de unos activos fijos, que se van a desgastar debido al uso.

Este proyecto se estima que tenga una vida útil de 15 años. La vida útil de este proyecto dependerá principalmente de los equipos y maquinaria, que con el correcto mantenimiento preventivo y correctivo se espera que tengan una vida útil de esa duración.

- Producción. La producción objetivo de esta línea es de 1.600 unidades de pan sin gluten al día. Como la producción se mantendrá activa durante 352 días al año, la producción anual será de 563.200 unidades de producto terminado al año.

3.1.Costes fijos

3.1.1. Amortización de la maquinaria y equipos

El cálculo de la amortización consiste en el reparto del coste de una máquina o equipo a lo largo de su vida útil estimada. Es decir, la amortización tiene en cuenta la pérdida de valor de la maquinaria y equipamiento con el uso durante el paso del tiempo.

La fórmula para calcular la amortización de la maquinaria es la que se muestra a continuación:

$$A_m = \frac{V_0 - V_f}{n} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde:

- V_0 = el precio de adquisición de los activos.
- V_f = el valor residual de los activos.

En nuestro caso, se consideró un valor residual del 10% sobre el precio de adquisición.

- n = vida útil.

Se consideraron 15 años para toda la maquinaria y mobiliario.

En la Tabla 6.2. se detallan los resultados de la amortización en €/año de la maquinaria utilizada en el proceso de elaboración del pan sin gluten, además de la amortización total anual.

TABLA 6.2. Cálculo de la amortización de la maquinaria y mobiliario (n=15 años).

Maquinaria	Coste (€)	Uds	V_0 (€)	V_f (€)	n (años)	Amortización (€/año)
Estanterías para palets	318,08	3	954,24	95,42	15	57,25
Palets	12,00	10	120,00	12,00	15	7,20
Transpaleta manual	520,30	2	1.040,60	104,06	15	62,44
Carretilla elevadora	10.995,00	1	10.995,00	1.099,50	15	659,70
Balanzas	228,00	2	456,00	45,60	15	27,36
Mesa auxiliar	218,12	2	436,24	43,62	15	26,17
Cuentalitros automático	2.870,82	1	2.870,82	287,08	15	172,25
Amasadora planetaria	3.300,00	1	3.300,00	330,00	15	198,00
Dosificadora de masa	7.260,00	1	7.260,00	726,00	15	435,60
Batería 4 moldes	30,00	400	12.000,00	1.200,00	15	720,00
Cinta transportadora (2.500x200 mm)	3.873,21	3,4	13.168,91	1.316,89	15	790,13
Carro de bandejas	300,00	1	300,00	30,00	15	18,00
Cámara de fermentación	4.192,99	1	4.192,99	419,30	15	251,58
Horno rotativo	9.777,99	1	9.777,99	977,80	15	586,68
Detector de metales	1.557,85	1	1.557,85	155,79	15	93,47
Etiquetadora	910,00	1	910,00	91,00	15	54,60
TOTAL			69.220,64			4.160,43

Fuente: Elaboración propia

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

Tras realizar los cálculos necesarios, se obtienen unos costes de amortización de la maquinaria de 4.160,43 € al año.

3.1.2. Seguro de la empresa

La industria en su totalidad cuenta con un seguro para proteger los activos físicos, los equipos de producción, las instalaciones, la maquinaria y el inventario de materias primas y productos terminados, que incluye daños por incendio, inundación, robo, vandalismo y otros riesgos. El coste de este seguro es de 7.000€ anuales. La producción de pan sin gluten asumirá el 20% de ese coste, es decir, un total de 1.400€.

3.1.3. Seguros e impuestos de la maquinaria y equipos

La estimación del seguro e impuestos de la maquinaria e inmobiliario puede ser dificultosa. Para la maquinaria se suele suponer entre el 1-3% sobre la inversión inicial, mientras que para los inmuebles entre un 0,5-1%. En este caso, para la estimación del coste de seguros se tomaron los valores medios de cada rango. Los resultados se muestran en la Tabla 6.3.

TABLA 6.3. Cálculo de los costes relacionados con los seguros e impuestos de la maquinaria y mobiliario

Maquinaria	V ₀ (€)	Porcentaje sobre el V ₀	Seguros e impuestos (€/año)
Estanterías para palets	954,24	0,75	7,16
Palets	120,00	0,75	0,90
Transpaleta manual	1.040,60	2,0	20,81
Carretilla elevadora	10.995,00	2,0	219,90
Balanzas	456,00	2,0	9,12
Mesa auxiliar	436,24	0,75	3,27
Cuentalitros automático	2.870,82	2,0	57,42
Amasadora planetaria	3.300,00	2,0	66,00
Dosificadora de masa	7.260,00	2,0	145,20
Batería 4 moldes	12.000,00	0,75	90,00
Cinta transportadora (2.500x200 mm)	13.168,91	2,0	263,38
Carro de bandejas	300,00	0,75	2,25
Cámara de fermentación	4.192,99	2,0	83,86
Horno rotativo	9.777,99	2,0	195,56
Detector de metales	1.557,85	2,0	31,16
Etiquetadora	910,00	2,0	18,20
TOTAL			1.214,18

Fuente: Elaboración propia

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

El valor a pagar por seguros e impuestos de la maquinaria e inmuebles asciende a los 1.214,18€ anuales.

3.1.4. Salarios del personal

A continuación, se detallan los cálculos del pago a realizar correspondiente a los salarios del personal que intervendrá en el proceso productivo prestando un servicio o actividad. El personal necesario en la producción diaria de pan sin gluten en la línea se describe en el Anejo IV. Ingeniería del Proyecto (ver punto 3.1.6. Necesidades de personal) y se resume en la Tabla 6.4., separados por turno de mañana (8:00-16:00) y de noche (00:00-8:00).

TABLA 6.4. Necesidades de personal turno de noche, turno de mañana.

TURNO DE MAÑANA		
Personal		Nº operarios/día
Jefe de administración/ventas	Lunes-viernes	1
Jefe de producción	Lunes-viernes	1
Encargado de almacén	Lunes-viernes	1
Responsable de I+D y calidad	Lunes-viernes	1
Técnicos de laboratorio/calidad	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Encargado del taller	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Operarios (producción y actividades complementarias)	Lunes-viernes	3
	Fin de semana	3
TOTAL		9 + 5 fin de semana
TURNO DE NOCHE		
Técnicos de laboratorio/calidad	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Encargado de taller	Lunes-viernes	1
	Fin de semana	1
Operario (producción y actividades complementarias)	Lunes-viernes	3
	Fin de semana	3
TOTAL		5 + 5 fin de semana

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular los costes en mano de obra se tuvieron en cuenta el sueldo del trabajador anual y los diferentes tipos de cotización del Régimen General de la Seguridad Social que quedan a cargo de la empresa, detallados en la Tabla 6.5:

TABLA 6.5. Cotizaciones del Régimen General de la Seguridad Social

Tipo de cotización	%
Contingencias Comunes	23,62
Desempleo	5,50
Enfermedades profesionales y accidentes de trabajo	1,95
Equidad Intergeneracional	0,67
Formación Profesional	0,60
Fondo de Garantía Salarial (FOGASA)	0,20
TOTAL	32,54

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Orden PJC/178/2025, de 25 de febrero, por la que se desarrollan las normas legales de cotización a la Seguridad Social, desempleo, protección por cese de actividad, Fondo de Garantía Salarial y formación profesional para el ejercicio 2025.

Los tipos de cotización detallados fueron aplicados sobre el total anual de cada trabajador, que incluye el sueldo más la parte proporcional a las 2 pagas extras y los suplementos por nocturnidad y festivos.

Cada día laboral estará dividido en dos turnos, de mañana y noche, que irán rotando. Existirán dos grupos que trabajarán de lunes a viernes, y otros dos grupos que cubrirán los fines de semana y las horas no cubiertas por los anteriores hasta completar los 352 días de trabajo.

Las horas totales trabajadas por cada empleado serán 1794 horas, que equivalen a 225 días de 8 horas. Las horas nocturnas trabajadas durante el turno de noche serán 6 horas.

Los salarios se calcularon teniendo en cuenta las tablas salariales del Convenio Colectivo del Sector de Panadería, Bollería y Pastelería de Segovia (2021-2025) y ponderando la hora nocturna en un 20% adicional y la hora de trabajo festiva en domingos en un 75% adicional.

Tambien se debe de tener en cuenta que el jefe de administración y ventas es el mismo para toda la empresa, por lo que el coste en la línea nueva de pan sin gluten representa el 20%.

En la Tabla 6.6 se detallan los cálculos y el coste final relativo a los empleados. Para determinar el coste de personal por hora, se dividió el dato de sueldo indicado por el Convenio entre el número de horas totales trabajadas al año, es decir, 1794 horas.

TABLA 6.6. Cálculo de costes anuales relativos al personal de trabajo.

	Personal	Nº	SD (€/hora)	SN (€/hora)	SDF (€/hora)	SNF (€/hora)	Salario total (€/año)	S.Social (€/año)	Coste total (€/año)
LUNES-VIERNES	Jefe de administración/ventas	1	9,54	11,45	-	-	3.435,70	1.117,98	4.553,68
	Jefe de producción	1	9,54	11,45	-	-	17.178,50	5.589,88	22.768,39
	Encargado de almacén	1	9,02	10,82	-	-	16.230,01	5.281,25	21.511,26
	Responsable de I+D y calidad	1	9,02	10,82	-	-	16.230,01	5.281,25	21.511,26
	Técnicos de laboratorio/calidad	2	8,39	10,07	-	-	32.486,97	10.571,26	43.058,23
	Encargado del taller	2	9,02	10,82	-	-	34.894,52	11.354,68	46.249,20
	Operarios (producción y actividades complementarias)	6	8,39	10,07	-	-	97.460,90	31.713,78	129.174,68
FIN DE SEMANA	Técnicos de laboratorio/calidad	2	8,39	10,07	14,69	17,63	28.299,76	9.208,74	37.508,50
	Encargado del taller	2	9,02	10,82	15,78	18,94	30.397,01	9.891,19	40.288,19
	Operarios (producción y actividades complementarias)	6	8,39	10,07	14,69	17,63	84.899,27	27.626,22	112.525,50
TOTAL COSTE									479.148,87

Nota:

SD: Salario de día.

SN: Salario de noche.

SDF: Salario de día y festivo.

SNF: Salario de noche y festivo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Convenio Colectivo del Sector de Panadería, Bollería y Pastelería de Segovia (2021-2025).

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

3.1.5. Costes fijos totales por año

Se calculó el total de los gastos a asumir por los costes fijos y el resultado fue de € al año. En la Tabla 6.7 se desglosan cada uno de los costes fijos calculados y el total.

TABLA 6.7. Total de costes fijos anuales.

COSTES FIJOS	€/año
Amortización	4.160,43
Seguros de la empresa	1.400,00
Seguros e impuestos maquinaria e inmobiliario	1.214,18
Personal	479.148,87
TOTAL	485.923,48

Fuente: Elaboración propia

3.2. Costes variables

3.2.1. Materias primas

En la Tabla 6.8 se indica el coste por kilogramo de cada materia prima, que puede variar durante los años de producción, y el total a pagar por cada materia anualmente para una producción de 1.600, teniendo en cuenta las cantidades necesarias de materias primas indicadas en el Anejo IV. Ingeniería del Proyecto.

El coste por consumo de agua como materia prima se calculó junto al consumo total de agua en el apartado 3.2.3.

TABLA 6.8. Costes anuales de las materias primas.

Materias primas	Kg/año	Precio (€/kg)	Coste total (€/año)
Harina de arroz	20285,96	4,00	81.143,84
Almidón de maíz	20285,96	2,00	40.571,92
Aceite Refinado de Girasol	2436,40	1,25	3.045,50
Azúcar Blanco	2030,34	0,75	1.522,76
Levadura	1218,20	6,00	7.309,20
HPMC K4M	812,13	1,84	1.494,32
Sal Yodada	812,13	0,30	243,64
TOTAL			135.331,17

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del mercado y estadísticas del MAPA.

El coste total de materias primas asciende a 135.331,17 € anuales.

3.2.2. Materiales auxiliares

De igual forma que se calcularon los costes de materias primas se calculan los costes relacionados con las materias auxiliares.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

TABLA 6.9. Costes anuales de las materias auxiliares.

Material auxiliar	Uds/año	Precio (€/ud)	Coste total (€/año)
Bolsas de papel Kraft	580.096	0,04	23.203,84
Bobinas de etiquetas	176	31,48	5.540,48
Cajas de cartón	24.640	1,05	25.872,00
TOTAL			54.616,32

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Consumo de agua

El agua que se emplea para la producción de la nueva línea es de 28,40 m³ anuales. Para la limpieza de equipos y maquinaria se estiman utilizar 352 m³ al año. Además, respecto al uso de los aseos, estimamos un gasto de 70,4 m³. En total suponen 450,8 m³.

El precio del agua para uso industrial en el municipio de Boceguillas se muestra en la Tabla 6.10.

TABLA 6.10. Costes respecto al consumo de agua en Boceguillas.

Consumo total (m ³)	Tarifas	Coste (€/ m ³)	Coste total (€/año)
450,80	1º bloque hasta 40,00 m ³	0,42	16,80
	2º bloque resto del consumo	0,60	246,48
TOTAL			263,28

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Consumo eléctrico

La maquinaria para la producción de pan sin gluten estará en funcionamiento durante 8 horas diarias 352 días al año. El precio del kWh para uso industrial varía significativamente según la tarifa y la hora del día en España, pudiendo oscilar entre unos 0,0823 €/kWh en horas valle y más de 0,2506 €/kWh en horas punta. Teniendo en cuenta que la producción se va a dar principalmente en las horas valle y que esta supone un 80% aproximadamente de la actividad total de la industria en cuanto a consumo eléctrico, se estima un precio unitario de 0,1160 €/kWh.

A ese coste se añadió el coste de término de potencia. La potencia contratada de la línea se estima que sea de 56,90 kW. El término de potencia en hora valle es de 0,0334 €/kW día y el máximo llega a 0,1082 €/kW día. Por lo tanto, siguiendo las ponderaciones anteriores un coste anual de 968,51 €.

Por lo tanto, el coste total referido al consumo energético será el mostrado en la Tabla 6.11.

TABLA 6.11. Costes anuales por el consumo eléctrico de la maquinaria.

Maquinaria	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento diario	Coste (€/día)	Coste anual
Carretilla elevadora	4,500	8	4,18	1469,95
Cuentalitros automático	0,025	8	0,02	8,17
Amasadora planetaria	2,500	8	2,32	816,64
Dosificadora de masa	0,750	8	0,70	244,99
Cinta transportadora (2.500x200 mm)	5,500	8	5,10	1796,61
Cámara de fermentación	2,000	8	1,86	653,31
Horno rotativo	39,000	8	36,19	12739,58
Detector de metales	0,120	8	0,11	39,20
Etiquetadora	2,500	8	2,32	816,64
				18.585,09

Fuente: Elaboración propia.

Sumando a este resultado el término de potencia, el total de gasto por consumo asciende a 19.553,60 €/año.

3.2.5. Costes de transporte

La distribución del producto hasta los establecimientos de venta y pueblos de alrededor se llevará a cabo en vehículos de la propia empresa, por lo que se deberán tener en cuenta los costes por transporte.

En el transporte se recorren un total de 200 km para distribuir la producción total de la industria. La producción de la línea de panes sin gluten asume un 20% de estos gastos. Los costes de transporte totales de la industria calculados, considerando precio combustible, mantenimiento y otros costes fijos, son de 60 € al día. Por lo que, para la línea supone un coste de 12 €, que asciende a un total de 4.224 € anuales.

3.2.6. Costes variables totales por año

Si tenemos en cuenta todos los costes variables nos queda un total de € al año.

TABLA 6.12. Total de costes variables anuales.

COSTES VARIABLES	€/año
Materias Primas	135.331,17
Material auxiliar	54.616,32
Consumo de agua	263,28
Consumo energético	19.553,60
Costes de transporte	4.224,00
TOTAL	213.988,37

Fuente: Elaboración propia

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

3.3.Costes totales anuales

En la Tabla 6.13 se resumen tanto los costes fijos como variables y se suman para obtener el coste total de producción.

TABLA 6.13. Total de costes fijos y variables.

COSTES FIJOS	
	Coste (€/año)
Amortizaciones	4.160,43
Seguro de la empresa	1.400
Seguros e impuestos de la maquinaria y equipos	1.214,18
Salario del personal	479.148,87
TOTALES	485.923,48
COSTES VARIABLES	
Materias Primas	135.331,17
Material auxiliar	54.616,32
Consumo de agua	263,28
Consumo energético	19.553,60
Costes de transporte	4.224
TOTALES	213.988,37
TOTAL COSTES	699.911,85

Fuente: Elaboración propia

Se debe aclarar que los costes variables en este caso se consideraron constantes durante todo el año, pues se ha considerado que la nueva línea de producción alcanza desde su puesta en marcha una capacidad constante de 1.600 panes diarios, aunque con el 10% de pérdidas de producto final.

4. Ingresos del proyecto

Considerando que la producción a máximo rendimiento es de 1.600 unidades diarias, que suponen 563.200 unidades anuales y teniendo en cuenta los costes totales, la unidad tiene un valor de 1,24 €.

Sin embargo, se deben tener en cuenta unas pérdidas sistemáticas de producto final del 10% debido a distintos factores del proceso de producción entre los que se encuentra la falta de regularidad de las harinas.

TABLA 6.14. Cálculo de ingresos anuales.

Costes (€/año)	699.911,85
Producción potencial (ud/año)	563.200,00
Coste producto (€/ud)	1,24
Margen comercial (15%)	0,19
Precio de venta (€/ud)	1,43
Ingresos anuales (€/año)	724.838,40

Fuente: Elaboración propia

5. Rentabilidad y ganancias del proyecto

5.1. Indicadores de rentabilidad económica

Para evaluar la rentabilidad económica, con ayuda de VALPROIN, se calcularon distintos indicadores que comparan los beneficios brutos que se esperan obtener, con la importancia de los costes en los que se incurre para obtenerlos. Nos permitirán conocer la importancia de los recursos utilizados.

En este proyecto se evaluó la rentabilidad económica de la nueva línea de producción. La construcción de la nave no se tuvo en cuenta porque se parte del supuesto que de que esta infraestructura ya existe y no representa una inversión adicional. De esta forma, el análisis se centra exclusivamente en los costos y beneficios atribuibles a la instalación y operación de la nueva línea de producción.

Los índices calculados para evaluar la rentabilidad económica del proyecto son los expuestos a continuación.

5.1.1. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador del valor neto presente de los flujos de caja (FC) que van a generarse en el futuro teniendo en cuenta una tasa de descuento o actualización (r), que se calcula posteriormente mediante la ecuación de Fisher (Ec. 5).

Para calcularlo se emplea la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde,

I_0 = Inversión inicial.

FC: Flujos de caja.

k: tasa de actualización.

t: vida útil del proyecto (15 años).

Un proyecto es rentable cuando el valor del VAN es positivo, ya que se traduce en que los ingresos serán mayores que los pagos.

5.1.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

El TIR corresponde a la tasa de interés o rentabilidad que genera el proyecto y representa la rentabilidad porcentual esperada del proyecto. Este valor corresponde a la tasa de actualización (k) cuando el VAN es igual a 0. Por ello se considerará el proyecto rentable cuando el VAN es mayor que 0 y la TIR mayor o igual a k.

La TIR se calcula a través de la siguiente fórmula (Ec. 3):

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (\text{Ec. 3})$$

5.1.3. Relación beneficio/inversión (Q)

La relación del beneficio e inversión es un cociente que se obtiene a partir de la división del VAN entre los costes totales del proyecto, según se refleja en la siguiente fórmula (Ec. 4):

$$Q = \frac{VAN}{I_0} \quad (\text{Ec. 4})$$

Así, si el resultado es un valor mayor que 1 significará que el proyecto es rentable. En el caso que sea igual a 1, indica que los costes son iguales a los beneficios y si esa cifra está por debajo de 1 es indicativo de que el proyecto no es rentable.

5.1.4. Plazo de recuperación / pay-back

Otro indicador a tener en cuenta para evaluar la viabilidad económica del proyecto es el plazo de recuperación, es decir, nos indica el año a partir del cual la inversión inicial se recupera y, por tanto, el proyecto comienza a generar beneficios.

Para determinar este indicador, se suman los flujos de caja hasta que ese valor iguale la inversión inicial.

5.2. Flujos de caja

De acuerdo con los datos de los últimos 15 años (2009-2024) proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), la inflación media del periodo fue del 2,23%. Por otra parte, la rentabilidad de las obligaciones del Estado en la subasta de agosto de 2025 se fijó en el 3,75%. Utilizando la fórmula de Fisher, se obtuvo la tasa de actualización:

$$(1 + g) \times (1 + r) - 1 = K \quad (\text{Ec. 5})$$

g = tasa media de inflación de diciembre de 2009 a diciembre de 2024.

r = interés de las obligaciones del Estado a más de 15 años

K = tasa de descuento utilizada en el análisis.

Sustituyendo nos queda un valor para la tasa de actualización de 0,060 (6%).

En la determinación del flujo de caja se tuvo en cuenta el beneficio después de impuestos, suponiendo un impuesto del 25% sobre los beneficios.

Para calcular la viabilidad económica del proyecto se utilizó la base de cálculo VALPROIN. Los datos para calcular los flujos anuales de caja introducidos en el programa se detallan en la Tabla 6.15 y 6.16.

TABLA 6.15. Cálculo de ingresos anuales.

COSTES ANUALES		INGRESOS ANUALES	
Concepto	Importe (€/año)	Concepto	Importe (€/año)
Amortización	4.160,43		
Costes fijos	485.923,48		
Costes variables	213.988,37	Venta de pan sin gluten	724.838,40
Impuesto de Sociedades (25% sobre beneficios)	5.191,53		
TOTAL	709.263,81		724.838,40

Fuente: Elaboración propia

TABLA 6.16. Datos iniciales para análisis de viabilidad económica del proyecto.

Título del proyecto		FABRICACIÓN PAN SIN GLUTEN						
VIDA DEL PROYECTO		TASAS ANUALES	Inflación (%)	2,23	TASAS DE ACTUALIZACIÓN	Mínima (%)	1,00	
Número de años (máximo 60 años)	15		Incremento de cobros (%)	2,23		Incremento	1,00	
			Incremento de pagos (%)	2,23		Máxima (%)	30,00	
PAGOS DE LA INVERSIÓN (máximo 11 pagos)								
Nº de pagos	1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD						
Año 0	69.340,64	Tasa de actualización para el análisis		Duración mínima	6,00	%		
0 0		Variación del pago de la inversión		Porcentaje de reducción	-	0,50	%	
0 0				Porcentaje de incremento	+	0,50	%	
0 0		Variación de los flujos de caja		Porcentaje de reducción	-	10,00	%	
0 0				Porcentaje de incremento	+	10,00	%	
0 0		Vida del proyecto		Duración máxima	15	Años		
0 0				Duración mínima	15	Años		
SUBVENCIENAS								
Total		Año	COBROS		PAGOS		FLUJO INICIAL (sin proyecto)	
		1	Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios		
		2	724.838,40		709.263,81			
		3	724.838,40		709.263,81			
		4	724.838,40		709.263,81			
		5	724.838,40		709.263,81			
		6	724.838,40		709.263,81			
		7	724.838,40		709.263,81			
		8	724.838,40		709.263,81			
		9	724.838,40		709.263,81			
		10	724.838,40		709.263,81			
		11	724.838,40		709.263,81			
		12	724.838,40		709.263,81			
		13	724.838,40		709.263,81			
		14	724.838,40		709.263,81			
	0 0	15	724.838,40		6.934,00			

Fuente: Elaboración propia (VALPROIN)

Los resultados del estudio de rentabilidad económica del proyecto generados por VALPROIN se muestran en la Tabla 6.17.

TABLA 6.17. Indicadores de rentabilidad.

Tasa Interna de Rendimiento (TIR) (%)				20,14			
Tasa de actualización (%)	Valor actual neto (VAN)	Tiempo de recuperación (años)	Relación Benefic. Invers. (VAN/Inv.)	Tasa de actualización (%)	Valor actual neto (VAN)	Tiempo de recuperación (años)	Relación Benefic. Invers. (VAN/Inv.)
1,00	152.574,47	5	2,20	16,00	18.243,17	9	0,26
2,00	135.933,43	5	1,96	17,00	14.239,35	10	0,21
3,00	121.038,48	5	1,75	18,00	10.537,69	10	0,15
4,00	107.673,89	6	1,55	19,00	7.109,17	11	0,10
5,00	95.653,65	6	1,38	20,00	3.927,98	13	0,06
6,00	84.816,97	6	1,22	21,00	971,18	15	0,01
7,00	75.024,59	6	1,08	22,00	-1.781,71	--	-0,03
8,00	66.155,62	6	0,95	23,00	-4.348,96	--	-0,06
9,00	58.104,92	6	0,84	24,00	-6.746,92	--	-0,10
10,00	50.780,87	7	0,73	25,00	-8.990,24	--	-0,13
11,00	44.103,44	7	0,64	26,00	-11.092,07	--	-0,16
12,00	38.002,60	7	0,55	27,00	-13.064,24	--	-0,19
13,00	32.416,94	8	0,47	28,00	-14.917,39	--	-0,22
14,00	27.292,54	8	0,39	29,00	-16.661,13	--	-0,24
15,00	22.581,90	8	0,33	30,00	-18.304,12	--	-0,26

Fuente: Elaboración propia (VALPROIN).

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

De acuerdo con los datos obtenidos para los indicadores de rentabilidad, el proyecto es viable económicoamente. El VAN correspondiente a una tasa de actualización del 6% es 84.816,54 €, un valor positivo, lo que significa que los ingresos generados en la producción del pan sin gluten serán mayores que los pagos. La TIR por su parte vemos que nos da un valor superior al 6% (k). Si nos fijamos en la relación beneficio/inversión, observamos que el valor calculado es algo mayor que 1 (1,22), por lo que este valor nos confirma la rentabilidad económica, aunque ajustada, del proyecto.

También se obtuvo que, para una tasa de actualización del 6% el periodo de recuperación son 6 años, lo que se consideró favorable.

6. Rentabilidad y ganancias de la implementación del nuevo protocolo

Uno de los objetivos principales de este proyecto es analizar la utilidad y rentabilidad de adquirir en nuevo equipo de análisis. Este equipo pretende reducir las pérdidas en la producción por la falta de regularidad de las harinas empleadas en la fabricación del pan sin gluten. Para ello, se analizaron distintos supuestos.

En el análisis general del proyecto se consideraron unas pérdidas del 10%. De estas pérdidas, el 80% se consideró que se corresponde a que los panes no alcanzan el volumen deseado debido a este problema. El resto son pérdidas aleatorias debidas a otras causas.

El programa VALPROIN permitió calcular la rentabilidad de la adquisición del nuevo equipo bajo distintos supuestos, partiendo de las pérdidas del 10% (supuesto 1). Sin embargo y suponiendo unas variaciones de los flujos de caja referidos a un aumento y una disminución de las pérdidas del 5% (5 y 15% de pérdidas) y considerando siempre que la máquina permite recuperar el 80% de esas pérdidas.

A continuación, se exponen los costes, los ingresos y los beneficios que generaría a mayores la aplicación de este análisis previo a la producción.

6.1.Costes

Para el cálculo de los costes del Farinógrafo se empleó la misma metodología utilizada para el resto de maquinaria.

El valor de adquisición del equipo incluye todos los costes necesarios hasta su puesta en marcha.

Como material auxiliar utilizado en el análisis es necesario el uso de agua destilada. Se estima un total de 10 análisis diarios en los que se gastará aproximadamente 0,81 litros. Al año suponen unos 290 l de agua destilada. Su precio es de 0,60 €/l.

Para el consumo energético, se debe tener en cuenta que la máquina tiene una potencia de 1kW. Funcionará durante 8 horas en hora punta, por lo que el consumo estimado será del 8 kWh y el coste 0,2506 €/kWh. En cuanto a la potencia instalada el coste es 0,1082 €/kW día.

TABLA 6.18. Total de costes fijos y variables.

COSTES FIJOS DEL FARINÓGRAFO	
	Coste (€/año)
Amortizaciones	5.400,00
Seguros e impuestos de la maquinaria y equipos	1.800,00
TOTALES	7.200,00
COSTES VARIABLES	
Consumo de agua destilada	174,00
Consumo energético	745,11
TOTALES	919,11
TOTAL COSTES	8.119,11

Fuente: Elaboración propia

6.2. Ingresos

En el primer supuesto se considera que se recupera el 80% de las pérdidas (10% del total de producción), que en términos de unidades de producto equivale a 128 unidades diarias. Su precio de venta se fijó en 1,43€, los ingresos adicionales generados gracias al nuevo equipo son de 64.430,08 € anuales.

6.3. Beneficios

Los beneficios antes de impuestos son de 56.310,97 € anuales, que generarán un pago adicional por impuesto sobre beneficio de 14.077,74 €. Por lo que el beneficio después de impuestos será del 42.233,23 € al año (unos costes totales de 22.196,85 €).

Para calcular la rentabilidad se utilizará nuevamente el programa VALPROIN. Bajo los mismos supuestos de tasas de actualización para el análisis e inflación. Para ello, se han metido los valores correspondientes al supuesto de las pérdidas del 10%. En la Tabla 6.18 se reflejan los datos que se tuvieron en cuenta para hacer el análisis y en la Tabla 6.19 los resultados.

TABLA 6.19. Datos iniciales para análisis de viabilidad económica del protocolo.

VIDA DEL PROYECTO		TASAS ANUALES	Inflación (%)	2,23	TASAS DE ACTUALIZACIÓN	Minima (%)	0,00
Número de años (máximo 60 años)	15		Incremento de cobros (%)	2,23		Incremento	1,00
			Incremento de pagos (%)	2,23		Máxima (%)	29,00
PAGOS DE LA INVERSIÓN (máximo 11 pagos)		ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD					
Nº de pagos	1	Tasa de actualización para el análisis			6,00	%	
Año 0	90.000,00	Variación del pago de la inversión			0,00	%	
0 0		Porcentaje de reducción			-		
0 0		Porcentaje de incremento			+	0,00	%
0 0		Variación de los flujos de caja			-	56,00	%
0 0		Porcentaje de reducción			+	56,00	%
0 0		Porcentaje de incremento			+	56,00	%
0 0		Vida del proyecto			Duración mínima	15	Años
0 0					Duración máxima	15	Años
SUBVENCIONES		Año	COBROS		PAGOS		FLUJO INICIAL (sin proyecto)
Total			Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios	
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0			64.430,08		22.196,85		
0 0	0,00		64.430,08		9.000,00		

Fuente: Elaboración propia (VALPROIN).

TABLA 6.20. Indicadores de rentabilidad del protocolo.

				Tasa Interna de Rendimiento (TIR) (%) 46,79			
Tasa de actualización (%)	Valor actual neto (VAN)	Tiempo de recuperación (años)	Relación Benefic. Invers. (VAN/Inv.)		Tasa de actualización (%)	Valor actual neto (VAN)	Tiempo de recuperación (años)
0,00	552.498,45	3	6,14		15,00	158.059,38	3
1,00	503.318,10	3	5,59		16,00	146.440,87	3
2,00	459.353,03	3	5,10		17,00	135.711,62	3
3,00	419.954,32	3	4,67		18,00	125.785,41	3
4,00	384.562,79	3	4,27		19,00	116.585,71	3
5,00	352.695,64	3	3,92		20,00	108.044,46	4
6,00	323.935,03	3	3,60		21,00	100.101,04	4
7,00	297.918,64	3	3,31		22,00	92.701,34	4
8,00	274.331,61	3	3,05		23,00	85.797,02	4
9,00	252.899,75	3	2,81		24,00	79.344,78	4
10,00	233.383,83	3	2,59		25,00	73.305,78	4
11,00	215.574,69	3	2,40		26,00	67.645,15	4
12,00	199.289,07	3	2,21		27,00	62.331,48	4
13,00	184.366,15	3	2,05		28,00	57.336,51	4
14,00	170.664,46	3	1,90		29,00	52.634,69	4

Fuente: Elaboración propia (VALPROIN).

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

A partir de los resultados generados por la base de cálculo VALPROIN podemos confirmar que la introducción del nuevo equipo para el análisis de masas y harinas es económicamente viable. Para la misma tasa de actualización contemplada anteriormente el VAN corresponde a un valor positivo de 323.935,03 €, un valor positivo; la TIR es igual a un valor superior al 6% (r); y la relación beneficio/inversión es mayor que 1 (3,60) valores que por lo que este valor nos confirma la rentabilidad económica del proyecto. Además, la inversión se recuperaría en un periodo de 3 años.

Además, como se ha indicado anteriormente, se llevó a cabo un estudio de sensibilidad para observar como variaban estos indicadores dependiendo del número de pérdidas, y por tanto, panes recuperados, gracias al protocolo, ya que no se conoce exactamente cuántos panes se pueden llegar a perder por este motivo.

Como para los otros dos supuestos lo que variará es la cantidad de panes recuperados, en el caso de pérdidas del 5% se calculó que se produciría una disminución de flujos de caja del 56,0% respecto al supuesto 1. En el caso de unas pérdidas del 15% se daría un incremento de la misma proporción. Para calcular este porcentaje se ha repartido el cobro extraordinario del valor residual del equipo entre los 15 años, que supone un incremento en los ingresos de 600 € cada año, poco significativo teniendo en cuenta el conjunto de ingresos. Como se puede observar en la Tabla 6.21, en ambos casos se obtienen indicadores de rentabilidad favorables, incluso en el caso del supuesto más desfavorable, de pérdidas del 5%, en el que la relación beneficios/inversión se sitúa en torno al 1%. Esto se traduce en que la compra del Farinógrafo es viable económicamente para esta línea.

TABLA 6.21. Análisis de sensibilidad de la implantación del protocolo.

Variación de la inversión (en %)	Variación de los flujos (en %)	Vida del proyecto (años)	Clave	TIR	VAN
	-56,00	15	A	19,23	92.131,41
0,00		15	B	19,23	92.131,41
	56,00	15	C	73,19	555.738,65
		15	D	73,19	555.738,65

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

Por lo tanto, el proyecto en su conjunto es viable económicamente y, concretamente, la compra del Farinógrafo para el análisis de harinas y masas sin gluten en los tres supuestos, mejorando la rentabilidad del proyecto. La adquisición del nuevo equipo y su implantación resulta en la generación de más beneficios, permitiendo a la empresa incrementar los gastos en mejorar la planta o abrir nuevas líneas de producción o, por otro lado, mejorar la competitividad reduciendo el precio de la unidad del pan, uno de los principales problemas de este tipo de productos.

DOCUMENTO II.

PLANOS

ÍNDICE DE DOCUMENTO II: PLANOS

Plano 1. Localización y situación

Plano 2. Emplazamiento y accesos

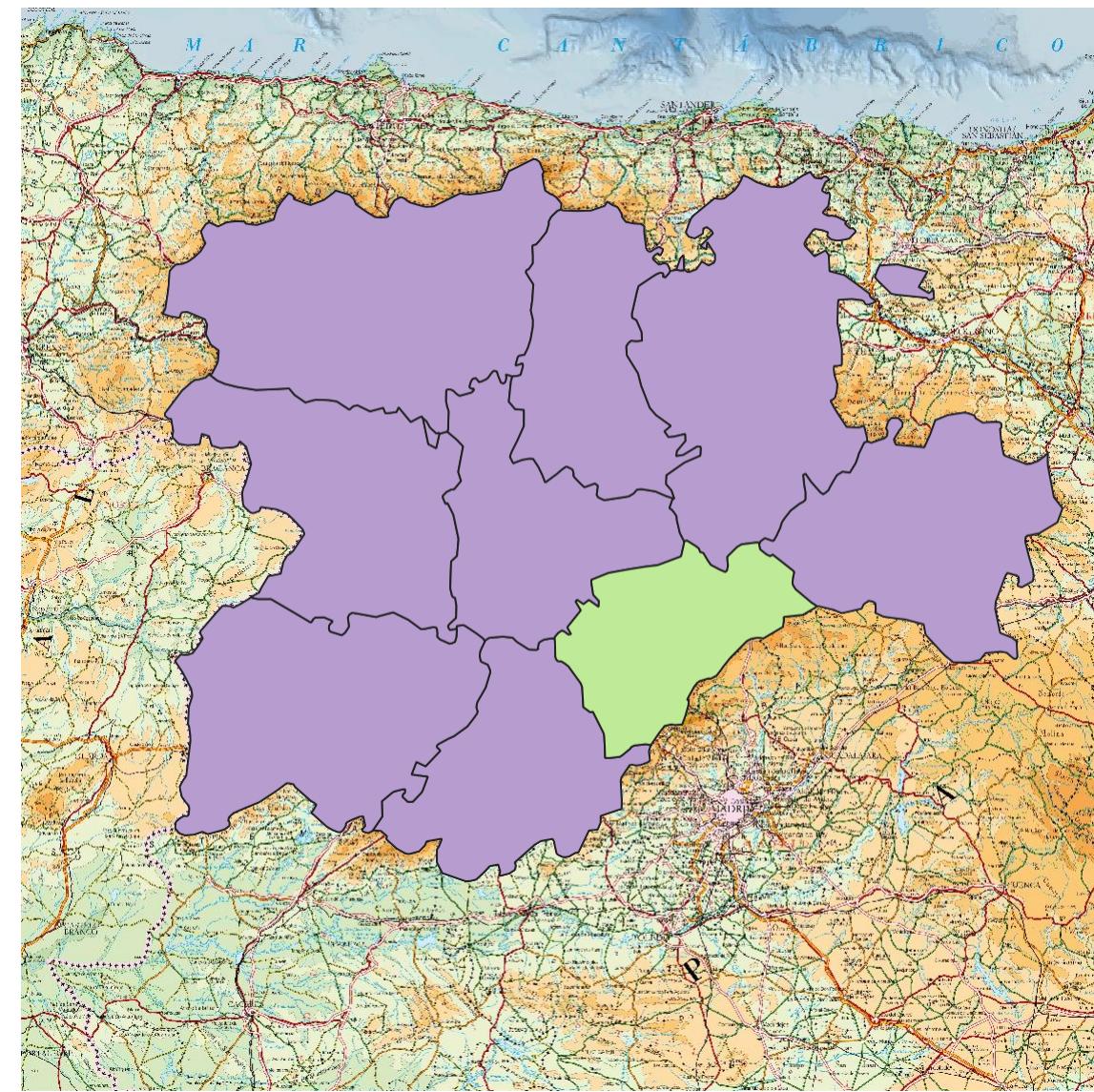
Plano 3. Distribución en planta: cotas y superficies

Plano 4. Planta: Maquinaria y organización industrial

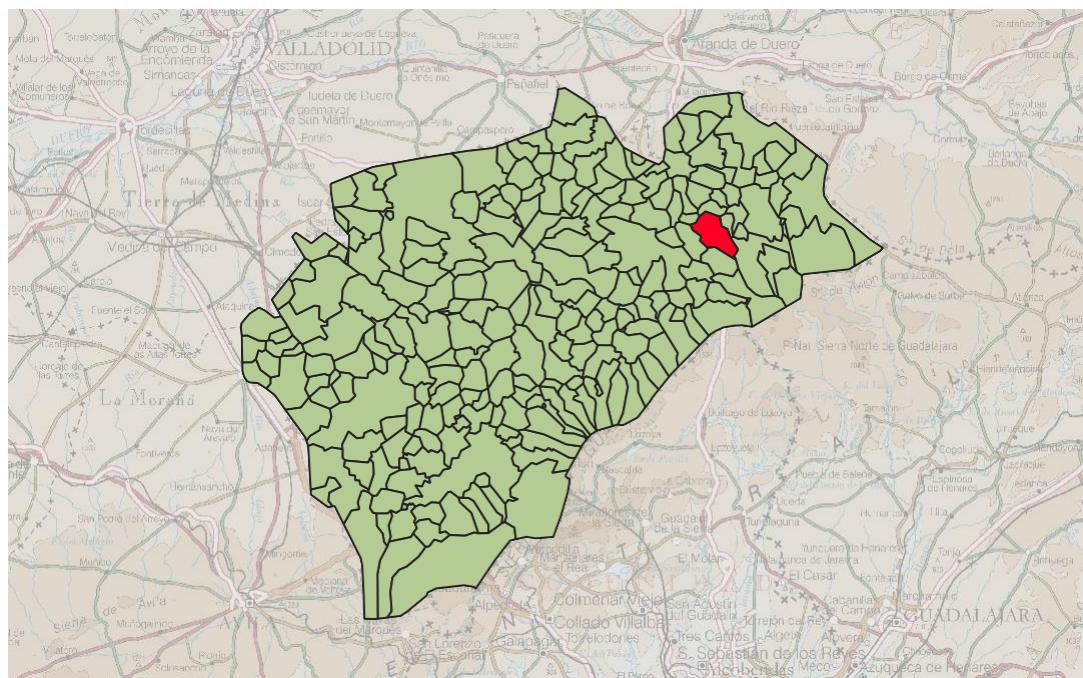
Plano 5. Planta: Flujo del proceso productivo



Escala 1: 7.000.000

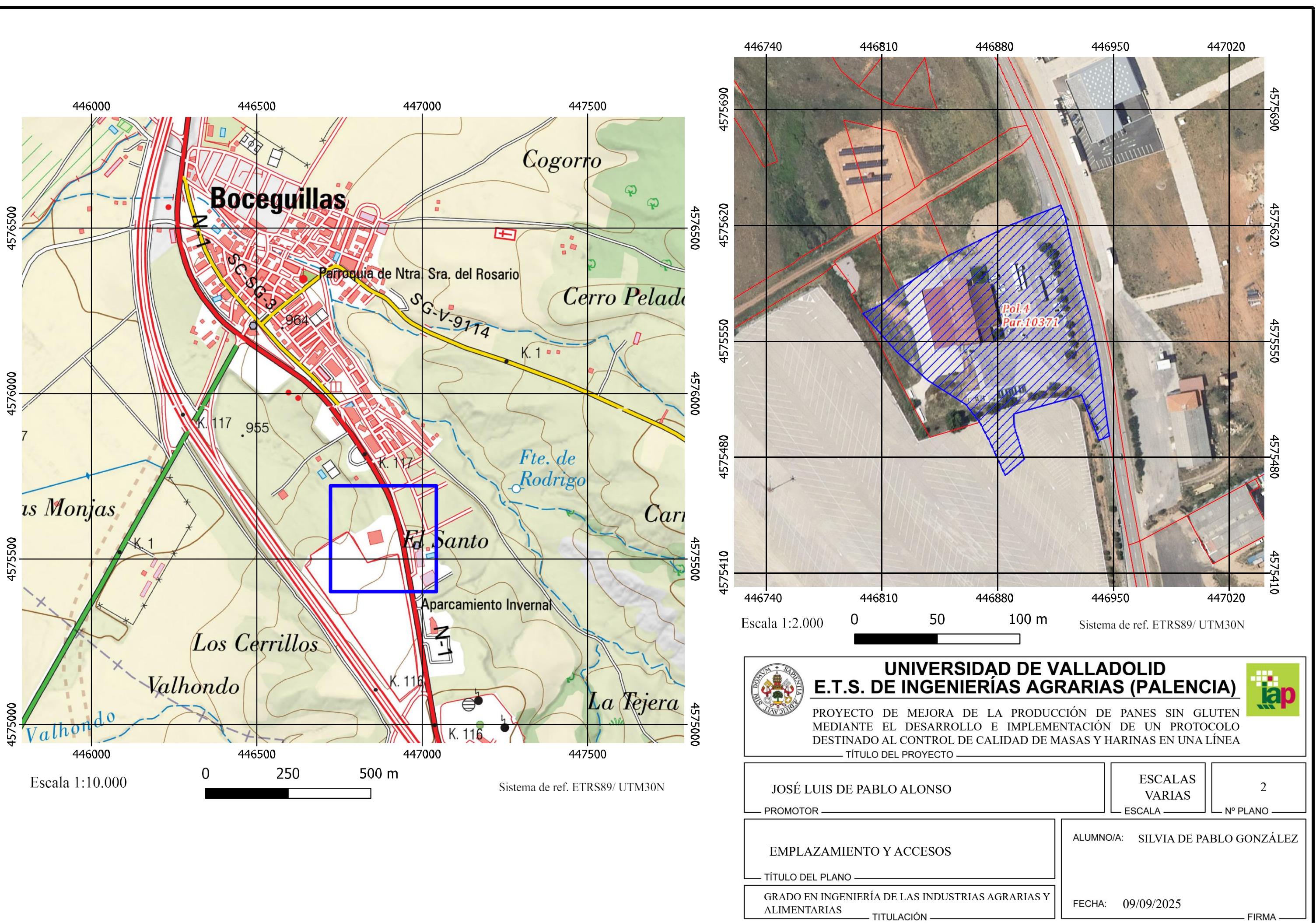


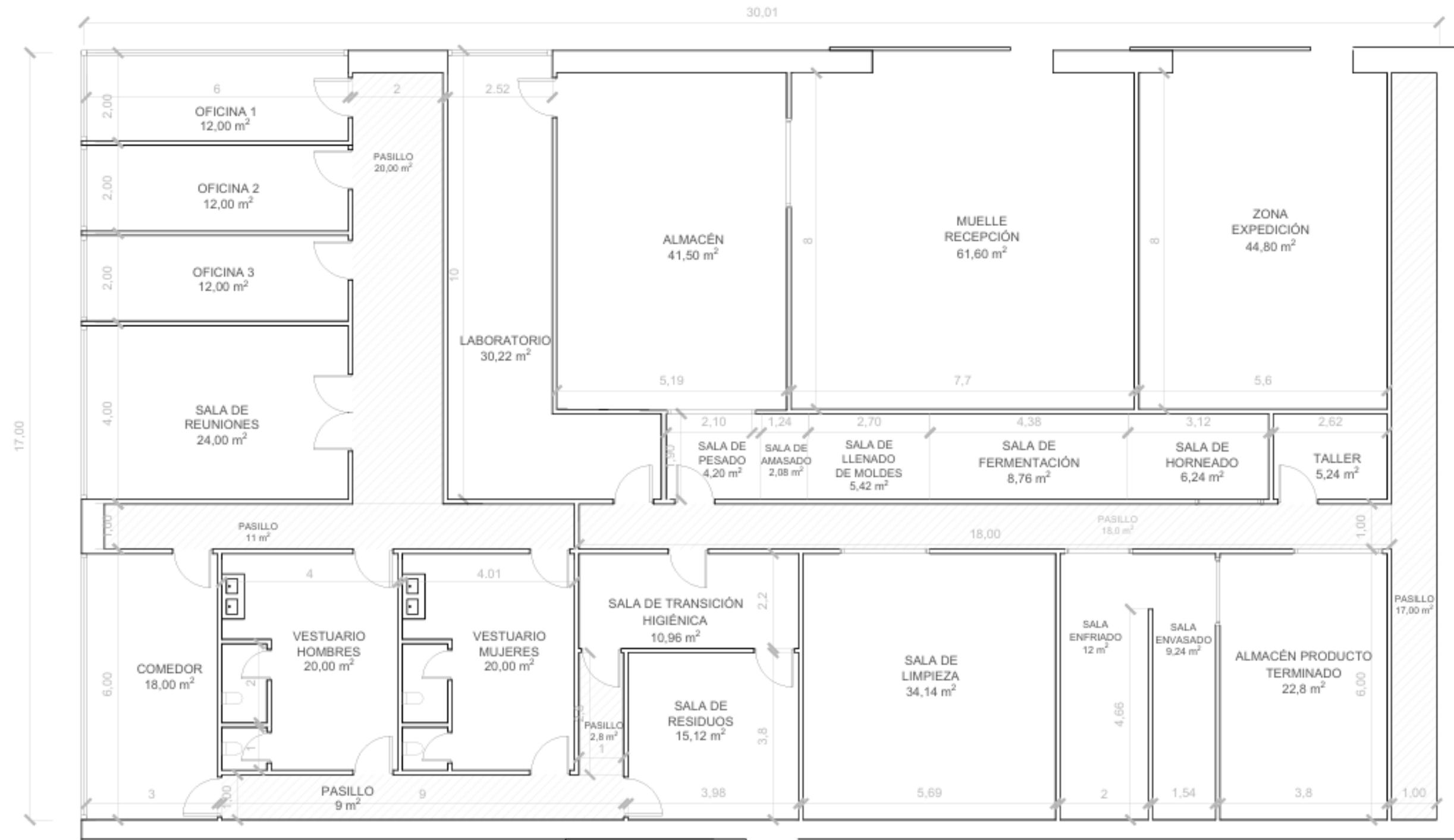
Escala 1: 3.500.000



Escala 1: 1.500.000

	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)		
PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE PANES SIN GLUTEN MEDIANTE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DESTINADO AL CONTROL DE CALIDAD DE MASAS Y HARINAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.			
TÍTULO DEL PROYECTO			
JOSÉ LUIS DE PABLO ALONSO		ESCALAS VARIAS	1
PROMOTOR		ESCALA	Nº PLANO
LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN		ALUMNO/A: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ	
TÍTULO DEL PLANO		FECHA: 09/09/2025	
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS		FIRMA	
TITULACIÓN			





**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)**

PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE PANES SIN GLUTEN MEDIANTE
EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DESTINADO AL
CONTROL DE CALIDAD DE MASAS Y HARINAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

TÍTULO DEL PROYECTO

JOSÉ LUIS DE PABLO ALONSO

PROMOTOR

1:100

3

ESCALA

Nº PLANO

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: COTAS Y
SUPERFICIES

TÍTULO DEL PLANO

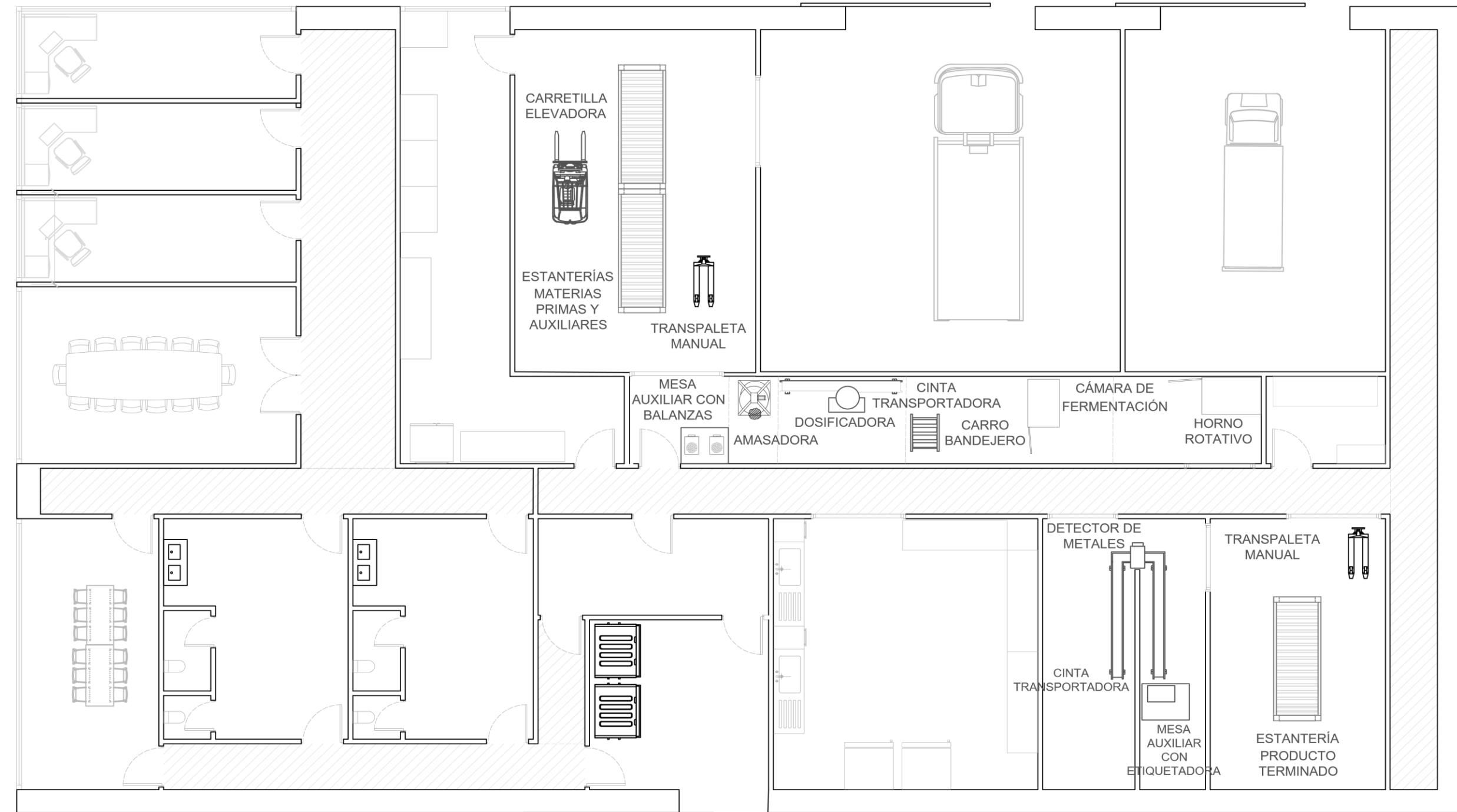
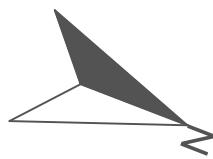
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS
AGRARIAS Y ALIMENTARIAS
TITULACIÓN

ALUMNO/A: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

FECHA: 09/09/2025

FIRMA





**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)**



PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE PANES SIN GLUTEN MEDIANTE
EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DESTINADO AL
CONTROL DE CALIDAD DE MASAS Y HARINAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

TÍTULO DEL PROYECTO

JOSÉ LUIS DE PABLO ALONSO

PROMOTOR

1:100

4

ESCALA

Nº PLANO

PLANTA: MAQUINARIA Y ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL

TÍTULO DEL PLANO

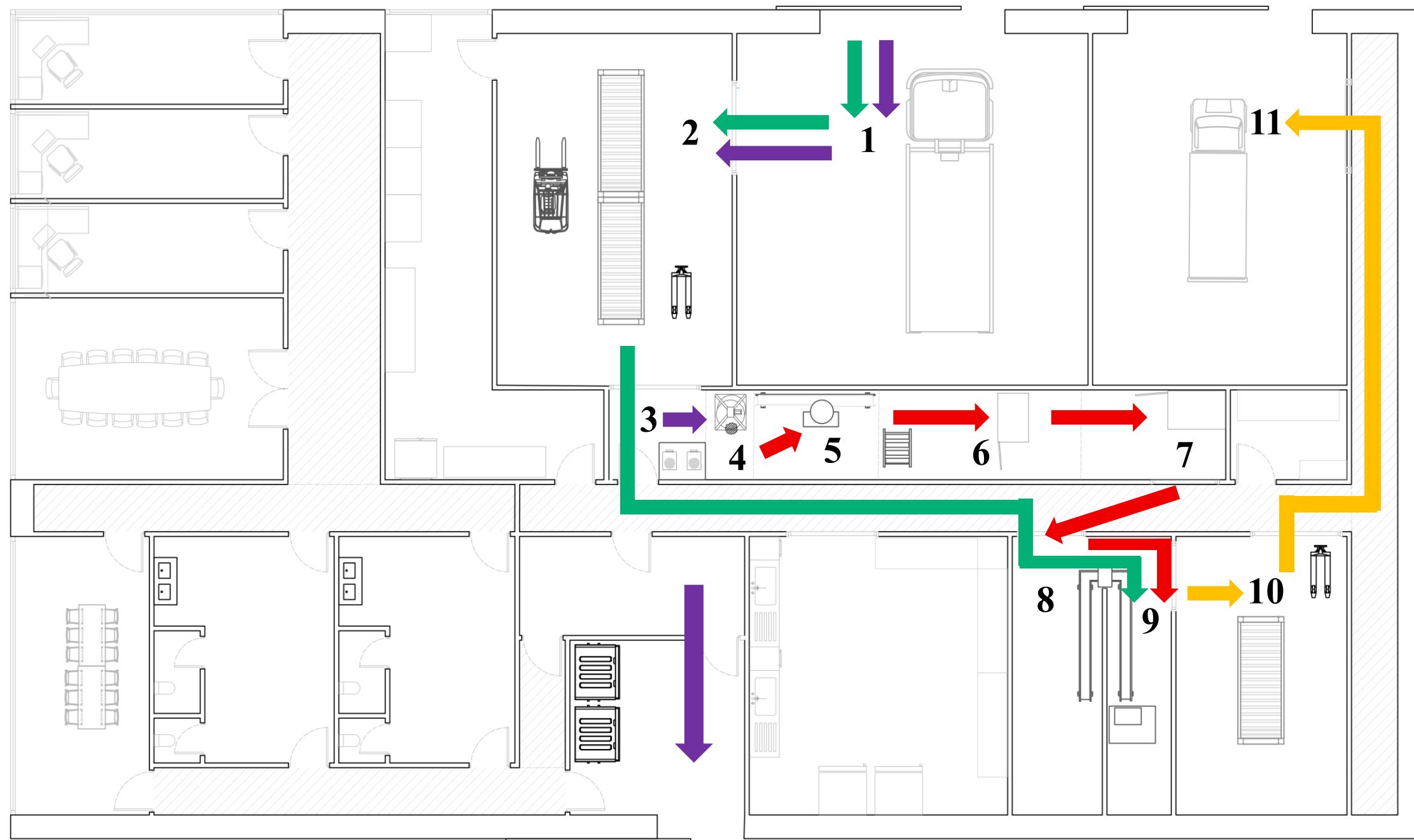
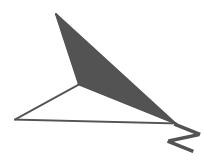
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS
AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

TITULACIÓN

ALUMNO/A: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

FECHA: 09/09/2025

FIRMA



LEYENDA

- 1) Recepción de materias primas y auxiliares.
- 2) Almacén de materias primas.
- 3) Pesado de ingredientes.
- 4) Mezclado-amasado.
- 5) Dosificación en moldes.
- 6) Fermentación.
- 7) Horneado.
- 8) Enfriado.
- 9) Envasado y etiquetado.
- 10) Almacén producto terminado.
- 11) Expedición.

- Flujo de materias primas
- Flujo de masa
- Flujo de materias auxiliares
- Flujo de producto terminado



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)



PROYECTO DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE PANES SIN GLUTEN MEDIANTE
EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DESTINADO AL
CONTROL DE CALIDAD DE MASAS Y HARINAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.
TÍTULO DEL PROYECTO

JOSÉ LUIS DE PABLO ALONSO

PROMOTOR

1:100

5

ESCALA

Nº PLANO

PLANTA: FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO

TÍTULO DEL PLANO

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS INDUSTRIAS
AGRARIAS Y ALIMENTARIAS
TITULACIÓN

ALUMNO/A: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

FECHA: 09/09/2025

FIRMA

DOCUMENTO III.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto.....	1
2. Condiciones Técnicas.....	1
2.1. Definición del protocolo.....	1
2.1.1.Equipo de análisis	1
2.1.2.Requisitos de instalación del equipo.....	1
2.1.3.Requisitos de operación.....	2
2.1.4.Parámetros de análisis.....	3
2.2. Descripción del producto	3
2.3. Descripción del proceso productivo.....	5
2.3.1.Integración del protocolo en el proceso productivo.....	6
2.4. Condiciones técnicas generales de la maquinaria para la producción	6
3. Condiciones Facultativas	6
3.1. El promotor	6
3.2. El proyectista	7
3.3. El Director Técnico del proyecto	7
3.4. Contratista.....	7
3.5. Entidades y laboratorios de control de calidad.....	7
4. Condiciones Económicas.....	7
5. Condiciones Legales.....	8
5.1. Normativa relativa a la producción de pan sin gluten que se pretende mejorar	8
5.2. Normativa relativa a la información transmitida a los consumidores	8
5.3. Normativa relativa a las materias primas	9
5.4. Normativa relativa a los aditivos alimentarios	9
5.5. Normativa relativa a la seguridad microbiológica e higiene del alimento.....	9
5.6. Normativa relativa a la seguridad e higiene en el trabajo.....	9

1. Objeto

En este documento se definen los requisitos fundamentales que regularán la incorporación y correcta aplicación del protocolo y equipo asociado para el análisis de harinas y masas sin gluten en la línea de producción de panes sin gluten diseñada.

El alcance del documento también incluye las condiciones legales que deberá cumplir la línea y el producto a fabricar con la finalidad de garantizar que todo el proceso cumple con la normativa alimentaria de calidad y laboral, desde la recepción de las materias primas hasta su expedición.

2. Condiciones Técnicas

2.1. Definición del protocolo

El protocolo desarrollado bajo el nombre técnico de “Ensayo Farinográfico para Masas Sin Gluten: Protocolo para cantidad de masa constante” (ver Anejo II. Desarrollo técnico del protocolo de análisis de masas sin gluten) se trata de un procedimiento analítico basado en el equipo llamado Farinógrafo, que tiene el objetivo principal de facilitar el proceso de producción de las industrias que elaboran pan sin gluten. Concretamente, este protocolo pretende ser una herramienta útil para obtener producciones homogéneas en lo que se refiere a volumen final de los panes sin gluten.

2.1.1. Equipo de análisis

El equipo de análisis que se empleará para la mejora del proceso productivo de elaboración de panecillos sin gluten es el Farinógrafo.

Se trata de un equipo diseñado para medir la resistencia al amasado de una masa expresada en Unidades Farinográficas (FU). Consta de una cuba amasadora, donde se introducirá la muestra a analizar, y unas palas amasadoras, que registrarán el esfuerzo requerido para mover la masa. A partir de esos datos durante el ensayo se irá construyendo una gráfica, llamada farinograma, que refleja el comportamiento reológico de la masa durante el amasado.

Para análisis de masas sin gluten, existe un accesorio que se coloca en la cuba amasadora y reduce el espacio permitiendo una mejor medida de este tipo de masas, por lo general con mayor contenido de agua.

2.1.2. Requisitos de instalación del equipo

El protocolo para mejorar la producción de panes sin gluten en la línea requiere de la instalación del Farinógrafo en el laboratorio. La instalación la deberá llevar a cabo un profesional autorizado de la misma empresa proveedora del equipo, en un lugar bajo condiciones ambientales controladas.

Los requisitos de instalación se detallan a continuación:

- Alimentación eléctrica: conexión a red de 230 V (50Hz).

- Potencia máxima absorbida: 1 kW.
- Consumo eléctrico 4,3 A.
- Toma a tierra obligatoria.
- Necesidades de espacio: las dimensiones del equipo son de 430x630x740 mm, pero se deberá reservar espacio para los equipos auxiliares de dosificación de agua automática y el termostato, por lo que en total se deberá disponer de, al menos, un espacio de 1.500x650 mm.
- Condiciones ambientales controladas: se trata de un equipo sensible a cambios bruscos en el ambiente, por lo que la instalación se deberá llevar a cabo en una zona libre de corrientes o cambios de temperatura, o, en lo posible, mantener unas condiciones adecuadas durante los análisis.

Una vez instalado, el equipo solo podrá ser utilizado por el personal que haya recibido una formación previa acerca de su uso y manipulación, ofrecida por la empresa del equipo.

2.1.3. Requisitos de operación

Durante el desarrollo de un ensayo, se deben cumplir una serie de requisitos para que el equipo funcione correctamente y proporcione resultados fiables y reproducibles:

- Temperatura: la temperatura de la masa influye en su comportamiento durante el amasado, por lo que se deberá fijar una temperatura de operación de 30°C.
- Entorno libre de vibraciones, que puedan influir en los resultados. Evitar asimismo corrientes de aire o cambios bruscos de temperatura que afectan al comportamiento de la masa y a la medición.
- Se deberán respetar las cantidades de masa indicadas en el protocolo, para no forzar el equipo y obtener resultados válidos.
- Cada muestra deberá analizarse al menos por duplicado.
- Los parámetros obtenidos de absorción de agua, consistencia máxima alcanzada y lotes de materias primas deberán ser registrados en las correspondientes fichas técnicas para asegurar la trazabilidad.

A mayores, después de cada ensayo y de acuerdo con el protocolo, se deberá llevar a cabo un mantenimiento preventivo, que incluye:

- La limpieza tras cada uso del equipo con utensilios no abrasivos.
- Engrase de la zona de unión de las palas tras cada uso.
- Revisión rutinaria del correcto funcionamiento tras cada jornada.
- Calibraciones cada 24 horas.

- Registros obligatorios asociados a la calibración, mantenimientos (reparaciones, sustituciones de piezas, ...) y registro de incidencias o desviaciones detectadas en el equipo.
- Revisión semestral del servicio técnico de la marca proveedora del equipo para revisar su estado y llevar a cabo una limpieza exhaustiva.

2.1.4. Parámetros de análisis

El parámetro para evaluar en el análisis será la consistencia máxima (FU) alcanzada por la muestra de masa para determinar la absorción de agua de la misma y ajustarla para obtener producciones homogéneas en cuanto al volumen del pan sin gluten.

Para los panecillos sin gluten que se van a producir en la nueva línea, los parámetros analíticos, establecidos mediante análisis previos (ver apartado 2 del Anejo II. Desarrollo técnico del protocolo de análisis de masas sin gluten), son los siguientes:

- Consistencia de referencia: 100 ± 5 FU
- Hidratación de referencia: 70%
- Duración de ensayo: 20 min
- Repeticiones mínimas por muestra: 1
- Frecuencia de ensayos: cada nuevo lote de harina que se reciba en la industria.

El procedimiento para el análisis será el especificado en el protocolo desarrollado (ver punto 3. Diseño del Protocolo de Análisis del Anejo. Desarrollo técnico del protocolo de análisis de masas sin gluten). De acuerdo con lo descrito en dicho protocolo, primero se deberá realizar un análisis con la misma hidratación que la masa de referencia, es decir, con un 70%. La masa de referencia es aquella con una hidratación con la cual se obtiene el rendimiento deseado. Si la masa analizada no alcanzara la consistencia máxima de 100 ± 5 FU, la hidratación de la masa se deberá corregir para alcanzar la consistencia máxima referencia.

Una vez alcanzada la consistencia de 100 ± 5 FU, se deberá realizar una repetición para confirmar la selección. Una vez confirmada, la hidratación se anotará en una ficha de registro, junto con el lote de la harina y, si alguna de las otras materias primas ha cambiado, también se deberá notificar.

Asimismo, el ensayo requerirá de un entorno limpio con temperatura estable, calibración y mantenimientos periódicos, suministro eléctrico... (ver punto 2.1.3. Requisitos de operación).

2.2. Descripción del producto

El protocolo diseñado en este proyecto permitirá mejorar la producción de panecillos sin gluten de 100 g, que deberán presentar las características que se definen a continuación.

Definición del producto

El producto elaborado se deberá comercializar bajo el nombre de “pan sin gluten de arroz y maíz” de acuerdo con el Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan.

Ingredientes

Los ingredientes por cada 100 g de pan se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Ingredientes por cada 100g de pan sin gluten.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Harina de arroz	34,97
Almidón de maíz	34,97
Aceite Refinado de Girasol	4,20
Azúcar Blanco	3,50
Levadura	2,10
HPMC K4M	1,40
Sal Yodada	1,40
Agua	48,95 ¹

Nota:

¹La cantidad de agua podrá ser ajustado siguiendo el protocolo de análisis de masas sin gluten con el Farinógrafo diseñado (ver Anejo II. Desarrollo Técnico del Protocolo de Análisis de Masas sin Gluten).

Fuente: Elaboración propia.

Los panes sin gluten, como se describe en la tabla anterior, estarán elaborados fundamentalmente de harina de arroz y almidón de maíz en unas proporciones 50:50, sobre la que se aplicarán el resto de los porcentajes de los ingredientes. Las materias primas empleadas en la elaboración del producto serán sometidas a controles para comprobar que cumplen unos estándares mínimos de calidad, entre los que se encuentra la verificación de ausencia de gluten. En caso de no cumplimiento, deberán ser devueltos inmediatamente al proveedor. Se dará preferencia a proveedores de la zona.

Parámetros fisicoquímicos del producto

Los panecillos sin gluten producidos en la nueva línea de producción de pan sin gluten deberán presentar las siguientes características fisicoquímicas (Tabla 9):

Tabla 9. Características fisicoquímicas de la unidad de panecillo sin gluten de 100 g.

Carácter	Valor
Largo (mm)	140
Ancho (mm)	120
Volumen (cm ³)	500
pH	5,0-6,0
Humedad (%)	35-40
Actividad del agua	0,94

Fuente: Elaboración propia.

Alumna: SILVIA DE PABLO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación: Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias.

Parámetros microbiológicos

El pan es un alimento que se considera que sale estéril del horno, por lo que no existe una legislación específica para este alimento. En general los parámetros microbiológicos del pan y sus ingredientes deberán cumplir lo establecido en la normativa vigente relativa a los criterios microbiológicos aplicables a productos alimenticios (ver punto 6. Condicionantes Legales).

Entre estas condiciones se debe destacar que deberán estar libre de cualquier microorganismo patógeno o de sus toxinas, parásitos e insectos.

2.3. Descripción del proceso productivo

El proceso de fabricación de los panes sin gluten, detallado en el Anejo IV, sigue el esquema de la Figura 2:

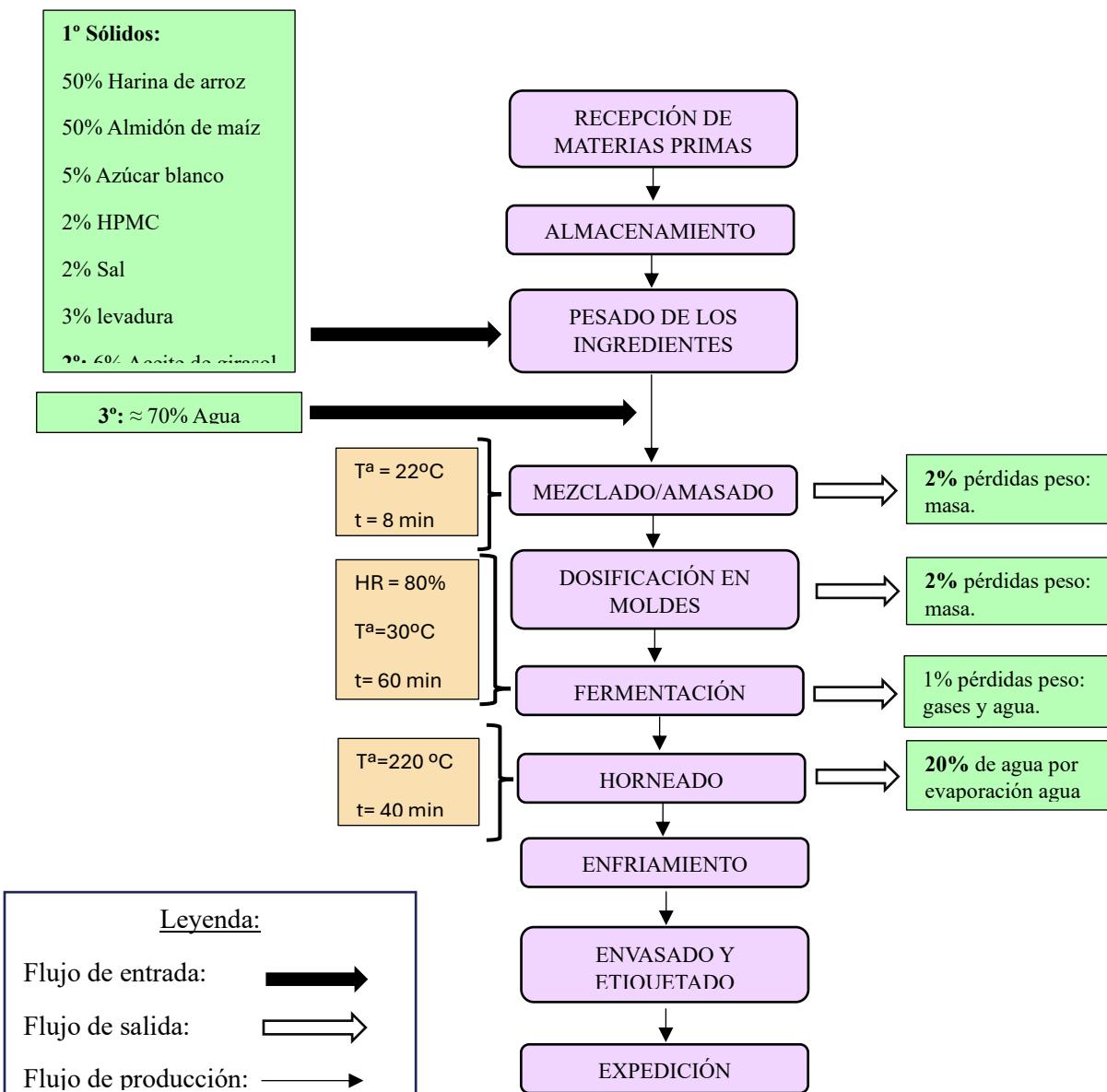


FIGURA 2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del pan sin gluten.

2.3.1. Integración del protocolo en el proceso productivo

El análisis con el Farinógrafo se deberá realizar antes de iniciar la fase de pesado y dosificación de los ingredientes donde se vaya a utilizar un lote nuevo de harina.

La forma de operar será la siguiente: cuando un lote nuevo ingrese en la planta, una vez se hayan realizado los controles y registros previos, el técnico de laboratorio cualificado deberá coger una muestra de aproximadamente 150-200 g de la harina o almidón nuevo y someterlo al análisis. El análisis se realizará con la formulación completa a excepción de la levadura, para evitar fermentaciones, por lo que se deberá poseer muestras de cada materia prima en el laboratorio. En caso de que el proveedor de alguno de los otros ingredientes cambie, el personal de laboratorio deberá asegurarse de realizar el análisis con la nueva materia prima.

Los resultados de hidratación de la masa deberán ser registrados en las correspondientes fichas y deberán ser entregadas a los operarios antes de la siguiente jornada de producción. Los operarios, en la puesta en marcha de la maquinaria, se encargarán de programar el dosificador con la cantidad de agua necesaria para el nuevo lote, obtenida en los análisis. Estos mismos deberán encargarse de modificar la programación de la dosificadora en caso de que durante la producción se utilicen nuevas materias primas. En caso de duda, el operario deberá consultar al técnico de laboratorio antes de comenzar la producción y si es necesaria, se deberá llevar a cabo un nuevo análisis farinográfico.

2.4. Condiciones técnicas generales de la maquinaria para la producción

Al igual que lo señalado para el Farinógrafo, la maquinaria necesaria, especificada en el Anejo IV. Ingeniería del Proyecto, que se empleará en el proceso productivo deberá ser instalada por las propias empresas proveedoras, de acuerdo con la distribución en planta indicado en el plano del Documento II. La instalación incluirá el transporte a la industria, colocación, montaje y puesta en marcha, además del suministro del material que se precise para el buen funcionamiento de cada equipo.

Además, la empresa proveedora deberá encargarse de otros servicios posventa como el mantenimiento mediante revisiones semestrales y reparaciones en caso de ser requeridas.

La maquinaria deberá tener garantía de al menos dos años, en los cuales la empresa proveedora deberá cubrir reparaciones o realizar cambios de las piezas que sean necesarias.

3. Condiciones Facultativas

3.1. El promotor

El promotor es la persona física o jurídica, pública o privada, que, de forma individual o colectiva decidirá, impulsará, programará y financiará, con recursos propios o ajenos, el proyecto. Será el encargado de fijar las necesidades y objetivos del proyecto, además de aportar los recursos económicos necesarios para que se pueda llevar a cabo la creación de la línea y la implantación del protocolo.

3.2. El proyectista

El proyectista es el agente responsable de redactar el proyecto por encargo del promotor. Será el encargado de llevar a cabo el diseño de la línea de producción y el desarrollo e implantación del protocolo de análisis, aportando ideas, soluciones técnicas y diseños para ser ejecutadas. Además, se deberá asegurar que el proyecto cumpla con los requisitos normativos, técnicos, higiénico-sanitarios y de seguridad alimentaria.

3.3. El Director Técnico del proyecto

Se trata de la persona física que recibe el encargo del promotor. Es el agente que formará parte de la dirección facultativa y dirigirá el desarrollo de los aspectos técnicos y normativos del proyecto, con el objetivo de asegurar su adecuación al fin propuesto. Deberá llevar a cabo las siguientes funciones:

- Asistir y supervisar las obras de instalación y puesta en marcha de los equipos, con el fin de dar indicaciones adicionales que permitan una correcta y eficiente ejecución técnica.
- Asegurar que se cumple con la normativa alimentaria, higiénico-sanitaria, de seguridad laboral e industrial.
- Coordinar los proveedores de equipos y maquinaria y validar que todo cumple con las especificaciones requeridas.
- Resolver posibles imprevistos o incidencias que puedan ocurrir durante la instalación o puesta en marcha de la línea.
- Emitir un informe certificando el final de la ejecución del proyecto.

3.4. Contratista

Es la persona, física o jurídica, que asume contractualmente el compromiso de ejecutar los trabajos necesarios para la instalación de los equipos, cumpliendo con las indicaciones de la dirección facultativa. En caso de incumplir las órdenes del Director se procederá al despido por incapacidad, insubordinación y mala fe, y se deberá sustituir en dichos empleados.

3.5. Entidades y laboratorios de control de calidad

Serán las entidades encargadas de realizar el control de calidad del proyecto y de sus instalaciones de acuerdo con la normativa aplicable de calidad y seguridad alimentaria. Además, en caso necesario, propondrá acciones correctivas de mejora para el cumplimiento normativo. Aportarán informes requeridos para la validación y legalización de la línea de producción.

4. Condiciones Económicas

Las condiciones económicas rigen las relaciones para realizar los pagos y cobros entre promotores y productores.

El promotor se encargará de la financiación del proyecto, mediante recursos propios o ajenos, pudiendo recurrir a subvenciones o aportes externos.

Para realizar los presupuestos y fijar los pagos se tendrán en cuenta el importe del montaje, instalación y puesta en marcha de los diferentes equipos empleados en la industria, además de los medios auxiliares requeridos en cada caso. También se tendrán en cuenta las formaciones destinadas para el uso y manipulación de los distintos equipos por parte de los operarios y técnicos de laboratorio.

Los productores o contratistas recibirán el importe de todos los trabajos ejecutados estipulados por el promotor, siempre y cuando estos hayan sido llevados a cabo siguiendo lo acordado en el proyecto. El pago se llevará a cabo mediante un anticipo inicial, que será entregado al productor o contratista al inicio del proyecto, para cubrir gastos de planificación y transporte de los equipos, y un pago final, que se llevará a cabo al verificar que el proyecto se ha ejecutado completamente de acuerdo con los criterios técnicos y normativos establecidos.

En caso de demora de los pagos, el contratista no podrá, en ningún caso, suspender trabajos ni reducir el ritmo de estos fuera del plazo establecido alegando el retraso de los pagos.

5. Condiciones Legales

Tanto la línea donde se implantará el nuevo protocolo de análisis para la mejora de la producción como el producto al que está destinado el protocolo deberá cumplir distintos aspectos legales regulados por la normativa que se detalla en este apartado.

5.1. Normativa relativa a la producción de pan sin gluten que se pretende mejorar

- Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español.
- Ley 17/2011, 5 de julio, de seguridad alimentaria y nutrición.
- Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria.
- Real Decreto 308/2019, de 16 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad del pan.
- Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo.

5.2. Normativa relativa a la información transmitida a los consumidores

- Real Decreto 126/2015, de 27 de febrero, por el que se aprueba la norma general relativa a la información alimentaria de los alimentos que se presenten sin envasar para la venta al consumidor final y a las colectividades, de los envasados en los lugares de venta a petición del comprador, y de los envasados por los titulares del comercio al por menor.
- Reglamento de Ejecución (UE) No 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014 relativo a los requisitos para la transmisión de información a los consumidores sobre la ausencia o la presencia reducida de gluten en los alimentos.

- Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

5.3. Normativa relativa a las materias primas

- Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales.

5.4. Normativa relativa a los aditivos alimentarios

- Reglamento (CE) nº 1331/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, por el que se establece un procedimiento de autorización común para los aditivos, las enzimas y los aromas alimentarios.
- Reglamento (CE) nº 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.

5.5. Normativa relativa a la seguridad microbiológica e higiene del alimento.

- Real Decreto 1086/2020, de 9 de diciembre, por el que se regulan y flexibilizan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones de la Unión Europea en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios y se regulan actividades excluidas de su ámbito de aplicación.
- Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
- Reglamento (CE) nº 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.

5.6. Normativa relativa a la seguridad e higiene en el trabajo

- Convenio Colectivo Sector de Panadería, Bollería y Pastelería de Segovia y Provincia 2021-2025.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.