

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Desarrollo de un producto de galletería alto en fibra, utilizando harina de pulpa de café Arábica (*Coffea arabica*) de la variedad Catuaí de la región de Chimaltenango, Guatemala”

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por Isabel McColaugh Archila para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencia de los Alimentos

Guatemala,

2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




“Desarrollo de un producto de galletería alto en fibra, utilizando harina de pulpa de café Arábica (*Coffea arabica*) de la variedad Catuai de la región de Chimaltenango, Guatemala”

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por Isabel McColaugh Archila para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencia de los Alimentos

Guatemala,

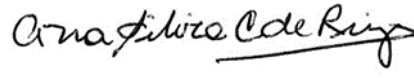
2023

Vo. Bo.


(f) 

MSc. Ana María Paz


Tribunal Examinador:

(f) 

MSc. Ana silvia Colmenares

(f) 

MSc. Ana Alicia Paz

(f) 

MSc. Ana María Paz

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 05 de diciembre de 2023

PREFACIO

Dedico este trabajo a mis papás Roberto y Danna por su apoyo incondicional, amor y sacrificios a lo largo de mi carrera universitaria y agradezco por brindarme las herramientas necesarias para poder concluir con mi carrera universitaria.

A mi hermana Natalia y hermano Santiago por su amor y apoyo cada día.

A mi novio Adrián, por su confianza y apoyo. A mis amigas Adriana, Elisa y cuñado Ricardo por sus ayuda y palabras de ánimo.

Agradezco a mi asesora Ana María Paz por su orientación, paciencia y ayuda a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A los catedráticos que me acompañaron a lo largo de los años y a lo largo del proceso de realización de este trabajo, así como a los miembros del CEAA por su ayuda y paciencia en las pruebas.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de sacar una carrera universitaria y por darme gracia y sabiduría a lo largo de este proceso.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Exportaciones y reconocimiento del café en Guatemala	3
B. Innovaciones en el uso de los subproductos del proceso del café	4
C. Contaminación proveniente del descarte de la pulpa	5
D. Uso de la pulpa para la producción de alimentos	7
E. Industria galletera y panadera	8
III. MARCO TEÓRICO	11
A. Café	11
1. Historia del café	11
2. Proceso de obtención de café	11
3. Desperdicio e impacto ambiental del proceso de café	13
4. Composición del fruto de café	13
B. Economía circular	14
1. Qué es	14
2. Tendencias	15
3. Impacto ambiental y económico	16
C. Productos de galletería	17
1. Galletas	17
2. Tipos de galletas y su valor nutricional	17
3. Ingredientes principales	18
4. Procesos	18
5. Tendencias de consumo	19
6. Tipos de empaques utilizados en galletas	19
7. Patrones de consumo alimentario	20
8. Problemas nutricionales en Guatemala	20
D. Desarrollo de productos alimenticios	21
1. Metodologías de innovación	21
2. Tipos de metodologías de innovación	21

E. Tipos de pruebas sensoriales	27
1. Pruebas de aceptación para productos alimenticios	27
2. Análisis estadístico ANOVA para la evaluación de los resultados	28
F. Método de Guerchet	28
G. Software CAD y Rhinoceros 3D	29
H. Viabilidad financiera y proceso industrial	29
1. Análisis de costos	29
2. Análisis VPN	29
3. Análisis TIR	30
IV. JUSTIFICACIÓN	31
V. OBJETIVOS	33
VI. METODOLOGÍA	35
A. Proceso de obtención de harina de pulpa de café	35
1. Recepción de la pulpa de café	35
2. Evaluación para evitar el pardeamiento de la pulpa	35
3. Deshidratación de la pulpa de café	35
4. Molienda de la pulpa deshidratada para la elaboración de la harina	36
B. Análisis varios	36
1. Humedad	36
2. pH	36
3. Color	36
4. Actividad de agua	37
5. Sólidos solubles	37
C. Caracterización proximal	40
1. Proteínas totales	40
2. Grasa	41
3. Fibra cruda	42
4. Fibra dietética	42
5. Cenizas	44
6. Carbohidratos	45
D. Metodología del desarrollo del producto	45
E. Evaluación sensorial	48
1. Prueba de aceptación	48

2. Análisis de los resultados obtenidos del panel sensorial	49
F. Etiquetado nutricional	49
G. Especificaciones del producto, materia prima y proceso	49
H. Análisis de estabilidad y vida útil	50
I. Viabilidad financieramente a escala industrial	50
J. Análisis económico	53
K. Análisis de sensibilidad – VPN	53
L. Análisis de sensibilidad – TIR	54
M. Período de recuperación de la inversión	54
N. Análisis de sensibilidad	54
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
VIII. CONCLUSIONES	96
IX. RECOMENDACIONES	98
X. BIBLIOGRAFÍA	100
XI. ANEXOS	110

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Demanda química de oxígeno y contenido de nitrógeno total de la pulpa fresca de Coffea arabica.....	5
Tabla 2: Demanda química de oxígeno y total de aguas residuales de despulpado de Coffea arabica.....	6
Tabla 3: Balance de energía de bioetanol a partir de la pulpa y mucílago por desmucilaginado mecánico del café	7
Tabla 4: Escala hedónica para la prueba de aceptación.....	28
Tabla 5: Datos para curva de calibración para la obtención de polifenoles	38
Tabla 6: Escala hedónica de 9 puntos para la evaluación sensorial	48
Tabla 7: Resultados del análisis de color para la harina de pulpa con distintos tratamientos. 58	
Tabla 8: Resultados del análisis de la pulpa y harina de pulpa en base húmeda.....	60
Tabla 9: Resultados proximales para la pulpa y harina en base húmeda	61
Tabla 10: Resultados obtenidos de la encuesta a clientes potenciales, en cuanto a las tendencias del consumo de galletas.....	62
Tabla 11: Porcentaje de resultados obtenidos en la encuesta de requerimientos	63
Tabla 12: Estudio de mercado de productos similares	65
Tabla 13: Resultados de las encuestas para ponderar la importancia de los requerimientos de acuerdo al consumidor.....	66
Tabla 14: Respuestas obtenidas en la encuesta a los grupos focales, en cuanto a la escala “Just about right”.	69
Tabla 15: Resultado ANOVA obtenidos de los grupos focales para la validación de la formulación final	71
Tabla 16: Matriz de evaluación para la elección de formulación final	72
Tabla 17: Formulación final pasada en el panel sensorial de las galletas a base de harina de pulpa de café.....	73
Tabla 18: Resultados obtenidos del análisis sensorial.....	75
Tabla 19: Características base húmeda de las galletas galletas con proporción 50/50 harina de trigo y harina de pulpa de café	76
Tabla 20: Características de las galletas	78
Tabla 21: Promedios de los resultados obtenidos en el análisis de vida útil.....	79

Tabla 22: Especificaciones para la extrapolación industrial	80
Tabla 23: Nivelación línea de producción.....	81
Tabla 24: Número de operarios necesarios	84
Tabla 25: Área requerida método Guerchet	85
Tabla 26: Área requerida para cuarto frío	87
Tabla 27: Área requerida para baños, lockers, comedor y área de limpieza y desinfección...	88
Tabla 28: Requerimientos generales para las áreas planteadas	91
Tabla 29: Análisis económico de la planta piloto propuesta para el desarrollo de galletas rellenas a base de harina de pulpa de café	92
Tabla 30: Resultados proximales para la pulpa y harina en base seca	110
Tabla 31: Datos obtenidos del análisis granulométrico de la harina de pulpa de café	110
Tabla 32: Preguntas realizadas en la encuesta a consumidores de galletas.....	111
Tabla 33: Preguntas realizadas en la encuesta de requerimientos en una galleta rellena.....	115
Tabla 34: Preguntas para determinar la importancia relativa de una galleta rellena a base de harina de pulpa de café, galletas rellenas marca Gullón y Tosh.....	116
Tabla 35: Iteraciones en las formulaciones de las galletas.....	118
Tabla 36: Iteraciones en las formulaciones de los rellenos	120
Tabla 37: Preguntas realizadas en la encuesta pasada a los grupos focales	120
Tabla 38: Comentarios de los grupos focales.....	121
Tabla 39: Encuesta utilizada para el panel sensorial de la muestra final	123
Tabla 40: Especificaciones del producto, materia prima y proceso	123
Tabla 41: Características proximales base seca de las galletas con proporción 50/50 harina de trigo y harina de pulpa de café	125
Tabla 42: Análisis proximal base seca de las galletas con proporción 50/50 harina de arroz y harina de pulpa de café	125
Tabla 43: Análisis proximal base húmeda de las galletas con proporción 50/50 harina de arroz y harina de pulpa de café	125
Tabla 44: Imágenes de la galleta a lo largo del proceso de vida útil.....	126
Tabla 45: Criterios establecidos para el cálculo de la elaboración de la planta industrial	126
Tabla 46: Demanda calculada a 10 años	127
Tabla 47: Porcentajes de rendimiento utilizados en los cálculos	127
Tabla 48: Tiempo de ciclo para el ensayo en la universidad.....	127
Tabla 49: Extrapolación de la receta a nivel industrial	128

Tabla 50: Dimensionamiento de equipos	129
Tabla 51: Dimensionamiento de maquinaria.....	129
Tabla 52: Dimensiones del área de almacenamiento de materia prima	130
Tabla 53: Dimensiones del área de almacenamiento de cartones de huevo	132
Tabla 54: Dimensiones de los equipos para área de baño, lockers, cafetería, oficinas y área de limpieza y desinfección	132
Tabla 55: Parámetros establecidos para el cálculo de la superficie total.....	133
Tabla 56: Operarios requeridos para los procesos.....	134
Tabla 57: Representación de los equipos y materiales en el croquis.....	136
Tabla 58: Costos de la materia prima utilizada	142
Tabla 59: Costos indirectos	143
Tabla 60: Cotización de equipos	144
Tabla 61: Cotización de equipos con impuestos en quetzales.....	145
Tabla 62: Inversión inicial.....	146
Tabla 63: Costo consumo energético	146
Tabla 64: Depreciación de los equipos principales	147
Tabla 65: Depreciación de los equipos secundarios.....	148
Tabla 66: Prestaciones salariales	148
Tabla 67: Estado de resultados año 1-5.....	149
Tabla 68: Estado de resultados año 6-10.....	150
Tabla 69: Flujo de efectivo año 0-5.....	151
Tabla 70: Flujo de efectivo año 6-10.....	151

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Destino de exportaciones de café, Guatemala 2022	3
Figura 2: Exportaciones según tipo de café, Guatemala 2022	4
Figura 3: Distribución histórica del café tipo Arábica	11
Figura 4: Composición del grano de café.....	14
Figura 5: Modelo de doble diamante.....	22
Figura 6: Pasos para el método <i>de Design Thinking</i>	24
Figura 7: Pasos para el método <i>de Lean Startup</i>	25
Figura 8: Ejemplo de una plantilla para la matriz ADL	26
Figura 9: Componentes para el método gráfico de la casa de calidad.....	27
Figura 10: Proceso de elaboración de harina de pulpa de café.....	57
Figura 11: Curva granulométrica de la harina de café.....	59
Figura 12: Resultados obtenidos de los grupos focales para la validación de la formulación final.....	70
Figura 13: Proceso de elaboración de las galletas	74
Figura 14: Etiquetado nutricional de las galletas	76
Figura 15: Nivelación de línea de acuerdo a equipo elegido.....	83
Figura 16: Croquis de la planta introducción de medidas y área de planta a software CAD..	90
Figura 17: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y consumo de galletas.....	112
Figura 18: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y frecuencia de consumo de galletas	113
Figura 19: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y categoría de galletas consumidas.....	113
Figura 20: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y tipo de galleta	114
Figura 21: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad e interés en galleta alta en fibra	114
Figura 22: Casa de calidad para la formulación de una galleta rellena a base de harina de pulpa de café.....	117
Figura 23: Escala <i>Just about right</i> utilizada	122
Figura 24: Porcentaje de preferencia según las muestras evaluadas	122

Figura 25: Croquis de la planta primera iteración de diseño utilizando Excel.....	135
Figura 26: Área de desinfección previa al ingreso de la planta.....	137
Figura 27: Área de producción vista en planta 1	137
Figura 28: : Área de congelamiento de la pulpa.....	138
Figura 29: Área de producción vista en planta 2	138
Figura 30: Área de producción vista en planta 3	139
Figura 31: Área de producción vista en planta 4	139
Figura 32: Área de producción vista en planta 5	140
Figura 33: Área de producción vista en planta 6	140
Figura 34: Área de almacenamiento del producto final	141
Figura 35: Área de almacenamiento de la materia prima.....	141
Figura 36: Vista de planta.....	142

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Piletas de lavado en la finca de Chimaltenango	152
Imagen 2: Pila de pulpa, luego del despulpado en húmedo	152
Imagen 3: Recolección de pulpa.....	153
Imagen 4: Lavado de pulpa	153
Imagen 5: Comparación de los procesos para evitar pardeamiento enzimático. (Control, ácido, escaldado)	154
Imagen 6: Proceso de deshidratación	154
Imagen 7: Pulpa deshidratada molida “Harina de pulpa de café”	155
Imagen 8: Análisis de polifenoles	155
Imagen 9: Análisis de cenizas	156
Imagen 10: Análisis de grasa.....	156
Imagen 11: Análisis de proteína	157
Imagen 12: Análisis de fibra dietética	157
Imagen 13: Análisis de fibra cruda.....	158
Imagen 14: Análisis de cafeína.....	158
Imagen 15: Competencia marca Tosh que se encuentra en el mercado con declaración “fuente de fibra”	159
Imagen 16: Competencia marca Gullón que se encuentra en el mercado con declaración “ato en fibra”	159
Imagen 17: <i>Grupo focal</i> para la validación de la formulación	160
Imagen 18: Galleta con proporción 50% harina de arroz y 50% harina de pulpa.....	160
Imagen 19: Galleta con proporción 50% harina de arroz y 50% harina de pulpa.....	161
Imagen 20: Panel sensorial.....	161
Imagen 21: Producto final	162

RESUMEN

Actualmente en Guatemala, la práctica más común con respecto a la pulpa subproducto del proceso de producción de café es el descarte. Su acumulación y forma de desecho permite que la materia llegue a cuerpos de agua subterráneos, disminuyendo la disponibilidad de oxígeno debido a su alta demanda, e incrementando la contaminación del suelo por la nitrificación. En línea con la economía circular, al aprovechar este desecho y darle un segundo uso, se está maximizando los beneficios de esta materia y reduciendo su impacto ambiental.

El objetivo del estudio fue desarrollar un producto de galletería alto en fibra, utilizando harina de pulpa de café arábica (*Coffea arabica*) de la variedad Catuaí de la región de Chimaltenango, Guatemala. Para ello, se llevó a cabo la validación de un proceso ya establecido para la obtención de la harina, y su evaluación proximal. También se detalló la metodología seguida para el desarrollo de las galletas, sus análisis proximales respectivos, preguntas para encuestas, y análisis estadísticos aplicados a resultados de paneles sensoriales, con el fin de determinar la aceptación de las galletas por parte de los consumidores. Así mismo, se planteó una propuesta del diseño de una planta a nivel industrial para el proceso y se realizó el análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

Se obtuvo una galleta con 7 gramos de fibra por porción, con un nivel de aceptación por encima de los 7 puntos establecidos y una tasa interna de retorno de 57.90 %, recuperando la inversión en 2 años.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, se ha observado un aumento en el ritmo de consumo de materias primas, poniendo en riesgo la capacidad del planeta si no hay cambios en los patrones de producción y consumo lineal. Debido a esto, el término economía circular (EC) ha tenido mayor resonancia ya que presenta una alternativa al actual modelo lineal de producción a una producción cíclica, prolongando así el ciclo de vida de los productos. Esto con el objetivo de mantener un equilibrio entre el progreso y la sostenibilidad, utilizando materias primas, productos de descartes y demás para producir, consumir, reutilizar, reducir, reciclar (Sandoval, 2017).

Con relación al proceso del café, un ámbito en donde la EC cobra relevancia es en la etapa del despulpado. Es una de las etapas de mayor generación de residuos sólidos, la cual contribuye a un 75% de contaminación potencial que se puede producir en un beneficio de café. El descarte de la pulpa de café altera las condiciones de los cuerpos de tierra a los cuales se deposita, dañando así el equilibrio de los ecosistemas y sumando a la contaminación (López, 2020). En Guatemala existe el Acuerdo Ministerial No. 314-2018, el cual sirve como referente técnico para el desarrollo de productos con relación a las etapas del proceso del beneficiado húmedo o seco. En él, se establecen usos posibles para la pulpa de café como abono orgánico, producción de hongos comestibles, generación de energía hidroeléctrica, entre otros (Anacafé, 2019).

Este trabajo trata sobre un uso alternativo sostenible para el aprovechamiento de la pulpa de café, transformando un desecho contaminante en un producto apto para el consumo humano. Se propone la transformación de la pulpa de café, uno de los subproductos más abundantes en los beneficios de café, en harina destinada a la formulación de una galleta rellena con alto contenido en fibra, debido a la composición beneficiosa de la pulpa.

En la sección de antecedentes se abordan estudios previos en torno al tema del café, sus exportaciones, las innovaciones en el uso de los subproductos, la contaminación debido al

descarte de la pulpa, el mercado de galletas y el consumo de fibra actualmente. En la sección del marco teórico se aborda la teoría relevante que ayudará al lector a comprender términos y metodologías a lo largo de la lectura del documento. En la justificación y objetivos se describe el porqué se plantea una propuesta de desarrollo de un producto de galletería alto fibra como valor agregado, utilizando harina de pulpa de café como materia prima y los objetivos que se deseaban alcanzar al final del desarrollo del proyecto.

La sección de metodología describe detalladamente el proceso de obtención de la harina, los análisis realizados para la caracterización proximal de la harina, pulpa y producto final, la metodología de casa de calidad utilizada para el desarrollo del producto, la evaluación sensorial y estadística llevada a cabo en esta, la viabilidad económica del proyecto y la propuesta de una planta piloto para la producción de las galletas, buscando la implementación de la economía circular con dicho subproducto. Se proporcionan los resultados obtenidos a lo largo de cada etapa de este proyecto, así como la discusión de cada uno de ellos, con respaldo bibliográfico. Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegaron luego del desarrollo del proyecto, las recomendaciones para la mejora de la metodología utilizada y para siguientes investigadores, también se proporcionan las referencias utilizadas para la elaboración del estudio. Por último, en la sección de anexos, se detallan tablas con datos e imágenes del proceso.

II. ANTECEDENTES

A. Exportaciones y reconocimiento del café en Guatemala

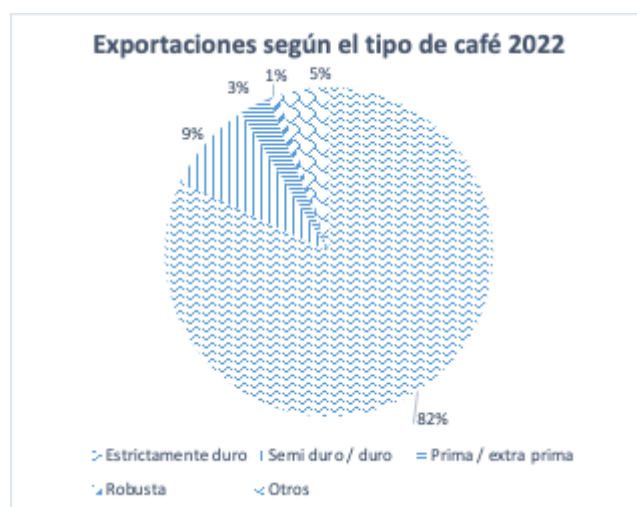
El café es un producto reconocido mundialmente, cuya industria corresponde a un consumo de 170.3 mil sacos de 60 kg anuales (Orús, 2022). El informe de la Asociación Nacional del Café de Guatemala para el 2022, indicó que la industria cafetalera representa de 3 a 3.5 % del PIB nacional, con una cobertura de cultivos de 60 % del suelo y aproximadamente 305 mil hectáreas. La caficultura ha crecido en exportaciones en los últimos tres años, con 4.33 millones de quintales, valorándose en \$1,136.18 millones para 2022. Es el tercer producto exportado en el país y está posicionado como el noveno país exportador de café en el mercado internacional. Los principales destinos de exportación se describen en la Figura 1 y la exportación por tipo se ilustra en la Figura 2 (Anacafé, 2022).

Figura 1: Destino de exportaciones de café, Guatemala 2022



Fuente: Elaboración propia con información de Anacafé, 2022

Figura 2: Exportaciones según tipo de café, Guatemala 2022



Fuente: Elaboración propia con información de Anacafé, 2022

El 17 de agosto de 2018, se publicó el Acuerdo Ministerial 606 – 2018, el cual establece que los Conocimientos Tradicionales de la Caficultura son un símbolo de identidad de los guatemaltecos y los cataloga como importantes para el desarrollo social, cultural y económico de la población en Guatemala. Su reconocimiento internacional se debe a que el café guatemalteco se diferencia de productos de otros países por la calidad del grano y prácticas como la siembra bajo sombra y cosecha manual, las cuales brindan un valor agregado en su producción (Anacafé, 2022).

B. Innovaciones en el uso de los subproductos del proceso del café

Debido al crecimiento en su producción y tecnología utilizada en la industria, las innovaciones en alternativas de uso de sus subproductos, mejora de eficiencia en el proceso, entre otros, se han dado en muchos países productores. Esto contribuye a una economía circular en la producción del café, la cual consiste en la utilización de recursos y subproductos en el mismo proceso o en procesos paralelos al procesamiento del café. Este modelo permite disminuir el desecho y aprovechar las características de las materias buscando reciclar, reutilizar y reinventar. Por ejemplo, en algunas cosechas, la pulpa es utilizada como abono de las mismas plantaciones de café, así como alimento para animales en granjas porcinas, fuente de bioetanol y biogás, entre otros. Por otro lado, la cascarilla proveniente del proceso de trillado

del grano se utiliza en hornos de secado e incluso para la fabricación de instrumentos como vasos y tazas, para minimizar el uso de polímeros sintéticos (Laranjeira, 2020).

C. Contaminación proveniente del descarte de la pulpa

En Guatemala, la práctica más común con respecto a los subproductos del proceso de producción de café es el descarte de estos, entre ellos la pulpa del fruto. Luego del despulpado, la pulpa se aglomera en pilas que son enterradas y llegan a cuerpos de agua subterráneos, que luego resurgen en la superficie. En su mayoría, es una materia que se descarta en cuerpos de agua como ríos o lagos, en donde contaminan de igual manera. Dicha contaminación se da por la demanda alta de oxígeno de la pulpa, dado que es un material orgánico degradable. Esta alta demanda causa eutrofización en cuerpos de agua, lo cual impide el crecimiento normal de flora y fauna marina, al acaparar el oxígeno destinado a este propósito. Según el estudio de PING, la demanda química de oxígeno de pulpa al 78 % m/m de humedad resultó en 84.8 gramos de O₂ por cada kg de café en cereza. Así mismo, se evaluó el contenido de nitrógeno equivalente a 1.67 % m/m, representando 1388 mg de nitrógeno por cada kg de café en cereza. Este componente contribuye a la contaminación del suelo por la nitrificación, que es la formación de óxidos nítricos y generación de gases de efecto invernadero (Fernández, 2020). La tabla 1 muestra los valores de demanda química de oxígeno y contenido de nitrógeno para la pulpa, mucílago fermentado y aguas residuales, subproductos del procesamiento del café (Zambrano, 1998).

Tabla 1: Demanda química de oxígeno y contenido de nitrógeno total de la pulpa fresca de Coffea arabica

Parámetro	Humedad (%)	MS (g/kg CC)	DQOt/MS (*)	Nt x 100/MS (%)
Promedio	78.0	83.1	1.02	1.67
Número de muestras	5	5	4	3
C.V.	6.0	1.5	2.9	9.1
* Adimensional, MS = materia seca, DQOt = demanda química de oxígeno total, Nt = nitrógeno total				

Fuente: Elaboración propia con información de Zambrano, 1998

Tabla 2: Demanda química de oxígeno y total de aguas residuales de despulpado de Coffea arabica

Parámetro	DQOt (ppm)	DQOf x 100/ DQOt (%)	DQOt/Nt (*)	Nf x 100/Nt (%)
Promedio	32.459	91.100	63.200	94.400
Número de muestras	8	8	3	3
C.V.	7.8	4.0	7.4	2.9
* Adimensional, DQOt = demanda química de oxígeno total, DQOf = demanda química de oxígeno filtrada, Nt = nitrógeno total, Nf = nitrógeno filtrado				

Fuente: Elaboración propia con información de Zambrano, 1998

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia publicó un estudio acerca del aprovechamiento de los subproductos del café, para su uso alternativo al desecho. La pulpa de café, resultante del despulpado del grano, puede ser utilizada como combustible, ya que cuenta con un poder calorífico de 15.88 MJ/ kg de pulpa seca; también en la producción de biogás en plantas generadoras con biodigestores, con rendimientos de 25 litros de biogás por kg de pulpa fresca. Así mismo, el mucílago del café, que se obtiene luego de la fermentación, puede utilizarse para la producción de biogás, con rendimiento energético aproximado de 2 MJ por cada kg de mucílago. También puede ser utilizado en la producción de etanol con el cual se logra un volumen de 58.37 ml por cada kg de materia. La cascarilla proveniente del proceso de trillado, y debido a su alta capacidad calorífica, 17.9 MJ/kg, puede ser utilizada como combustible. Posterior al tostado y molienda de los granos, la “shinga” de café, que es el sólido que queda luego de la extracción para la producción de la bebida, puede ser usada para la producción de biogás, bioetanol y como fuente de combustión, con poder calorífico de 29.01 MJ/kg de sólido seco. A continuación, se presenta una tabla con los datos de balance energético de la pulpa y mucílago como subproductos del café (Rodríguez, 2013).

Tabla 3: Balance de energía de bioetanol a partir de la pulpa y mucílago por desmucilaginado mecánico del café

Balance de energía de bioetanol		Mucílago con 0.6 L de agua/kg c.p.s (25L)	Mucílago sin agua (17L)	Jugo de pulpa prensada a 25 KN (21L)	Pulpa de café (40L) (30kg)	
Rendimiento etanol (L/t de subproducto)		40	58	47	25	
Energía (MJ)	Gastada	Agrícola	0.879	1.700	5.802	5.802
		Industrial	25.390	17.509	21.328	40.624
	Producida	Etanol	21.080	21.080	21.080	21.080
		Residuo	10.735V	10.735V	17.297V	21.113V 16.200P
Energía neta producida (MJ)		5.546	12.606	11.247	14.233 11.967	
E. generada / E. consumida		Sin residuos	0.800	1.100	0.780	0.450
		Con residuos	1.210	1.660	1.410	0.910 1.260
Los valores entre paréntesis se refieren al volumen necesario para obtener 1L de etanol. V = energía adicional proveniente de la fermentación anaeróbica; P = energía adicional proveniente de la fermentación anaeróbica de la pulpa de café prensada.						

Fuente: Elaboración propia con información de Rodríguez, 2013

D. Uso de la pulpa para la producción de alimentos

En Washington, EEUU, The Coffee Cherry Company se dedica a la utilización de la pulpa de café, proveniente del beneficio del grano, como materia prima para la producción de bienes alimenticios. El objetivo del negocio es brindar herramientas innovadoras y un ingreso económico extra para los caficultores, por medio de recetas en las cuales se emplea el

subproducto en alguna proporción. Es una corporación certificada tipo B, lo cual indica que cuenta con estándares altos de rendimiento y beneficios para sus trabajadores. Según datos de la empresa, aproximadamente 46 billones de libras de pulpa son obtenidas del procesamiento del fruto de cafetales (The Coffee Cherry Co., 2023). Otros estudios se han hecho para investigar la utilización de la pulpa como materia prima para la producción de harina y formulación de productos como pan y galletas. (García, 2019)

E. Industria galletera y panadera

En el 2018, el Ministerio de Economía de Guatemala publicó un informe en el cual se detalla la situación de la industria de galletas dulces en el país. Para ese año, el consumo de galletas en la nación ascendía a 51,000 toneladas anuales, representando ventas de 2,503.8 millones de quetzales. Las exportaciones e importaciones de galletas, con relación al año anterior, aumentaron en 11 y 3 %, respectivamente, lo cual indica un crecimiento en el consumo del producto. Adicionalmente, el informe indicó la presencia de galletas con beneficios para la salud del consumidor como por ejemplo productos sin gluten, sin azúcar, integrales, entre otros, el cual sigue siendo una rama del mercado en desarrollo (Unidad de Inteligencia de Mercados, 2018).

Según cifras del Departamento de Inteligencia Comercial de Centroamérica, la industria de panadería y galletería ha demostrado un alza de 30 % en ventas, en el año 2022. Se indica que Guatemala es el país con mayores importaciones en la región (\$66 millones), seguido de Honduras (\$54.8 millones). Estos datos indican un crecimiento en la industria mencionada y aumento del consumo de productos como pan y galletas de diferentes tipos y formulaciones (CentralAmericanData, 2021).

En el libro *Dietary Fibers* se describe el uso de frutas y vegetales como fuente para alcanzar los niveles diarios requeridos de fibra dietética. Según el Instituto de Medicina, el consumo recomendado de fibra es de 25 a 38 gramos diarios, para personas menores de 50 años. En el texto se concluye que las frutas y vegetales son alimentos de alta disponibilidad y accesibilidad para el ser humano. Adicionalmente, el consumo de estos proporciona una fuente extra de fibra y disminuye o elimina el riesgo de varias enfermedades como problemas

gastrointestinales y cardiovasculares, obesidad, diabetes, entre otros (Adegbaju, Otunola & Afolayan, 2022).

La Universidad Nacional Toribio Rodríguez en Perú publicó una investigación realizada por Ermila Rojas, que se basó en el desarrollo de galletas altas en fibra a partir de residuos del procesamiento de café y cacao. En este caso, el subproducto que se aprovechó del beneficiado del café y cacao fue la cascarilla obtenida del proceso de trillado, posterior al secado del grano. Se utilizaron los subproductos mencionados en proporciones determinadas en la formulación de las galletas, de las cuales obtuvieron puntajes de aceptación superiores a tres puntos en escala de uno a cinco, aquellas que contenían hasta 16 % de cascarilla de café o cacao. En el estudio se concluyó que el contenido de fibra aumentó en las galletas por la presencia de los ingredientes utilizados, siendo la cascarilla de café una mayor fuente (35.4 ± 0.24 %) que la cascarilla de cacao (30.0 ± 0.45 %). Se concluyó que la adición de estas materias primas en la formulación de alimentos es funcional para el aumento de fibra presente (Rojas, 2022).

III. MARCO TEÓRICO

A. Café

1. Historia del café

El café como producto alimenticio surgió en el siglo XI, en la región de Kaffa, Etiopía. La leyenda que lo popularizó como fuente de energía cuenta que un miembro de la tribu Kaldi notó que las cabras comían frutos de un árbol de tamaño pequeño. Después de esto, se dio cuenta que los animales tenían más energía. El consumo del café se fue extendiendo a varias regiones iniciando por la Península Arábiga en el siglo XV, Egipto y sus alrededores en el siglo XVI, hasta llegar a Europa en el siglo XVII. Su llegada a América se dio cuando parte de una plantación perteneciente al Rey Luis XIV fue transportada al nuevo continente. Luego de esto, el café ganó popularidad entre los americanos, posicionándose a lo largo de los años como uno de los cultivos de consumo masivo y de más alta exportación en el mundo (International Coffee Organization, 2023).

Figura 3: Distribución histórica del café tipo Arábica



Fuente: Charles, 2013

2. Proceso de obtención de café

La planta de la cual se obtiene el café se llama cafeto. Según la región en la que se encuentre, la época de cosecha varía, pero el proceso es similar. Inicialmente, la cosecha del fruto se da con la maduración de la cereza, la cual toma tonos rojos y corintos profundos. Al ser colectados, los frutos se transportan al beneficio. Este proceso es el que convierte el fruto

en un grano de café listo para ser trillado y tostado. El beneficiado se da por dos vías: la húmeda, que utiliza agua y comprende las etapas de separación, despulpado, lavado, fermentación. En la vía seca no se utiliza agua y las etapas que conlleva son el secado del fruto y trillado del mismo (International Coffee Organization, 2023).

En un proceso de beneficio húmedo, el primer paso en el proceso es la separación de los granos con agua, en la cual se separan los granos aptos para su consumo y aquellos que no lo son, por diferencia de peso. Seguidamente, se da el despulpado de los granos también con agua y se lleva a cabo en equipos llamados despulpadoras. Esta maquinaria funciona por medio de rozamiento y fricción, quitando la cobertura de los granos y separando en diferentes cámaras la descarga de producto (granos con mucílago) y subproducto (pulpa). Posteriormente, en una criba rotatoria los granos con mucílago son separados de pulpa o materiales como ramas y demás, que pueden encontrarse en el proceso. El transporte con agua de estos granos se da hasta piletas de fermentación en las cuales permanecen los lotes por varios días, según las condiciones climáticas y estándares del beneficio. Durante esta fermentación aeróbica, se separa el mucílago del grano y posteriormente se lava el producto (International Coffee Organization, 2023).

Los granos lavados son llevados a patios de secado natural u hornos rotatorios de secado, proceso del beneficio seco. En estos procesos se reduce la humedad del grano, llegando a un 11 % m/m, establecido y recomendado por la Organización Internacional de Café. El producto obtenido del proceso de secado se conoce como café pergamino, ya que solamente cuenta con esta última cobertura. Luego del secado, los granos son transportados a la etapa de trillado, en la cual se elimina la cascarilla (pergamino) del grano por medio de maquinaria que funciona con fricción y rozamiento de piezas. El producto resultante de este proceso se conoce como café oro. Comúnmente, es en este estado en el cual el café es exportado. Seguidamente, se da el tostado de los granos. En esta etapa se define el sabor final de cada lote, según el tipo de grano y el tiempo de residencia dentro de la tostadora. Al tostar los granos se obtiene su color comercial, tonos color café que varían de intensidad según los factores mencionados con anterioridad. La molienda del grano se da en equipo casero o industrial, según sea el caso. En este proceso se obtiene el sólido con el cual se lleva a cabo la extracción con agua caliente para la obtención de la bebida final (International Coffee Organization, 2023).

Dentro del proceso de producción surgen subproductos, según la etapa en la que se encuentren. En la separación de los frutos cereza, los flotes son aquellos frutos que no cuentan con características adecuadas para hundirse en el agua, de ahí el nombre que se les da. Estos granos son posteriormente utilizados para café instantáneo u otros productos de menor calidad. En la etapa de despulpado, se quita la pulpa del fruto y se separa del proceso. Esta pulpa es un tipo de cobertura del grano que contiene minerales y características nutricionales. Comúnmente, es desechada en cuerpos de agua o utilizada como abono en las mismas plantaciones. La denominada aguamiel es la mezcla del agua de desecho del proceso de lavado del mucílago junto con este último, la cual es comúnmente dirigida a la tierra o cuerpos más grandes de agua. Este subproducto, de ser tratado correctamente, puede ser utilizado como fuente de bioetanol. Posterior al proceso de secado, los granos pasan a ser trillados y la cascarilla eliminada tiene un alto poder calorífico y puede ser utilizado como biomasa para combustión en los hornos de secado de los granos o demás aplicaciones similares. Comúnmente, el subproducto es desechado y en algunos casos se utiliza como biomasa. El sólido obtenido como subproducto de la extracción del café con agua se conoce como “shinga” de café, y también es desechado. Esta puede ser utilizada para la elaboración de café instantáneo y como producto cosmético por sus características fisicoquímicas (Gómez, 2020).

3. Desperdicio e impacto ambiental del proceso de café

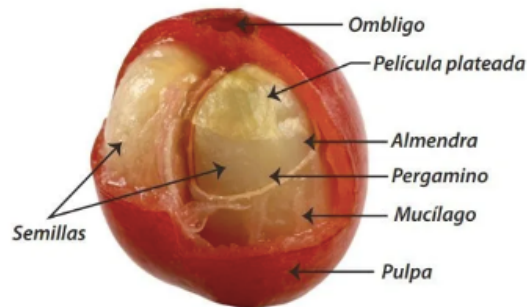
El desecho de los subproductos mencionados anteriormente es una práctica común en Guatemala, y no se aprovechan las características de cada uno. Este desperdicio conlleva contaminación del ambiente debido a la alta demanda química de oxígeno de los restos orgánicos, así como la acumulación de materia que se degrada rápidamente y descarga gases en el proceso. La demanda química de oxígeno indica la cantidad necesaria para su oxidación, tomando el oxígeno disponible para el crecimiento de flora y fauna del lugar, disminuyendo esta disponibilidad. Esto afecta los ecosistemas en los cuerpos de agua, en la merma de su flora y fauna por la falta de oxígeno disponible para su desarrollo y crecimiento (Labomersa, 2022).

4. Composición del fruto de café

La pulpa es el subproducto más abundante en el procesamiento del fruto de café, ya que representa aproximadamente un 43 % del peso del grano, en base húmeda. Esto quiere decir que, durante el proceso de despulpado de los granos, casi la mitad de materia cosechada e

ingresada al beneficiado es desechada como pulpa. En la figura a continuación, se detallan las partes de un grano de café.

Figura 4: Composición del grano de café



Fuente: Business and coffee, 2020

Como se observa en la Figura 4, la pulpa es el nombre común que se le da a la cobertura del fruto y es la capa más externa del grano. Está compuesta de varias capas conocidas como epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Esta cobertura contiene nutrientes y características que pueden ser aprovechadas, para el consumo humano (Vanegas, 2016).

B. Economía circular

1. Qué es

La economía circular es un modelo de producción que tiene como objetivo lograr los objetivos económicos de la organización, tomando en cuenta también la protección del medio ambiente y prevención de contaminación, para facilitar el desarrollo sostenible. En esta metodología se logra el uso eficiente de recursos, el aprovechamiento de subproductos y residuos, así como la reducción de desechos y mermas innecesarias. El nombre de economía circular surge de la idea de maximizar los beneficios de las mismas materias primas, recursos, subproductos, desechos, etc. (Repsol, 2023).

Los métodos aplicables para emplear la economía circular, llamados los principios de la economía circular son las 7R: rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, reciclar y recuperar. El primer principio, rediseñar, se basa en adecuar un proceso de producción de un bien de manera que se disminuya el uso de materias primas, así como la generación de residuos y lograr que esos desechos sean reciclables. El segundo, reducir, se trata de cambiar los

consumos teniendo en cuenta la disminución del gasto en materias primas. En tercer lugar, reutilizar se concentra en adecuar etapas o todo el proceso para lograr utilizar de nuevo los productos, recursos, materias primas y subproductos en la misma producción. El principio de reparar se basa en evitar pensar en reemplazar los productos y enfocarse en repararlos para evitar el uso de nuevas materias primas, energía, generación de desechos y demás. Renovar se centra también en evitar pensar en reemplazar los productos y enfocarse en modificar y actualizar los productos para darles más uso. El principio de reciclaje se basa en lograr una correcta y eficiente gestión de residuos y utilizar los mismos productos, desechos o subproductos que sean posibles para la producción de otros bienes. Por último, el principio de recuperar se basa en utilizar productos que serían descartables, para la fabricación de nuevos objetos (Repsol, 2023).

Los beneficios de la economía circular aumentan a medida que se populariza el concepto y metodología. Entre estos se encuentran la protección del ambiente, por medio de la reducción del uso de recursos naturales y generación de contaminantes. También aumenta la economía local, ya que el enfoque de utilizar materiales del mismo proceso para otra producción permite aumentar los ingresos y disminuir los costos de los negocios. Por último, aumenta la independencia de recursos y materias primas, ya que se centra en eficientemente reutilizar, renovar, y demás, los materiales con los que se cuenta en la producción (Repsol, 2023).

2. Tendencias

A medida que la práctica de la economía circular aumenta y se populariza, las tendencias de esta se distinguen y categorizan. Las principales tendencias son:

- Conversión de residuos en recursos
 - o Esta tendencia incurre en la conversión de los residuos a energía, así como el reciclaje de estos para la producción de nuevas prendas. De esta manera se devuelve el residuo al ciclo manteniendo su valor (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Reutilizar
 - o Esta es una de las principales tendencias y permite reducir el desperdicio y disminuir el uso de nueva materia prima (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Internet de los residuos

- De la mano de la tecnología, se están desarrollando gestiones de residuos inteligentes, volviendo eficiente la recolección de basura (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Inteligencia artificial
 - Esta tendencia permite clasificar los elementos de acuerdo con su material, lo que permite la separación de los residuos (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Materiales de base biológica
 - Los materiales de base biológica son altamente utilizados para la producción de envases sostenibles lo cual reduce la huella de carbono (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Remanufactura
 - Con ayuda de tecnologías como la deposición de materiales por láser, se logra reconstruir un producto y adicionarle funciones, reduciendo la huella de carbono y la inversión de capital (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Blockchain
 - Tendencia emergente que permite la trazabilidad e incentiva la economía circular (Repsol, 2023), (Expok, 2022).
- Reparación
 - Al igual que la remanufactura y la reutilización, tiene como objetivo devolver parte de los residuos al ciclo, permitiendo a empresas la reducción de su huella de carbono y el ahorro de materia prima (Repsol, 2023), (Expok, 2022).

Al momento de tomar un subproducto del proceso de café y utilizarlo en la elaboración de un producto alimenticio, se ponen en práctica la tendencia de conversión de residuos en recursos ya que se está convirtiendo un residuo del proceso en un nuevo producto, dando a los cafetaleros una idea de obtención de ingresos a través de materia que no por lo general se descarta.

3. Impacto ambiental y económico

Como se ha descrito anteriormente, emplear la metodología de economía circular conlleva beneficios tanto para el cliente como para el productor y el bien que se fabrica. También se cuenta con impactos positivos a nivel ambiental como la disminución de desechos

y contaminación por estos desechos sin utilizar. Al usar eficientemente los recursos naturales, se reduce la necesidad de contar con más materias primas, lo cual evita la explotación de estos, específicamente los recursos no renovables. La contaminación del ambiente por desechos disminuye ya que con esta metodología se procura utilizar la mayor cantidad de desechos y subproductos como recurso dentro del mismo proceso o materia prima para otros procesos de producción. Esto evita la generación de residuos y la necesidad de tratamiento de estos. Los beneficios ambientales se obtienen de la correcta implementación de las metodologías o principios de la economía circular (Zacarías, 2018).

De la misma manera, los beneficios económicos del productor y del cliente van de la mano con los principios descritos. La reducción de uso de materias primas repercute en los costos de fabricación, así como la reutilización y aprovechamiento de subproductos en el proceso. El uso de desechos como materia prima en otras producciones también benefician económicamente, ya que constituyen la base de una innovación remunerada con la cual no se contaba anteriormente. El aumento de reutilización de recursos y líneas de producción se refleja en el crecimiento de empleos e independencia de los productores a los recursos naturales (Albaladejo, 2021).

C. Productos de galletería

1. Galletas

Según la Real Academia Española, las galletas son una masa dura hecha de harina, azúcar, manteca y a veces huevo o confituras diversas, que se cortan en trozos pequeños y se moldean para luego ser horneadas (RAE, 2023). Al igual que los cereales, las galletas se solían consumir sumergidas en leche o agua. Sin embargo, hace unos 10,000 años, los nómadas descubrieron que, al someter una masa de cereales a una fuente de calor, ésta cambiaba de consistencia, lo que dio origen a las galletas que conocemos hoy en día (Velázquez, 2017).

2. Tipos de galletas y su valor nutricional

Se pueden identificar diferentes tipos de galletas como: maría, tostadas y troqueladas, cracker y de aperitivo, barquillos con o sin relleno, bizcochos secos y blandos, sándwiches, pastas blandas y duras, bañadas, recubiertas de chocolate y surtidos. El valor nutricional de cada tipo de galleta varía, dependiendo de los ingredientes que se utilicen, como el tipo de

harina, la grasa, el medio líquido, entre otros, estos ingredientes confieren características específicas a cada uno de los tipos de galletas (Velázquez, 2017).

En un estudio realizado en España, se evaluaron 350 tipos de galletas y se determinó su valor nutricional, encontrando un valor energético promedio de 471.86Kcal/100g, una mediana de 25g/100g de azúcares y una mediana de 3.2g/100g de fibra alimentaria. Los resultados mostraron que la mayoría de las galletas en el mercado tienen un alto contenido de calorías, una proporción elevada de grasa y un alto contenido de azúcares, lo que sugiere la necesidad de reformular los productos existentes y fomentar formulaciones más saludables. Además, dado que la demanda de alimentos más saludables sigue en aumento, las galletas de esta gama tendrán un mejor valor nutricional (Hoyos, 2020).

3. Ingredientes principales

Las galletas comerciales están compuestas por harina, grasas, agua, azúcar y aditivos (bicarbonato de sodio utilizado como gasificantes), los cuales son mezclados y sometidos a un tratamiento térmico. En general, las galletas se caracterizan por tener una baja cantidad de agua, alto contenido de grasa (12-26%) y azúcar (10-38%), por ende, alta densidad calórica que generalmente supera las 400 Kcal. Actualmente, se les agregan diversos ingredientes para ampliar la gama de productos y mejorar su valor nutricional en términos de vitaminas, minerales y fibra (Berenguer, 2020).

4. Procesos

El proceso industrial para la elaboración de galletas consta de los siguientes pasos: primero se lleva a cabo el pesado de los ingredientes en mayor porcentaje en la fórmula (harina, azúcar, grasa y agua), seguido del pesado del resto de ingredientes (condimentos, aditivos, aromas, especias). Una vez dosificados todos los ingredientes, el proceso de amasado se realiza en un amasador hasta conseguir una masa uniforme y elástica, la masa homogénea pasa a la etapa de laminado, en donde es estirar la masa mediante unos rodillos hasta llegar a un espesor homogéneo. Con la masa ya estirada se pasa al troquelado, que es donde se cortan las galletas en la forma deseada, estas galletas con forma son trasladadas por bandas de metal a través de un horno, una vez horneadas. Se dejan enfriar las galletas y mediante un apilador son introducidas al empaque. Las variables de tiempo, temperatura, dimensión del equipo,

producción, entre otras, varían dependiendo del tipo de galleta y de la capacidad del equipo en la planta (Esbelt, 2000).

A lo largo del proceso de la elaboración de galletas, ocurren una serie de reacciones químicas que determinan las características del producto final. El primer paso importante es la preparación de la masa, la harina juega un papel importante debido a su contenido de proteínas llamadas gluteninas y gliadinas, estas al entrar en contacto con el agua forman lazos entre ellas que se conocen como gluten. Si se trata de galletas sin gluten se pueden añadir gomas las cuales ayudan al proceso de amasado y estirado. El segundo paso importante es la etapa de crecimiento de las galletas, la adición de un agente leudante como el bicarbonato de sodio, forma burbujas de dióxido de carbono al reaccionar con los ácidos y se crean galletas aireadas y ligeras. La última reacción química de gran importancia sucede durante el horneado, cuando las galletas empiezan dorarse, ocurre la reacción de Maillard, en la que las proteínas y los azúcares se descomponen logrando así un cambio en el sabor, textura y aromas agradables (Chemwatch, 2023).

5. Tendencias de consumo

Los consumidores en los últimos años se han inclinado por formatos *on-the-go* en productos alimenticios ya que facilitan el consumo, gracias a la fuerte necesidad y deseo por parte de los consumidores de tener a su disposición alimentos prácticos, fáciles de consumir y saludables, lo que ha impulsado la tendencia de consumo de galletas con valor agregado. De acuerdo con la empresa galletas Gullón, en el año 2021, la tendencia es a galletas saludables, que incluyen distintas categorías como sin gluten, bajas en azúcar y alto valor nutricional. La innovación en el campo de las galletas se centra en tres tendencias: la gama saludable, categorías infantiles y el momento de placer (Iniesta, 2022).

6. Tipos de empaques utilizados en galletas

El empaque de las galletas debe ser de alta barrera de agua y oxígeno, proteger el producto del deterioro, protegerlo de la luz, calor, humedad, el oxígeno y evitar la pérdida de características como sabor, olor, textura. En cuanto al material del empaque, este debe cumplir con requisitos como de proteger el alimento en cualquier condición ambiental, no contaminar el producto ni transferir sabor ni olor al producto, lo más importante este debe estar aprobado

por la FDA. El material de este puede ser de plástico como el polietileno, polipropileno, bolsas laminadas, poliéster y poliamida. (Niften, 2019)

7. Patrones de consumo alimentario

El patrón de consumo se refiere al conjunto de alimentos consumidos por un individuo o población con mayor frecuencia. Se ha evidenciado científicamente que el cambio de patrones alimentarios tradicionales a una dieta rica en productos procesados ha sido la causa del aumento reciente de enfermedades crónicas no transmisibles (Incap, 2018). En Guatemala, el Instituto Nacional de Estadística (INE) realiza en todo el territorio guatemalteco la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), para recopilar información de los patrones de consumo y poder establecer una nueva canasta básica. La recopilación de los datos tarda aproximadamente un año, por lo que los resultados de la encuesta realizada en septiembre del 2021 estarán a finales del 2023. Sin embargo, por encuestas pasadas, se conoce que los hogares guatemaltecos mantienen una tendencia de consumo de frijol, arroz, maíz, tortilla y huevo. (Gamarro, 2021)

8. Problemas nutricionales en Guatemala

En Guatemala, la malnutrición es un problema grave que tiene raíces en los patrones de consumo de alimentos como frijol, maíz, arroz, tortilla. La falta de una alimentación adecuada ha llevado a problemas nutricionales en toda la región, con consecuencias graves como el retardo de crecimiento en la mitad de los niños menores de 5 años, alcanzando un 59% en áreas rurales y un 66% en poblaciones indígenas. Además, la anemia es prevalente, afectando al 48% de los niños menores de 5 años, 72% de niños entre 6 y 11 meses y el 29% de las mujeres embarazadas. La malnutrición también es responsable de hasta el 45% de las muertes de niños en Guatemala. Los niños que sufren de malnutrición tienen un mayor riesgo de sufrir y morir por enfermedades como diarrea y neumonía, y son más propensos a desarrollar enfermedades crónicas cardiovasculares en la edad adulta (Fischer, 2015).

La malnutrición también tiene consecuencias en otros ámbitos, como la educación. Los niños que sufren de retardo de crecimiento como consecuencia de la mala nutrición tienden a aprender lentamente actividades como sentarse, pararse y caminar, tienen una capacidad cognitiva más baja, lo que tiende a abandono de los estudios. Además, la anemia en los niños

puede afectar su rendimiento cognitivo, su desarrollo del lenguaje y desempeño escolar (Fischer, 2015).

9. Consumo de fibra, importancia y fuentes comunes

La fibra dietética, presente en alimentos como frutas, verduras, granos enteros y legumbres, no solo previene y alivia el estreñimiento, sino que también tiene otros beneficios como ayudar a mantener un peso saludable y reducir el riesgo de enfermedades como diabetes, cardíacas y algunos tipos de cáncer (MFMER, 2020).

Existen dos tipos de fibra: soluble, que se disuelve en agua, e insoluble, que no se disuelve en agua. La fibra soluble tiene la capacidad de formar un gel en el cuerpo, lo que ayuda a reducir los niveles de colesterol y glucosa en la sangre. Por otro lado, la fibra insoluble promueve el movimiento del material a través del tracto digestivo (MFMER, 2020).

Una alimentación rica en fibra tiene diversos beneficios para la salud, como el mantenimiento de la salud del intestino, la reducción de los niveles de colesterol, el control de los niveles de azúcar en la sangre, la promoción de un peso saludable y la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer (MFMER, 2020).

Según el comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomienda una ingesta de 25 gramos al día. Esta cantidad puede ser alcanzada al consumir alimentos ricos en fibra como productos integrales, frutas, verduras, frijoles, guisantes, legumbres, frutos secos y semillas (MFMER, 2020).

D. Desarrollo de productos alimenticios

1. Metodologías de innovación

Las metodologías de innovación son un conjunto de secuencias utilizadas para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto de innovación. (León, 2019)

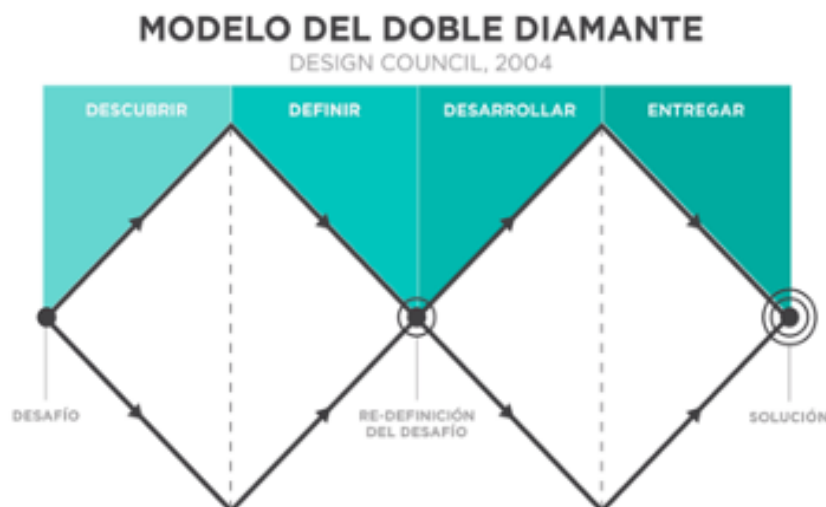
2. Tipos de metodologías de innovación

Método de doble diamante

El modelo fue elaborado por una institución pública del Reino Unido (*Design Council*) en el año 2004, es una metodología que puede ser utilizada para encontrar soluciones a problemas que respondan a las necesidades de un grupo de personas (Gammaux, 2020). El modelo consta de 4 etapas:

- Descubrimiento: esta etapa consta de un proceso de contextualizar y entender el problema, se trabaja con herramientas como diarios, lluvias de ideas, encuestas y observaciones (Gammaux, 2020).
- Definición: con lo recopilado en la etapa de descubrimiento, se clasifica y organiza la información para definir el problema, identificando (Gammaux, 2020):
 - o El problema para resolver
 - o El contexto de ese problema
 - o El alcance del proyecto
 - o Oportunidades
 - o Cuellos de botella
- Desarrollo: con la definición del problema, se crean múltiples soluciones para este y se desarrollan prototipos basados en test y comentarios de encuestados (Gammaux, 2020).
- Entrega: se reducen las soluciones del problema a una y se pasa a la producción y lanzamiento del producto (Gammaux, 2020).

Figura 5: Modelo de doble diamante



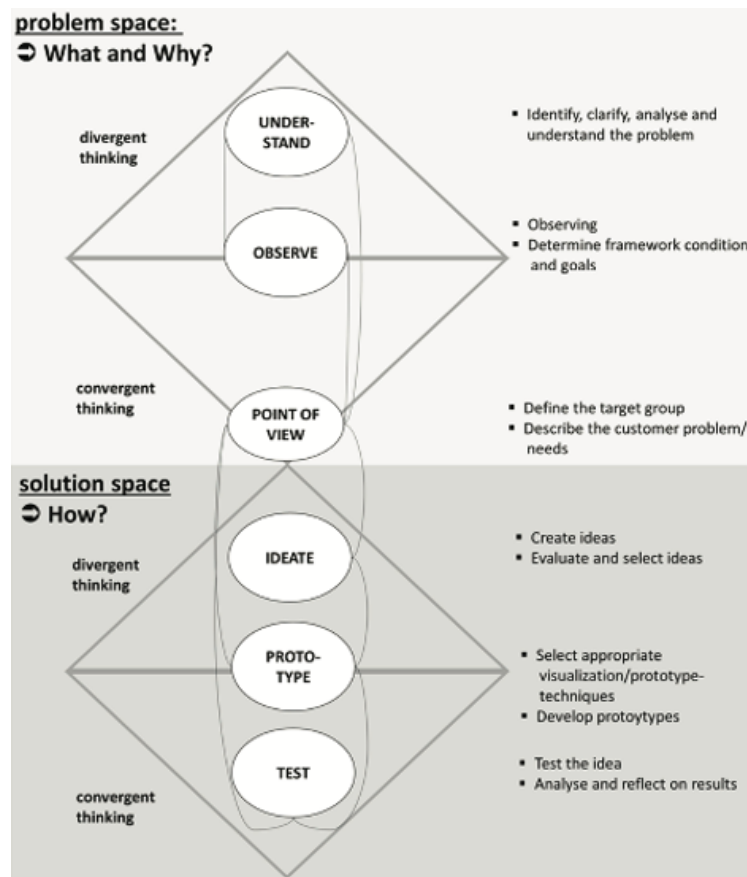
Fuente: Aguayo, 2020

Método de *Design Thinking*

Es una metodología enfocada en el consumidor para poder satisfacer sus necesidades y poder brindarle la mejor solución. Consta en separar el problema en partes y así poder brindar una solución a cada aspecto (Ramírez, 2020). Las 5 fases que lo conforman son:

- Empatizar: se busca a personas que ya vivieron el problema para tratar de resolver el problema de manera empática, conociendo profundamente las necesidades y el cómo les hubiera gustado la resolución del problema (Laoyan, 2022).
- Definir: establecer claramente el problema para trabajar para encontrar fácilmente las posibles resoluciones de este (Laoyan, 2022).
- Idear: a partir de técnicas como lluvias de ideas, mapas mentales y otras herramientas, se crean soluciones para resolver el problema. A lo largo del proceso, es importante no descartar ninguna idea y no señalar ideas como malas ya que al final del proceso, la combinación de todas las ideas puede ser la solución más creativa (Laoyan, 2022).
- Prototipo: realizar prototipo de la posible solución al problema, es importante tener una etapa de evaluación en la cual se le dice al evaluador que está utilizando el producto final, para poder obtener información de mejoras o cambios (Laoyan, 2022).
- Prueba: se idean soluciones para las mejoras descritas por los evaluadores, es un proceso iterativo ya que se hacen los cambios y de nuevo se evalúa, hasta obtener el producto final que más agrada al evaluador/consumidor (Laoyan, 2022).

Figura 6: Pasos para el método *de Design Thinking*



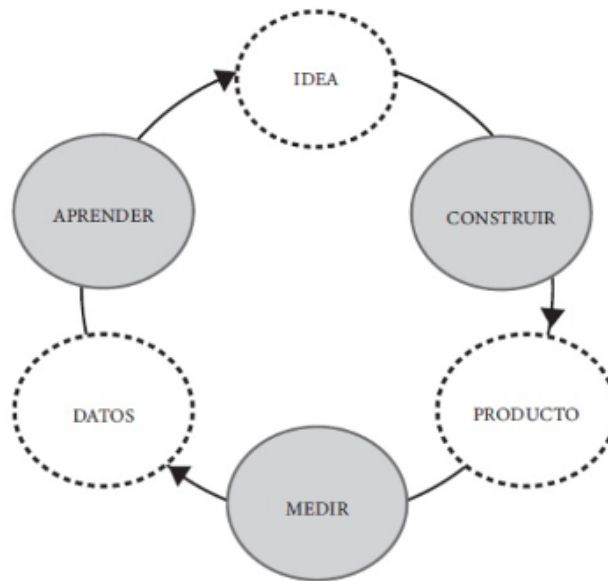
Fuente: Mueller- Roterberg, 2018

Método *Lean Startup*

Esta metodología es enfocada al consumidor, se utiliza para crear el producto necesario, el cual el cliente esté dispuesto a pagar, utilizando los menores recursos posibles. Consta de tres pasos, los cuales se deben seguir en el menor tiempo posible: (Llamas, 2017)

- Construir: consta de recuperar información válida para poder crear un producto viable, ajustado a las necesidades de los clientes (Llamas, 2017).
- Medir: se mide la respuesta de los clientes para la correcta toma de decisiones (Llamas, 2017).
- Aprender: hacer ajustes en las ideas que no están funcionando e ir aprendiendo si la idea es viable (Llamas, 2017).

Figura 7: Pasos para el método de *Lean Startup*



Fuente: Llamas, 2017

Método ADL

La matriz ADL lleva esas siglas por Arthur D. Little, Inc, una empresa de asesoramiento, desarrollada a finales de la década de 1970. La matriz consta de cinco posiciones competitivas, frente a cuatro niveles de madurez de la industria, las combinaciones son utilizadas para alcanzar una posición dominante en el mercado (Cuofano, 2019).

- Posición competitiva
 - o Dominante
 - o Fuerte
 - o Favorable
 - o Sostenible
 - o Débil

(Cuofano, 2019)

- Madurez de la industria
 - o Embrionario
 - o Crecimiento
 - o Maduro
 - o Envejecida

(Cuofano, 2019)

Figura 8: Ejemplo de una plantilla para la matriz ADL

		Industrial Lifecycle			
		Embryonic Stage	Growth Stage	Maturity Stage	Aging Stage
Competitive Position	Dominant				
	Strong				
	Favorable				
	Tenable				
	Weak				

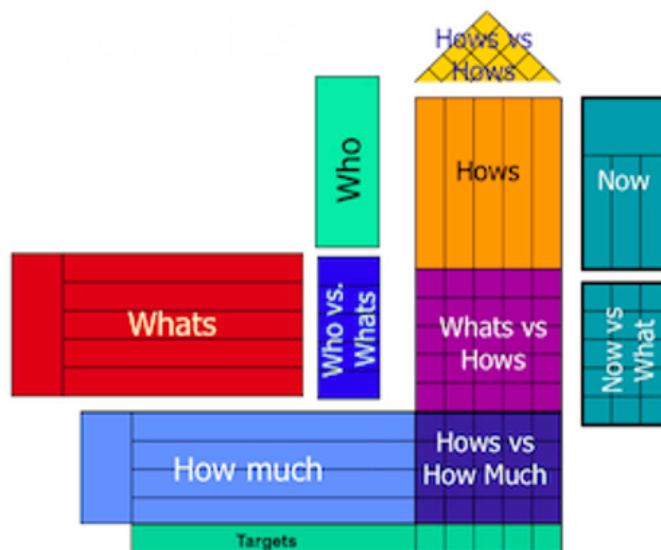
Fuente: Cuofano, 2019

Método de la casa de calidad

Es un método gráfico utilizado en la metodología del despliegue de la función calidad (QFD), la cual consiste en captar las necesidades y deseos del cliente y traducirlos a soluciones de diseño. Los pasos para la elaboración de este método son: (Sejzer, 2016)

- Identificar a los clientes (en el diagrama, se coloca en la parte de: *who*) (Sejzer, 2016)
- Determinar los requisitos de los clientes (en el diagrama, se coloca en la parte de: *whats*) (Sejzer, 2016)
- Determinar la importancia relativa de los requisitos (en el diagrama, se coloca en la parte de: *who vs. whats*) (Sejzer, 2016)
- Se identifica y evalúa la competencia (en el diagrama, se coloca en la parte de: *now vs. what, now*) (Sejzer, 2016)
- Generar especificaciones para el cumplimiento de los requisitos del cliente (en el diagrama, se coloca en la parte de: *hows*) (Sejzer, 2016)
- Relacionar los requisitos del cliente con las especificaciones generadas (en el diagrama, se coloca en la parte de: *what vs. how*) (Sejzer, 2016)
- Se deben identificar la dependencia entre los requisitos y las especificaciones (en el diagrama, se coloca en la parte de: *hows vs. hows*) (Sejzer, 2016)
- Se determina el valor objetivo para cada una de las especificaciones (en el diagrama, se coloca en la parte de: *how much, hows vs. how much*) (Sejzer, 2016)

Figura 9: Componentes para el método gráfico de la casa de calidad



Fuente: Sejzer, 2016

E. Tipos de pruebas sensoriales

Las evaluaciones sensoriales de alimentos constituyen al desarrollo de nuevos productos alimenticios ya que son un elemento con el cuál se puede determinar con anticipación la aceptabilidad del producto en el mercado. Las pruebas sensoriales están basadas en la fisiología y psicología de la percepción, existen tres tipos: afectivas (aceptación), discriminativas y descriptivas. Las pruebas afectivas son altamente utilizadas para la medición del grado de aceptación, mediante la reacción subjetiva del panelista indicando si le gusta o no la muestra. Las pruebas discriminatorias buscan establecer si el panelista percibe diferencia o no entre dos muestras y las pruebas descriptivas consisten en que el panelista describe las características sensoriales de la muestra (olor, color, sabor) (Cárdenas, 2018)

1. Pruebas de aceptación para productos alimenticios

Las pruebas de aceptación son una alternativa para la evaluación del atractivo del consumidor hacia el producto, utilizando una escala de calificación de gusto o disgusto, con el propósito de medir el grado de satisfacción que el panelista tiene sobre la muestra. La escala hedónica más utilizada es la de 9 puntos. Esta escala puede ser utilizada para medir distintos atributos en la muestra como olor, color, sabor y más (Lawless, 2010).

Tabla 4: Escala hedónica para la prueba de aceptación

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Fuente: Elaboración propia con información extraída de Lawless, 2010

2. Análisis estadístico ANOVA para la evaluación de los resultados

Los resultados de la escala hedónica de cada atributo son analizados con la técnica de análisis de varianza (ANOVA) la cual consiste en realizar el cálculo de las medias de dos o más grupos, para poder comparar la varianza de las medias (Lawless, 2010).

F. Método de Guerchet

El método de Guerchet es un método utilizado para determinar el área de trabajo requerida, en el cual se toman en cuenta el número de maquinaria y las dimensiones de las mismas, así como equipo de trabajo y cantidad de personal. Se utiliza para determinar la superficie total requerida por medio de la superficie estática, la cual corresponde al área que ocupan los muebles, máquinas y equipos. La superficie gravitacional, la cual corresponde a la superficie ocupada por el operario y por las herramientas para el puesto de trabajo. Y la superficie de evolución la cual corresponde a la reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, equipo, medios de transporte y salidas del producto terminado. Se utiliza un coeficiente de evolución k el cual es un valor promedio de las alturas de los elementos estáticos y móviles (Bastidas & Aguirre, 2020).

G. Software CAD y Rhinoceros 3D

El *software* CAD es un programa para crear, modificar y analizar representaciones gráficas en 2D y 3D. Es un programa amigable y fácil de usar en el cual se colocan las medidas deseadas y distintos colores al gusto para la representación de objetos, pisos, paredes y demás, permitiendo una visualización del producto final. Es un programa utilizado para el diseño industrial y de producto (Siemens, 2022).

Rhinoceros es una herramienta utilizada para la creación y visualización de áreas en 3D. En un sistema en el cual se pueden trabajar objetos BIM (descripciones digitales con geometría 3D semejante a la apariencia física real de los objetos). Con este *software*, se obtiene una visualización tipo “fotografía” de lo que sería el espacio trabajado, con todos sus componentes como y dimensiones (Rhinoceros, 2023)

H. Viabilidad financiera y proceso industrial

1. Análisis de costos

El análisis de costos es utilizado para determinar la rentabilidad de un producto y permite medir la efectividad de las ganancias. Los costos se pueden dividir en fijos y variables (Uzurieta, 2007).

- Los costos fijos son los que se tienen al iniciar las operaciones como salarios, intereses, depreciación de equipo y maquinaria, estos se mantienen fijos a niveles de producción establecidos según la capacidad de producción inicial (Uzurieta, 2007).
- Los costos variables son los que cambian al variar la capacidad de producción como por ejemplo la materia prima y mano de obra (Uzurieta, 2007).

2. Análisis VPN

El análisis de VPN se realiza para determinar la viabilidad de un proyecto, obteniendo la suma del valor presente de los flujos de efectivo individuales. Este análisis consiste en realizar una resta de la cantidad invertida al inicio del valor esperado en distintos periodos en el futuro, de esta manera se obtiene una previsión del proyecto a mediano-largo plazo (IEP, 2018).

3. Análisis TIR

El análisis de TIR (tasa interna de retorno) es utilizado como indicador de la rentabilidad de un proyecto. Para saber si el proyecto es rentable, el valor del TIR se puede interpretar como: si es mayor a 0 el proyecto es aceptable, menor a 0 el proyecto se debe rechazar y si es igual a 0, a lo largo del proyecto no se gana ni se pierde. (Fernández, 2021)

IV. JUSTIFICACIÓN

El café es un producto de alta presencia nacional y mundialmente. Representa el 3.5 % del PIB en Guatemala, y es cosechado en todas las regiones del país. En el proceso de cosecha y tratamiento de los granos, surgen subproductos que comúnmente son desechados y desperdiciados, como la pulpa del fruto, el mucílago, cascarilla, entre otros. Estos materiales tienen características fisicoquímicas aprovechables, como nutrientes, capacidades caloríficas, minerales, entre otros. La pulpa del café equivale a un 43.5 % m/m del fruto de café cosechado (Restrepo, 2020), siendo el subproducto más representativo del proceso, y cuenta con características nutricionales como fibra, antioxidantes, minerales, es libre de gluten, entre otros.

Aproximadamente el 90% de las partes de cereza de café se desechan y clasifican como residuos agrícolas. El desperdicio y mal manejo de la pulpa genera altos niveles de contaminación en el mundo debido a su alta demanda química de oxígeno y nitrógeno (Rodríguez, 2010). En Guatemala la práctica más común es el desecho de la pulpa, si no es desechada, es utilizada en su minoría como abono orgánico o composta. En el año cafetalero 2021-2022 en Guatemala, se descartaron aproximadamente 941.30 millones de quintales de pulpa de café, traducido a 4.33 millones de quintales de café oro exportado, según datos de BANGUAT 2022 y Anacafé 2022.

El mercado global de galletas, para el período de 2020 – 2025 proyecta una tasa anual de crecimiento de 7.37%. En la actualidad, los consumidores se han desplazado hacia alternativas más saludables debido a temas como la obesidad, la mala alimentación, entre otros problemas de salud (Mordor Intelligence, 2020). El aumento de la demanda de galletas saludables incluye los tipos de galletas digestivas, libres de gluten, orgánicas, bajas en azúcar, bajas en grasa, bajas en carbohidratos y altas en fibra. Adicionalmente, las innovaciones de productos utilizando nuevos sabores, ingredientes naturales y saludables para el consumo humano han atraído el interés de los consumidores (Mordor Intelligence, 2020).

Al utilizar pulpa de café como materia prima en el desarrollo de un producto de galletería, se introduciría al mercado un producto alimenticio con alto contenido de fibra y libre de gluten. Ambas características brindarán un valor agregado al producto propuesto a partir del

subproducto abundante que comúnmente no se utiliza. La galleta propuesta es un método sencillo de ingesta de nutrientes, ya que permite su consumo de manera fácil, sin preparación necesaria y listo para consumir en cualquier momento, siguiendo las tendencias del mercado.

La fibra está compuesta de polisacáridos y lignina, su ingesta de fibra en la mayoría de los países está por debajo de los niveles recomendados (The Food Tech, 2021). La fibra en la galleta propuesta es una fuente de beneficios para la salud entre los cuales se encuentran la reducción del riesgo a sufrir diabetes, enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer. Así mismo es una oportunidad para aumentar el consumo de fibra y llegar a los niveles propuestos (Dundur, 2021). Un estudio del INCAP revela que la ingesta de fibra dietética total en las dietas rurales de Guatemala están en un promedio de 11.1 g/día. Al comparar este valor con lo 28 g de ingesta de fibra establecidos por la FDA, se evidencia una dieta deficiente de fibra. La deficiencia de este nutriente tiene relación con enfermedades como estreñimiento, diverticulitis, cáncer de color, diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares.

Este trabajo presenta una propuesta de desarrollo de un producto de galletería alto fibra como valor agregado, utilizando harina de pulpa de café como materia prima para el aprovechamiento de este subproducto que es comúnmente desechado. La propuesta es una vía de consumo de nutrientes necesarios para el ser humano, y disminución de la contaminación causada por el desecho de la pulpa proveniente del procesamiento del café. En el documento se describe la metodología de formulación del producto, así como pruebas y análisis de este para determinar su aceptación en el mercado y viabilidad económica.

V. OBJETIVOS

A. GENERAL

Desarrollar un producto de galletería alto en fibra, utilizando harina de pulpa de café Arábica (*Coffea Arabica*) de la variedad Catuaí de la región de Chimaltenango.

B. ESPECÍFICOS

- Validar el método de producción de harina a partir de la pulpa de café para su utilización en el desarrollo de un producto de galletería.

- Identificar las tendencias y necesidades del mercado para establecer los elementos de entrada del diseño de una galleta alta en fibra a base de harina de pulpa de café.

- Desarrollar la formulación y el proceso de manufactura de una galleta alta en fibra a base de harina de pulpa de café.

- Evaluar la factibilidad operativa y financiera para la puesta en marcha de un negocio de producción de galletas altas en fibra a base de harian de pulpa de café.

VI. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología utilizada para la validación del método de obtención de harina de pulpa de café, las encuestas llevadas a cabo a clientes potenciales, la formulación de la galleta alta en fibra, los análisis sensoriales y estadísticos, el método utilizado para la propuesta de una planta de producción y el análisis económico para la viabilidad del proyecto.

Se presenta un enfoque mayormente cuantitativo a lo largo de la metodología del trabajo ya que se realizan análisis de datos estadísticos y encuestas con el objetivo de obtener una recopilación numérica y de esta manera cumplir con los objetivos planteados y llegar a conclusiones generalizables del trabajo.

A. Proceso de obtención de harina de pulpa de café

- Metodología para la elaboración de la harina a base de pulpa de café, se siguió el procedimiento de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”.

1. Recepción de la pulpa de café

- Se recolectó la pulpa de café directamente del proceso de despulpado (pulpa fresca despulpada ese mismo día) en bolsas plásticas (2:30 horas de camino a la finca y 2 horas de proceso de recolección). Se transportaron las bolsas a la planta piloto de la Universidad del Valle de Guatemala (1:40 horas de camino), en donde se realizó una primera limpieza para separar hojas, granos de café y ramas. La pulpa limpia se almacenó en bolsas en el congelador para su uso.

2. Evaluación para evitar el pardeamiento de la pulpa

- Previo a la deshidratación de la pulpa, se realizó un método de blanqueo, para esto se sumergió la pulpa en agua hirviendo (94°C) por 5 minutos. Pasado el tiempo de escaldado, se sumergió la pulpa en agua fría con hielo.

3. Deshidratación de la pulpa de café

- Se colocó la pulpa escaldada y limpia en deshidratadoras de gabinetes. El tiempo y temperatura del proceso de deshidratación fue de acuerdo con la humedad de la

pulpa, la cual se estableció que debía estar por debajo del 15%, aproximadamente fue a temperatura de 54.44°C (130°F) por 6 horas.

4. Molienda de la pulpa deshidratada para la elaboración de la harina

- La pulpa deshidratada se molió hasta obtener una harina con diámetro de partícula menor a 0.25mm. Para esto, se utilizó un pulverizador de aspas y se trituró la pulpa por 3 minutos, luego de esto, la pulpa se pasó por un molino de discos.

B. Análisis varios

1. Humedad

- Se pesaron en triplicado 5 g de pulpa, 15 g de harina y 10 g de galleta molida en vasos de metal previamente tarados (anotando el peso) y se colocaron en horno a 100°C por 24 horas.
- Pasado el tiempo, se colocaron en la desecadora hasta alcanzar temperatura ambiente y se pesaron nuevamente.

Fórmula 1: Porcentaje de humedad en la muestra

$$\text{Humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca})}{\text{Peso muestra húmeda}} * 100$$

2. pH

- Se licuaron 10 g de muestra (pulpa y harina) disueltos en 10 ml de agua y se realizó la medición con potenciómetro previamente calibrado con buffer pH 4.

3. Color

- Se realizó la medicación con colorímetro MiniScan EZ. Para ello se encendió el equipo y se calibró con el cilindro de baldosas que incluye el equipo. Se seleccionó la opción “*standardize*” y se colocó la baldosa de vidrio negra dentro del cilindro en el puerto del colorímetro, luego se colocó la baldosa blanca en el puerto del colorímetro. Con esto, el colorímetro quedó estandarizado. Se inició la medición del color de la harina, pulpa y galleta molida, colocando la muestra en una caja Petri, esta se colocó en el puerto del colorímetro y se realizó la lectura para obtener valores de a, b y L.

4. Actividad de agua

- Se realizó la medición con equipo AquaLab. Para ello se encendió el equipo 30 minutos antes de utilizarlo, pasado el tiempo se introdujo aproximadamente 1 g de muestra (pulpa, harina y galleta molida) en la cápsula del equipo y se giró la manecilla a “*read*”.

5. Sólidos solubles

- Se realizó la medicación con refractómetro. Primero se llevó a cabo la lectura de agua desmineralizada, colocando una gota en el lente del colorímetro y presionando “*read*”. Para la pulpa, ésta se trituroó con un mortero y el líquido obtenido se colocó en el lente previamente limpio con *kimwipes* y se presionó “*read*”. Para la harina, se mezclaron 5 g con 5 ml de agua desmineralizada, se colocó el líquido en el lente previamente limpio con *kimwipes* y se presionó “*read*”.

6. Cafeína

No se realizó ningún cambio del trabajo de García, 2019 “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”.

- Para curva de calibración

- Se pesaron 10 mg de estándar de cafeína y se disolvieron en 100 ml de agua destilada en balón aforado.
- Se prepararon diluciones de 4, 6, 8, 10 y 12 ml de la solución anterior en balones de 100 ml.
- Se leyó la absorbancia de cada uno en un espectrofotómetro UV a 254 nm.

- Preparación de muestra

- Se pesó 1 g de la muestra (pulpa, harina y galleta) y se disolvió en 50 ml de agua. Se llevó a ebullición por 5 minutos con agitación constante.
- Se enfrió a temperatura ambiente y filtró con papel filtro No. 4.
- Se aforó la solución a 100 ml, se tomó 1 ml y se diluyó en 25 ml de agua destilada. Se filtró nuevamente en papel No.4.

- Análisis por HPLC

- Se inyectaron las muestras para realizar la lectura en el cromatógrafo líquido marca Perkin Elmer modelo LC 300 con detector de arreglo de diodos, columna Xterra RP18 5 um 4.6x150mm, utilizando un estándar de cafeína marca sigma Aldrich pureza 100.7%.

7. Polifenoles

No se realizó ningún cambio del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”, método Folin-Ciocalteu del AOAC.

- Preparación de la curva de calibración

Tabla 5: Datos para curva de calibración para la obtención de polifenoles

Tubo	Solución de ácido tánico	Agua uL	Folin uL	Na₂CO₃
1	200	800	2500	2000
2	400	600	2500	2000
3	600	400	2500	2000
4	800	200	2500	2000
5	1000	0	2500	2000
6	0	1000	2500	2000

Fuente: Elaboración propia con información de García, 2019

Preparación de la muestra

- Se colocaron 10 g de muestra con 50 ml de etanol, agitando constantemente durante 1 hora en un beaker de 100 ml.
- Se filtró la solución en papel filtro No.4 y se le agregaron 2500uL de reactivo de folin y 2000uL de Na₂CO₃.

Análisis de los estándares

- Se prepararon los estándares y se colocaron las muestras en tubos de ensayo reposando por 30 minutos.
- Se leyó la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro UV/VIS.
- Se expresó el contenido fenólico como equivalentes de ácido tánico en mg/g de muestra.

8. Sodio: método de Mohr

- Se pesaron 4 gramos de muestra triturada (galleta rellena) en triplicado y se dejaron remojar 24 horas con 120mL de agua destilada.
- Pasado el tiempo, se filtraron al vacío las tres muestras, lavando bien el residuo y llevando el volumen a 120 mL. Con papel indicador de pH, se midió el pH y se ajustó a un rango de 7 a 10 con NaOH 1M y H₂SO₄ 0.5M.

- Se llenó una bureta con solución de nitrato de plata y se realizó un blanco con 10 mL de agua destilada y 20 gotas de la solución indicadora de cromato de potasio, se tituló hasta obtener una coloración rosa-naranja, este proceso se realizó en duplicado y se obtuvo un promedio de lo utilizado.
- Se colocaron 10 mL del filtrado de la muestra en Erlenmeyers de 125 mL y se agregó 20 gotas de la solución indicadora de cromato de potasio, se tituló con la solución de nitrato de plata hasta obtener un color rosa-naranja. Cada filtrado de muestra se tituló 3 veces (9 titulaciones en total, en triplicado por muestra), anotando los ml de solución de nitrato de plata utilizados.
- Para preparar la solución de nitrato de plata, se disolvieron 1.2 gramos en agua destilada y se aforó a 500 mL, se almacenó en frasco color ámbar. Para la solución indicadora de cromato de potasio, se disolvieron 5 gramos de cromato de potasio en 10 mL de agua destilada y se adicionaron 5 mL de solución de nitrato de plata, se dejó reposar en un frasco color ámbar por 24 horas y pasado el tiempo, se filtró con papel filtro No. 4 y se colocó en un goter.

Fórmula 2: Porcentaje del contenido de cloruro de sodio en la muestra

$$\text{Contenido de cloruro de sodio en \%} = \frac{0.05845 * N * (V1 - V2) * a * 100}{d * M}$$

En donde:

N es la normalidad de la solución de nitrato de plata

V1 es el volumen de solución de nitrato de plata gastado en la titulación

V2 es el volumen de solución de nitrato de plata gastado en el blanco

A es el volumen en que se diluyó la muestra

d es la alícuota tomada para titular

M es la masa de la muestra

9. Determinación de tamaño de partícula de la harina de café

Se realizó cambio del tiempo de tamizado del trabajo de García (2019)

“Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”

- Se pesaron los tamices vacíos (No. 40 al No. 100) del equipo Cole-Parmer.
- Se pesaron 10 g de harina y se colocaron en el equipo de tamizaje por 30 minutos.

- Al terminar el tiempo, se pesó cada tamiz y se obtuvo el peso de harina que quedó en cada uno por diferencia de pesos.

10. Forma: con un vernier se midió el diámetro y ancho de la galleta.

11. Peso: por medio de una balanza, se pesó la galleta rellena.

12. Dureza para evaluar la textura y número de fracturas: se tomó la medición directa con el texturómetro Brookfield CT3. Para ello, se utilizó el accesorio TA-MTP, con el tipo de sonda cilíndrica de acero inoxidable tipo TA39 fue utilizada para penetrar la galleta. Para la configuración del equipo, se utilizó la opción de “Operación Remota”, se colocaron las dimensiones de la muestra, tipo de test “Compresión” con un Valor Meta de 5.5 mm, velocidad del test de 0.50 mm/seg y 1 ciclo y se oprimió “Iniciar Test”. Se siguió la metodología de Nor, 2021 y las indicaciones del manual de uso No. M08-372-F1116 del texturómetro Brookfield CT3 en cuanto a sonda, accesorio y velocidad de prueba.

C. Caracterización proximal

1. Proteínas totales

Se realizaron cambios en cantidades y tipos de reactivos del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”, siguiendo el método de Kjeldahl.

- Se pesaron en triplicado 0.25 g de pulpa y harina y en duplicado 0.25 g de galleta molida en cuadros de papel encerado, los cuales se doblaron y se colocaron en los tubos de Butchi previamente rotulados.
- Se agregaron 6 ml de ácido sulfúrico 65% y 1/2 tableta de Kjeldahl dentro del tubo.
- Se colocaron los tubos en la parte de atrás del equipo digestor con la temperatura máxima por 2 horas.
- Pasadas las dos horas, se apagó el equipo y se colocaron los tubos en la parte delantera por 30 minutos.
- Pasado el tiempo de enfriado, se pasó a la unidad de destilación
- En Erlenmeyer se colocaron 10 ml de solución preparada de ácido bórico con rojo de metilo al 40%.
- Se colocó el tubo Butchi en la unidad de destilación y el Erlenmeyer, se encendió el equipo y al presionar “reagent” se añadieron 20 ml de hidróxido

de sodio al 40% y 20 ml de agua desmineralizada. Se presionó el botón de “start” y se esperó 4 minutos.

- Lo obtenido en el Erlenmeyer, se tituló con ácido clorhídrico al 0.1N.

Fórmula 3: Porcentaje de proteína en la muestra

$$Proteínas = \frac{(Peso\ atómico\ del\ nitrógeno * N * V1 * F)}{P} * 100$$

En donde:

Peso atómico del nitrógeno de 0.014 g

N es la normalidad del ácido clorhídrico de 0.1

V1 es el volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en la titulación

Valor F de proteínas de 6.25

P es el peso en gramos de la muestra empleada en el análisis

2. Grasa

Se realizaron cambios en cantidades y tipos de reactivos del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”, siguiendo el método del AOAC.

- Se pesaron en triplicado 10 g de pulpa y harina y en triplicado 8 g de galleta molida, se envolvieron en papel mayordomo y se marcaron con marcador permanente.
- Se colocaron las muestras en el papel enrollado en el dedal del equipo y se colocaron en la cámara de Soxhlet.
- A los vasos previamente tarados (anotando el peso) y marcados, se les adicionó 90 ml de solvente n-Hexano.
- Se dio inicio al proceso el cual constaba de 3 pasos: inmersión (90 minutos), lavado (90 minutos), recuperación (30 minutos).
- Se retiraron los vasos del equipo de Soxhlet y se les colocaron tapaderas de aluminio con agujeros, se dejaron a temperatura ambiente durante toda la noche.
- Al día siguiente, se pesaron los vasos para obtener el peso de la grasa obtenida.

Fórmula 4: Porcentaje de grasa en la muestra

$$\text{Grasa} = \frac{\text{Peso vaso con grasa} - \text{Peso del vaso tarado}}{\text{Peso de la muestra}} * 100\%$$

3. Fibra cruda

Se cambiaron temperaturas y tiempos del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”.

- Se pesó en duplicado 1 g de las muestras desgrasadas de pulpa, harina en vasos de Berzelius previamente tarados y marcados y se adicionaron 200 ml de ácido sulfúrico (1.25%).
- Se pusieron los vasos en el digestor y se llevaron a ebullición por 30 minutos.
- Pasado el tiempo, se filtró con manta el contenido, agregando 600 ml de agua destilada caliente para neutralizarlo.
- Se regresó el residuo al Berzelius y se agregaron 200 ml de hidróxido de sodio (1.25%).
- Se pusieron los vasos en el digestor nuevamente y se llevó a ebullición por 30 minutos.
- Pasado el tiempo, se filtró con manta el contenido, agregando 600 ml de agua destilada caliente para neutralizarlo.
- El residuo se colocó en crisoles de vidrio con fondo poroso previamente lavados, secos, pesados (anotando el peso) y rotulados con lápiz por debajo.
- Se llevaron los crisoles al horno a temperatura de 100°C por 24 horas.
- Al día siguiente, se llevaron los crisoles a una mufla a 550°C por 3 horas, al terminar se metieron al horno durante toda la noche.
- Al día siguiente, se sacaron del horno, se dejaron enfriar y se pesaron.

Fórmula 5: Porcentaje de fibra cruda en la muestra

$$\text{Fibra cruda} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra quemada} - \text{Peso del crisol vacío})}{\text{Peso de la muestra inicial}} * 100$$

4. Fibra dietética

No se realizó ningún cambio del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”, siguiendo el método del AOAC.

- En un vaso de Berzelius se pesó en cuadruplicado 1 g de las muestras desgrasadas de pulpa, harina y galleta molida.
- Adición de enzima α -amilasa
 - Se agregaron 50 ml de solución amortiguadora de fosfatos 0.08M y 0.10 ml de enzima α -amilasa a cada Berzelius, se mezclaron cuidadosamente y se cubrieron con papel aluminio, se colocaron en baño de agua en ebullición (95°C) por 15 minutos.
 - Pasado el tiempo, los vasos se retiraron del baño de agua y se dejaron llegar a temperatura ambiente. Se les añadieron 10 ml NaOH 0.275N y se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2 de cada uno.
- Preparación de enzima Proteasa
 - Para la solución, se adicionaron 50 mg de proteasa, en 1.0 ml de solución amortiguadora de fosfatos 0.08M, se mezcló cuidadosamente hasta disolver el sólido.
 - A los vasos, se agregó 0.1 ml de la solución preparada anteriormente, se cubrieron con papel aluminio y se colocaron en baño de agua a 60°C por 30 minutos.
 - Pasado el tiempo se retiraron los vasos del baño de agua y se dejaron llegar a temperatura ambiente. Se les añadieron 10 ml HCL 0.325N y se ajustó el pH a 4.0 – 4.6 de cada uno.
- Adición de enzima Amiloglucosidasa
 - Con el pH ajustado, se les añadió 0.1ml de enzima Amiloglucosidasa, se cubrieron los vasos con papel aluminio y se colocó en baño de agua a 60°C por 30 minutos.
 - Pasado el tiempo se añadieron 4 volúmenes de etanol al 95% (28 ml) a cada uno de los vasos y se dejaron precipitar toda la noche a temperatura ambiente, con tapadera de aluminio.
- Filtración y lavado
 - En crisoles previamente limpios con 0.5 g de celite al fondo del crisol (pesados y dejados en el horno una noche previa), se filtró el precipitado con ayuda de una bomba de vacío.

- El residuo en el vaso se lavó con:
 - a. Tres porciones de 20 ml de etanol al 78%
 - b. Dos porciones de 10 ml de etanol al 95%
 - c. Dos porciones de 10 ml de acetona
- Al terminar el filtrado, los crisoles se colocaron en el horno a 105°C durante toda la noche.
- Se pesaron los crisoles con la muestra seca.
- De la muestra seca, se tomaron en duplicado 0.25 g de muestra para la determinación de proteínas (proceso explicado con anterioridad) y en duplicado 1 g de la muestra seca para la determinación de cenizas (proceso explicado con anterioridad).
- Con los pesos anotados, se realizó el cálculo del porcentaje de fibra dietética.

Fórmula 6: Porcentaje de fibra dietética en la muestra

Fibra dietética

$$= \frac{(\text{Media de residuos} - \text{Proteína de residuos} - \text{Ceniza de residuos} - \text{Blanco})}{\text{Media de pesos}} * 100$$

En donde:

“Blanco” tiene un valor de 0.00853, proporcionado por el laboratorio CEAA de la Universidad del Valle de Guatemala.

5. Cenizas

Se cambió el tiempo en la mufla del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”.

- En crisoles de porcelana previamente tarados y limpios (anotando los pesos) se pesaron en triplicado 1.5 g de pulpa, harina y galleta molida y se colocaron en una estufa eléctrica a fuego alto hasta no observar aparición de humo blanco (aproximadamente 1 hora).
- Pasado el tiempo, se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Al día siguiente se colocaron en mufla a 550°C toda la noche.
- Al día siguiente, se sacaron de la mufla, se dejaron llegar a temperatura ambiente y se pesaron.

Fórmula 7: Porcentaje de cenizas en la muestra

$$\text{Cenizas} = \frac{\text{Peso final del crisol} - \text{Peso del crisol inicial}}{\text{Peso de la muestra inicial}} * 100$$

6. Carbohidratos

No se realizó ningún cambio del trabajo de García (2019) “Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café”.

- Por diferencia, para las tres muestras (pulpa, harina y galleta) se restó del 100% la grasa, proteína, ceniza y humedad.

Para el cálculo de base seca (BS) a base húmeda (BH), para grasa, proteína y ceniza se utilizó la siguiente ecuación:

Fórmula 8: Base seca a base húmeda

$$\text{Base húmeda} = \frac{(\text{Porcentaje en BS}) * (100 - \text{porcentaje de humedad})}{100}$$

Para el cálculo de base seca (BS) a base húmeda (BH), para fibras se utilizó la siguiente ecuación:

Fórmula 9: Base seca a base húmeda

$$\begin{aligned} &\text{Base húmeda} \\ &= \frac{(\text{Porcentaje en BS}) * (100 - (\text{porcentaje de humedad} + \text{porcentaje BS grasa}))}{100} \end{aligned}$$

Las metodologías utilizadas fueron las establecidas en el laboratorio del Centro de Estudios Agrícolas y Alimentos (CEAA) de la Universidad del Valle de Guatemala, debido a disponibilidad de reactivos y equipo.

D. Metodología del desarrollo del producto

- Para el proceso de desarrollo del producto, se llevó a cabo la metodología de la casa de calidad.

- Primero se llevó a cabo una encuesta a 184 consumidores de galletas, con el objetivo de obtener información de rangos de edades, frecuencia de consumo de galletas, el tipo y categoría de galletas más consumidas y el interés en una galleta alta en fibra, esto con el interés de poder establecer qué tipo de galleta a desarrollar, Tabla 32 en anexos.
 - Como segundo paso se llevó a cabo otra encuesta a 160 consumidores de galletas, la cual ayudó a establecer los requisitos deseados en una galleta. Se preguntó con base en la textura, color, tipo de relleno, referencia de tamaño y preferencia de galleta en el mercado actual. Con estas respuestas se logró establecer que la galleta a desarrollar debía ser con relleno cremoso con tamaño como las marca “Oreo” y alta en fibra, tabla 33 en anexos.
 - Con la galleta a desarrollar ya establecida, se llevó a cabo un estudio de mercado evaluando la posición del producto a desarrollar y se llenó un listado de la competencia actual dentro de supermercados La Torre, Walmart y Paiz, detallando así el precio y declaraciones relacionadas con la cantidad de fibra. Con esto se estableció que hay únicamente dos marcas en el mercado actual con declaración de “alto en fibra” y “fuente de fibra”.
 - Se encuestó a 40 consumidores de galletas utilizando una encuesta con ponderación de 1-5 (siendo 1 lo más bajo y 5 lo más alto) para ponderar la importancia relativa de los requerimientos textura, color, relleno cremoso, tamaño, declaración y sabor, tabla 34 en anexos.
 - Con los resultados de las encuestas anteriores, se llenó el formato de la casa de calidad, Figura 22 en anexos. Para el llenado del techo y centro del formato, se llevó a cabo la correlación de los ingredientes entre sí y de los ingredientes con los requisitos. Los resultados de ponderaciones se colocaron en el lado derecho de la casa de calidad y esta automáticamente lo representaba de forma gráfica. La parte inferior del formato establece los objetivos ligados a los ingredientes colocados para la formulación, así como una ponderación del proceso de desarrollo utilizada para comparar el producto a desarrollar con los productos existentes en el mercado y gráficamente observar los objetivos en los que se estaba por arriba de lo ya existente.
- Desarrollo de prototipos:

- Con base en lo obtenido con el método (QFD), se llevó a cabo el planteamiento de una formulación y análisis sensorial. El proceso de formulación fue iterativo. Para este se estableció un punto de valoración mínimo de 7 que se alcanzó para concluir con las iteraciones y establecer una formulación final.
- A lo largo del proceso de iteración, también se utilizó la escala "*Just about right*" Figura 24 en anexos para evaluar los atributos de dulzor, sabor, textura.
- La escala de validación (puntuación mínima de 7) y la escala "*Just about right*", se pasaron en 4 grupos focales de 10 personas cada uno. Esto con el objetivo de obtener una calificación de 7 puntos en adelante en la evaluación general de la muestra, y obtener "lo justo" en los atributos mencionados con anterioridad, para poder parar con el proceso de iteración y establecer la formulación final. Esto se llevó a cabo los días 12 y 13 de julio en la Universidad del Valle de Guatemala, los grupos focales fueron liderados por Isabel McColaugh. Se llevó a cabo a través de una encuesta en la Tabla 37 en anexos, en la cual se evaluaron 8 muestras, 4 muestras con galleta libre de gluten (A) con 4 distintos rellenos (A, B, C y D) y 4 muestras con galleta con gluten (B) con 4 distintos rellenos (A, B, C y D).

Con la información obtenida de la encuesta, se realizó un análisis ANOVA, para obtener resultados estadísticos. Para esto:

- Se descargaron los resultados de las encuestas en una hoja Excel, en la cual se ordenaron en columnas de panelista, muestra, dulzor, sabor, textura y punteo, se hizo esto para relacionar las muestras (A-A con B-A, A-B con B-B, A-C con B-C y A-D con B-D), el Excel se guardó con el nombre "*Just about right* (GALLETA RELLENA) (1) (respuestas)", en una carpeta llamada R en el escritorio de la computadora.
- Los resultados se exportaron a RStudio en donde se ingresó el siguiente código:
 - Se indicó en dónde estaban guardados los datos en la computadora (nombre de la carpeta en donde se guardó el Excel):
 - `Setwd("~/Desktop/R")`
 - Seguido de esto, se escribió:
 - `Acceptacion = aov(Aspecto ~ Muestra, data = Just_about_right_GALLETA_RELLENA_1_respuestas_)`
 - `Summary (Acceptacion)`

- Este código se escribió para los 3 aspectos evaluados, cambiando en el código “Aspecto” por “Dulce”, “Sabor” y “Textura”.
- Se inició la corrida de la lectura y se obtuvo el valor de la probabilidad.
- Con base en estos resultados, se decidió qué galleta se pasaría en el análisis sensorial.

E. Evaluación sensorial

1. Prueba de aceptación

- Se llevó a cabo un panel sensorial para evaluar la aceptación de la muestra, en el laboratorio de análisis sensorial en la planta piloto de la Universidad del Valle de Guatemala, pasando una encuesta en la tabla 39 en anexos, en cuanto a los aspectos de:
 - General
 - Color
 - Olor
 - Sabor
 - Textura
 - Apariencia
- Se pidió a los panelistas escanear un código QR en el que se les desplegaba la encuesta mencionada antes, usando una escala hedónica de 9 puntos.
- Las bandejas entregadas a cada panelista, contenía una galleta y un vaso de agua.

Tabla 6: Escala hedónica de 9 puntos para la evaluación sensorial

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Fuente: Elaboración propia

2. Análisis de los resultados obtenidos del panel sensorial

- Con los resultados obtenidos, se obtuvo el promedio y la desviación estándar, esperando una nota de 7 o mayor, con lo cual se considera el producto como aceptado.

F. Etiquetado nutricional

- Según RTCA 6701.60:10, se realizó el modelo básico de etiquetado nutricional:
 - Tamaño de porción (g/ml) o unidades (g/ml) y porciones por envase
 - Energía (kJ)
 - Grasa total (g)
 - Grasa saturada (g)
 - Carbohidratos (g)
 - Sodio (mg)
 - Proteína total (g)
- Cantidades de lo descrito anteriormente por porción del empaque.

El contenido de energía se obtuvo con cálculos según los macronutrientes del alimento y el contenido de grasas saturadas se obtuvo con tablas de composición de alimentos del INCAP.

G. Especificaciones del producto, materia prima y proceso

- Se detalló en la Tabla 39 en anexos.
 - Nombre del producto
 - Ingredientes
 - Declaraciones nutricionales
 - Vida útil
 - Tipo de empaque
 - Peso neto
 - Descripción del producto
 - Información nutricional
 - Instrucciones de uso

- Pasos para la elaboración (proceso)

H. Análisis de estabilidad y vida útil

Se llevó a cabo el estudio de vida útil con la evaluación de la humedad y dureza de la galleta, cada semana durante 4 semanas. Se utilizó el texturómetro (metodología descrita con anterioridad) y una balanza de humedad. Las galletas fueron empacadas en bolsas trilaminadas con cierre de *zipper*, selladas con una selladora manual y almacenadas imitando las condiciones de almacenamiento de un supermercado.

I. Viabilidad financieramente a escala industrial

Se realizó el diagrama de flujo del proceso el cual incluye el proceso de elaboración y empacado.

Se llevó a cabo la simulación industrial del proceso, definición de equipo, instalaciones y personal por medio del dimensionamiento y propuesta de planta piloto.

1. Como primer paso se calculó la demanda anual en base a la población en la ciudad de Guatemala en un rango de edad de 18 a 35 años, nivel socioeconómico B y C1, interés en el producto, 3% de penetración en el mercado y cantidad de veces por semana que consumiría el producto. Con esta demanda anual, se llevó a cabo el cálculo de la demanda proyectada a 10 años, utilizando el crecimiento anual poblacional (0.67%) y el crecimiento del mercado de galletas (3.2%).
2. Con la demanda anual proyectada a 10 años, se llevó a cabo el cálculo de *1/takt time* para obtener las unidades que debían producirse para cumplir con la demanda establecida. La demanda anual se dividió dentro de 49 semanas disponibles de trabajo, para obtener unidades semanales.

Fórmula 10: $1/takt\ time$

$$\frac{1}{takt\ time} = \frac{paquetes\ semanales}{horas\ laborales\ a\ la\ semana}$$

3. Se realizó la extrapolación del proceso a escala piloto a un proceso industrial por medio de una verificación de cumplimiento. Para ello, se estableció cuánto tiempo tomó el proceso de elaboración y cuántos paquetes se elaboraron en ese tiempo. Para la extrapolación industrial, se estableció que se quería mantener el tiempo de trabajo, pero aumentando la productividad para cumplir con la demanda ($1/takt\ time$). Con los resultados se dió inicio a la búsqueda del equipo que cumpliera con la capacidad requerida. Se realizó una gráfica para validar si el proceso estaba nivelado, observando que la línea horizontal de $takt\ time$ estuviera por debajo de los $1/tiempos$ de ciclo de las máquinas, para poder afirmar que las máquinas con las capacidades seleccionadas cumplieran con la demanda diaria.
4. Para el cálculo de los hombres necesarios para el proceso industrializado, se utilizó el tiempo que llevó a cabo hacer la práctica en el laboratorio, extrapolando a escala industrial, utilizando la demanda diaria y las horas disponibles diarias (8 horas). Con esto se obtuvo la cantidad de trabajadores por proceso manual. Luego de esto, se evaluó la unión de trabajadores a tareas compartidas, para una disminución de trabajadores necesarios. Así mismo, se establecieron cuántos trabajadores eran necesarios para la operación de las máquinas por medio de las horas trabajadas por la máquina en el ciclo y la cantidad de ciclos diarios para obtener las horas máquina diarias de cada equipo y poder multiplicar esto por los hombres por máquina (a criterio propio) por el número de máquinas. Se realizó la sumatoria de hombres máquina y hombres en procesos manuales para obtener los hombres diarios.
5. Con los datos obtenidos, se utilizó el método Guerchet, en el cual se calcula la superficie total (St) por medio de la superficie estática (Ss), de gravitación (Sg), de evolución (Se) y el número de elementos móviles o estáticos (N).

Fórmula 11: Superficie total

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

Fórmula 12: Superficie estática.

$$Ss = largo * ancho$$

Fórmula 13: Superficie de gravitación.

$$Sg = Ss * N$$

Fórmula 14: Superficie de evolución.

$$Se = (Ss + Sg) * K$$

Fórmula 15: Coeficiente de evolución.

$$K = 0.5 * \frac{h_{EM}}{h_{EF}}$$

Fórmula 16: Altura promedio ponderada de los elementos móviles.

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i * n * h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i * n}$$

En donde:

- r es la variedad de elementos móviles
- Área_i superficie estática de cada elemento
- h es la altura de elemento móvil
- n es el número de elementos móviles de cada tipo

Fórmula 17: Altura promedio ponderada de los elementos fijos o estáticos.

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^t S_s * n * h}{\sum_{i=1}^t S_s * n}$$

En donde:

- t es la variedad de elementos estáticos

- S_s superficie estática de cada elemento
- h es la altura de elemento móvil
- n es el número de elementos móviles de cada tipo

Para los operarios se consideró una altura estática de $0.5m^2$ y una altura promedio de 1.65m.

Se realizó por aparte utilizando el mismo método el área de almacenamiento de materia prima y de producto terminado. El área de almacenamiento de la pulpa congelada se calculó por medio de las medidas de las estanterías seleccionadas y las medidas de pasillos a criterio del autor. Estas medidas fueron elegidas de acuerdo a las medidas estandarizadas.

Con las medidas de los equipos, maquinaria y herramientas, primero se realizó un plano en excel, para establecer el flujo y orden de la planta. Seguido de eso se trasladó la planta al programa CAD para tener una representación en 2D. Por último, se utilizó el *software* Rhinoceros 3D, para obtener un prototipo digital de la planta, colocando objetos que simulen los equipos.

J. Análisis económico

Se realizó el análisis de costo de la formulación final, para ello se tomaron en cuenta:

- Costo por unidad
- Costo de material de empaque
- Costos directos e indirectos (proceso, formulación, empaçado, energía eléctrica, mano de obra)

K. Análisis de sensibilidad – VPN

- Se cotizaron los equipos propuestos para la planta de producción
- Se cotizó materia prima
- Se calculó la inversión inicial utilizando factores de conversión
- Se calculó la depreciación del equipo
- Se determinó la mano de obra necesaria
- Se calculó el precio de venta (margen de % de utilidad)
- Se definió una tasa mínima aceptable de rendimiento
- Se realizó un flujo efectivo del proyecto a 10 años (Tarziján, 2006).

L. Análisis de sensibilidad – TIR

- Se calculó la tasa de retorno en base al flujo efectivo calculado con anterioridad (Tarziján, 2006).

M. Período de recuperación de la inversión

- Se calculó el periodo de recuperación de la inversión con base a la inversión inicial y flujo de efectivo (Tarziján, 2006).

N. Análisis de sensibilidad

- Variando los factores de precio de venta, costo de la materia prima, material de empaque, servicios, depreciación del equipo y mano de obra, se realizó un análisis del valor presente neto y la tasa interna de retorno (Tarziján, 2006).

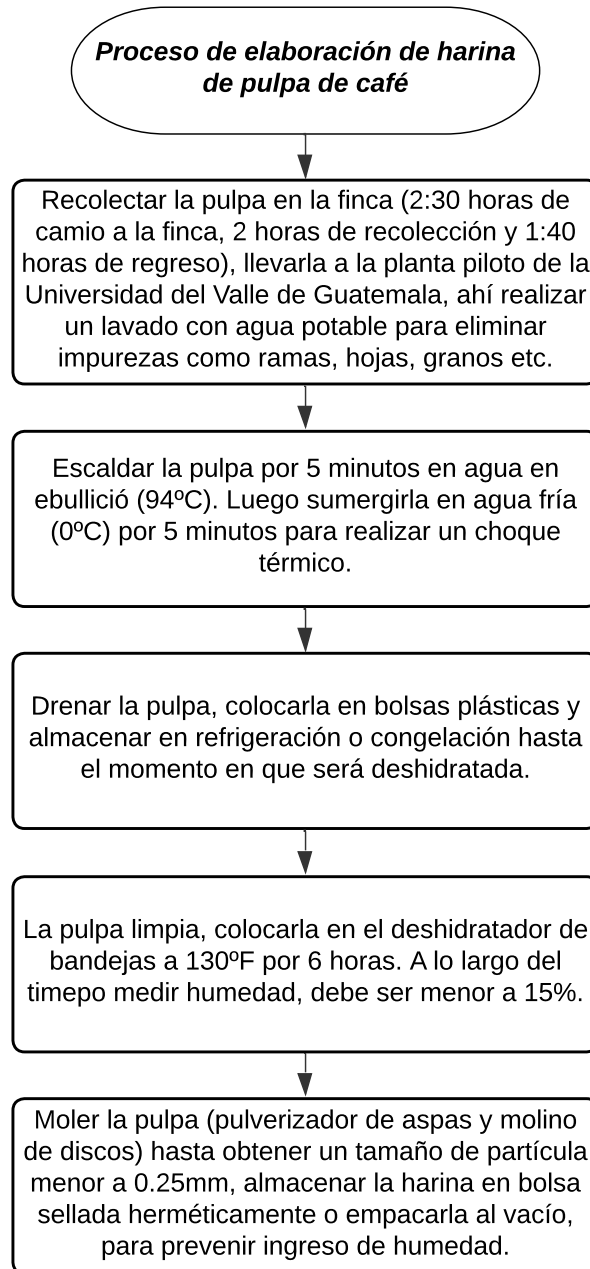
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se detallan los resultados obtenidos de la metodología descrita anteriormente, así como la interpretación de los mismos. Primero se presentan los resultados obtenidos en el proceso de validación de obtención de la harina, luego los datos obtenidos referentes al proceso de desarrollo de la formulación y validación de la galleta propuesta, una propuesta para la planta y por último la viabilidad económica del proyecto.

Recolección, desarrollo y análisis de la harina y pulpa de café

La recolección de la pulpa se llevó a cabo en el mes de marzo, en una finca en Chimaltenango aproximadamente a 1,800.17 msnm con temperaturas oscilantes entre 12.1°C a 23.7°C. La pulpa fue transportada a la planta piloto de la Universidad del Valle de Guatemala, en la Figura 10 en resultados se muestra el proceso seguido para la elaboración de la harina de pulpa de café.

Figura 10: Proceso de elaboración de harina de pulpa de café



Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo el escaldado de la pulpa previo a la deshidratación, para reducir el pardeamiento por oxidación. Como se muestra en la Tabla 7 en resultados, se compararon los colores de la pulpa control (sin proceso), escaldada y con tratamiento de ácido.

Tabla 7: Resultados del análisis de color para la harina de pulpa con distintos tratamientos

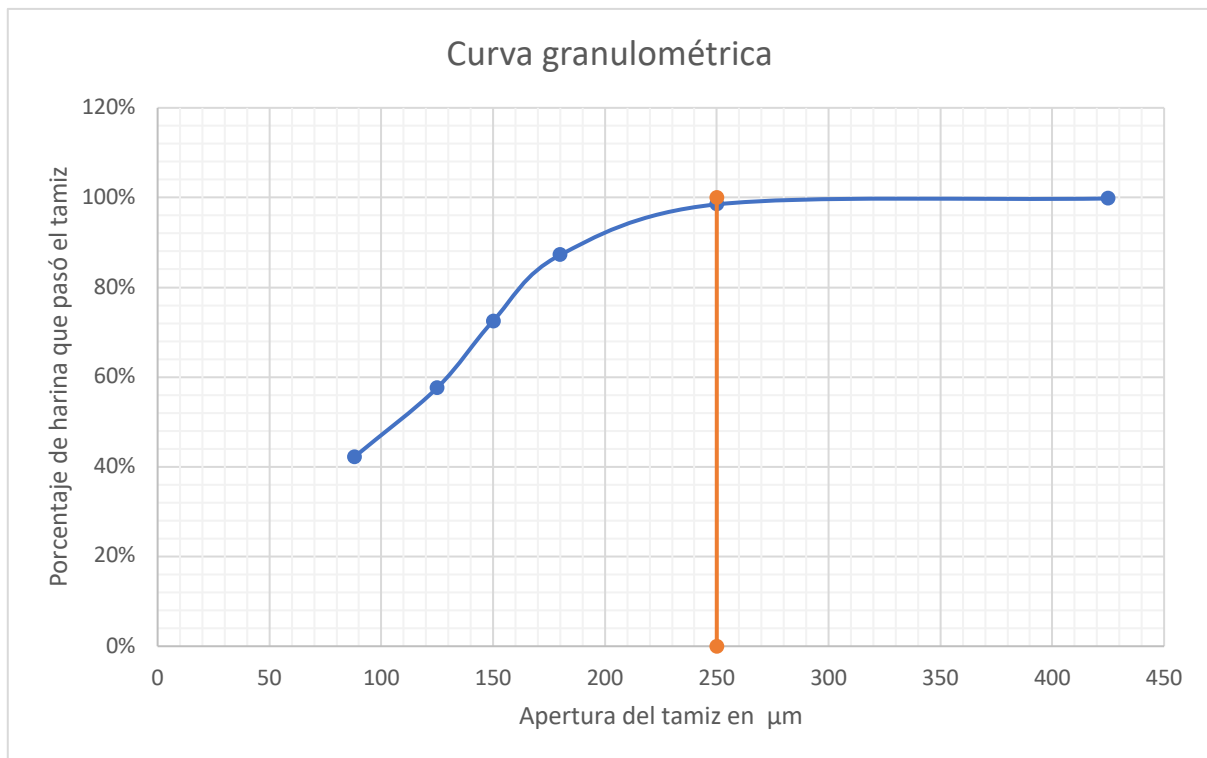
Método utilizado	pH	Color		
		L	A	b
Control	3.86	33.65 ± 0.92	10.29 ± 0.61	19.74 ± 0.57
Escaldado (5min)	4.13	39.31 ± 0.45	10.03 ± 0.02	20.35 ± 0.62
Ácido ascórbico (5%, 5min)	3.30	36.61 ± 0.67	11.32 ± 0.23	22.55 ± 0.46

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los parámetros de color L, a y b, se obtuvieron resultados variados, pero con poco rango de diferencia. La harina con mayor luminosidad (L) fue la harina escaldada con un valor de 39.31 ± 0.45 , difiriendo de la muestra control en 5.66 y de la muestra en solución de ácido en 2.7. Para el parámetro de coordenadas amarillo/azul (b) todas las muestras tienen tendencia a tonos amarillos, sin embargo la muestra en ácido tiene un mayor valor, lo que indica una mayor tonalidad amarilla. Para el parámetro de coordenadas verde/rojo (a), la muestra en ácido indica una tonalidad más de color rojo que las otras dos muestras. Si bien con este análisis de color se pudo analizar que no había diferencia significativa entre los tratamientos elegidos y el color, se decidió tomar el pH de las muestras y el pH de una muestra de harina de trigo, para poder tener un punto de comparación. Con esto se obtuvo que la harina el solución de ácido ascórbico tenía el pH más ácido de las tres muestras y sensorialmente si era perceptible una acidez, la muestra control contaba también con un pH bajo, pero sensorialmente era una acidez que se percibía más natural y por último la muestra escaldada con pH de 4.47 ± 0.01 , fue la que obtuvo un pH más parecido al de una harina de trigo de 4.39 ± 0.02 y sensorialmente fue la harina con un sabor más neutro y un nivel de acidez imperceptible. Debido a esto, se decidió llevar a cabo el proceso de escaldado en la pulpa ya que si tuvo efecto en el color de la harina en comparación a la harina sin tratamiento térmico. El proceso de escaldado, ayudó a la disminución de la acidez natural de la pulpa, lo cual tuvo

repercusión positiva en el pH y sabor de la misma. Luego del escaldado, la pulpa fue almacenada en congelación, previo a su uso para la elaboración de harina. Al momento de utilizar la pulpa para la deshidratación, esta fue retirada del congelador 24 horas antes de su uso y colocada en la refrigeradora para su descongelamiento.

Figura 11: Curva granulométrica de la harina de café



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 31 en anexos, fue utilizada para realizar la curva granulométrica de la harina de pulpa de café Figura 11 en resultados. Esta se realizó para verificar que el tamaño de partícula fuera menor a 0.25 mm. Como se observa en la gráfica, en la parte izquierda de la línea vertical que representa el tamiz No. 60 de 0.25 mm, se tiene una caída, lo que demuestra que la harina pasó este número de mesh y que se acumuló un 2% de los 10 g de harina iniciales, lo cual indica que el 98% de harina logró ser menor a 0.25 mm.

Tabla 8: Resultados del análisis de la pulpa y harina de pulpa en base húmeda

Parámetro	Pulpa	Harina
pH	4.47 ± 0.01	4.13 ± 0.03
Actividad de agua	0.98 ± 0.01	0.39 ± 0.01
Sólidos solubles (grados Brix)	2.37 ± 0.01	1.00 ± 0.01
Cafeína (%)	0.03	0.15
Polifenoles (mg AG/g muestra)	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia

Los resultados fisicoquímicos de la pulpa y harina de pulpa de café se muestran en la tabla 8 en resultados. Para la pulpa, el pH de 4.47 ± 0.01 y los sólidos solubles de 2.37 ± 0.01 grados Brix están por debajo a lo reportado por otros autores con un valor de 3 grados Brix y pH de 4.21, para la misma variedad de café *C. Arabica* de Costa Rica. (Fierro-Cabrales, 2018). Estos valores variaron a lo obtenido por García, 2019, estas variaciones pueden darse debido a factores como la altura de plantación, clima, maduración del grano o el tipo de café (Fuentes, 2020). La actividad de agua de la pulpa fresca, tiene un valor entre el rango de 0,97 – 1. Ahora bien, con la harina de la pulpa cuando el valor de la actividad de agua está por debajo de 0.86, es debido a una alteración física a los alimentos con el secado (Puerta, 2006). El valor de la actividad de agua para las harinas varía entre 0.1 y 0.5, ya que con estos valores se logra la inhibición del crecimiento de microorganismos, así como la extensión de la vida útil del producto (Pérez, 2023). Se obtuvieron para la harina valores de 4.13 ± 0.03 para el pH y una concentración de sólidos solubles de 1.00 ± 0.01 grados Brix.

Los polifenoles en la pulpa fueron de 0.18 ± 0.01 mg AG/g muestra y los de la harina de 0.17 ± 0.01 mg AG/g muestra. Se obtuvieron resultados de polifenoles similares a los del estudio de Garcia. (2019), en el cual el método utiliza etanol como solvente. En un estudio realizado por Geremu et al. (2016) se evaluó la cantidad de polifenoles a *Coffea arabica L* y se obtuvieron mayores resultados, de 1809.9 mg AG/g muestra, utilizando como solvente de la extracción metanol. El solvente utilizado en la extracción es importante ya que afecta en la eficiencia de la extracción. En los análisis realizados se utilizó etanol, el cual en el estudio mencionado con anterioridad en cuanto a la eficiencia es el último solvente seleccionado, siendo un mejor solvente el metanol, luego acetona y por último etanol. A mayor concentración

de polifenoles, se asocia un mayor potencial antioxidante, la concentración obtenida en la pulpa y harina en relación a lo obtenido en el estudio mencionado fue menor. Estableciendo que la biodisponibilidad y cantidad de polifenoles se ve afectada por diversos factores debido a que es un producto orgánico.

Los porcentajes de cafeína obtenidos en el análisis fueron de 0.03 % para la pulpa y 0.15% para la harina de pulpa. Al comparar los resultados obtenidos por otros estudios en los cuales se obtuvo un 0.18% para la pulpa y 0.37% para la harina (Arpi, 2021) se tienen porcentajes bajos de cafeína. Se menciona en el estudio que la degradación de la cafeína puede iniciar desde las 12 a 36 horas de la fermentación, por lo que la etapa de fermentación del grano al momento del despulpado puede afectar el contenido de cafeína, así como la forma de almacenamiento y los tratamientos térmicos a los que se someta la pulpa. Esto puede explicar la diferencia en los resultados obtenidos.

Se llevaron a cabo los análisis proximales para la harina de pulpa y la pulpa fresca, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 9 en resultados.

Tabla 9: Resultados proximales para la pulpa y harina en base húmeda

Propiedad	Pulpa base húmeda	Harina base húmeda
Humedad (%)	86.86 ± 0.55	10.65 ± 0.00
Grasa (%)	0.08 ± 0.03	1.64 ± 0.17
Proteína (%)	1.56 ± 0.03	10.51 ± 0.19
Ceniza (%)	0.86 ± 0.01	5.15 ± 0.71
Carbohidratos (%)	10.64 ± 0.26	72.05 ± 0.31
Fibra dietética (%)	7.62 ± 0.18	62.06 ± 0.32
Fibra cruda (%)	2.30 ± 0.41	21.88 ± 0.00

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una pulpa con un porcentaje de humedad de 86.86 ± 0.55, porcentajes de grasa, cenizas y proteína de 0.08 ± 0.03, 0.86 ± 0.01, 1.56 ± 0.03 respectivamente, un porcentaje de fibra total de 9.92% y con un porcentaje de carbohidratos del 10.64 ± 0.26. Se obtuvo una harina con una reducción de humedad del 76.21% con respecto a la pulpa en base húmeda y

por consiguiente los porcentajes de los demás parámetros aumentaron. Los porcentaje de grasa y cenizas fueron de 1.64 ± 0.17 y 5.15 ± 0.71 respectivamente, el porcentaje de proteína aumentó a 10.51 ± 0.19 , el mayor cambio se observa en el porcentaje de fibra, tanto cruda como dietética, lo cual da como resultado un producto final con un porcentaje de fibra total de 83.94%. En el estudio de Garcia, 2019, se utilizaron las mismas metodologías en los análisis, obteniendo así porcentajes similares tanto para la harina como para la pulpa. La proporción de los resultados concuerda con las proporciones obtenidas, ya que el mayor porcentaje lo obtuvo la humedad, seguido de los carbohidratos, luego la fibra, proteína, cenizas y por último la grasa. En el estudio se utilizó *coffea arabica* de la variedad Bourbon, debido a la variedad y a que se trabajó con una materia prima orgánica, los resultados varían.

Metodología de desarrollo de la galleta rellena a base de harina de pulpa de café alta en fibra

El desarrollo de las galletas se llevó a cabo por medio de la metodología de la casa de calidad. Se estableció que la galleta a formular sería una galleta tipo dulce, en la categoría de galletas rellenas, con un alto contenido en fibra, debido a las tendencias observadas en los resultados obtenidos en una encuesta realizada a 184 personas, Tabla 32 en anexos.

Tabla 10: Resultados obtenidos de la encuesta a clientes potenciales, en cuanto a las tendencias del consumo de galletas.

Parámetro	Porcentaje de respuesta	
Consumo	Sí	No
	93.48	6.52
Frecuencia	1-2 veces por semana	Demás opciones (3-4 veces por semana o todos los días)
	77.17	22.83
Parámetro	Porcentaje de respuesta	
Categoría	Rellenas	Demás opciones (chispas de chocolate, de avena y otras)
	47.83	52.17
Tipo de galleta	Dulces	Ambas
	44.02	48.37

Parámetro	Porcentaje de respuesta	
	Si	No
Interés por galleta alta en fibra	89.67	10.33

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 en resultados, se recopiló la información de los gráficos comentados a continuación. En la Figura 18 y 19 en anexos, se observa una tendencia positiva al consumo de galletas en general, con 93.48% de consumo, a comparación de un 6.52% de encuestados que no consumen galletas y una frecuencia del 77.17% para consumo de 1-2 veces por semana para todos los rangos de edad. Debido a que en la Figura 20 en anexos, el 47.83% de encuestados optó por galletas rellenas como categoría preferida, con esto, se estableció que se formularía una galleta rellena debido a que fue una categoría elegida por varios rangos de edad. Se decidió llevar a cabo la formulación para una galleta dulce ya que la tendencia de los resultados en la encuesta, Figura 21 en anexos muestra que del rango de 15 a 25 años las galletas dulces son de mayor interés que las saladas, obteniendo un 44.02% de resultados a galletas dulces para todos los rangos de edad. Un 48.37% de encuestados respondieron que no tenían preferencia alguna por galletas dulces o saladas, lo cual permite eliminar a una galleta salada como opción debido al 7.61% de respuestas obtenidas. Estos resultados fueron utilizados para establecer el rango de edad del grupo objetivo para el producto a desarrollar, el cual se definió de 18 a 35 años. El estudio de la encuesta concluyó con una pregunta respecto al interés de los consumidores ante la declaración “alto en fibra” con la cual el 89.67% de los encuestados mostró interés en un producto con este reconocimiento, Figura 22 en anexos.

Tabla 11: Porcentaje de resultados obtenidos en la encuesta de requerimientos

Pregunta	Rspuesta líder	Demás elecciones
Lo más importante en una galleta	Sabor de la galleta	Demás respuestas
	50.6%	49.4%
Textura de la galleta	Crujiente	Suave
	73.1%	26.9%
Pregunta	Respuesta líder	Demás elecciones
Importancia del color	Sí	No
	61.9%	38.1%

Pregunta	Rspuesta líder	Demás elecciones
Preferencia en el tipo de relleno	Crema de vainilla	Demás respuestas
	43.7%	56.3%
Importancia del tamaño	Sí	No
	86.3%	13.7%
Referencia del tamaño	Marca Oreo normal	Demás respuestas
	86.1%	31.9%
Preferencia de galletas actuales	Marca Oreo	Demás respuestas
	73.8%	26.2%

Fuente: Elaboración propia.

Con el tipo de galleta y categoría ya establecida, se realizó una encuesta a 160 personas tabla 33 en anexos para recolectar datos sobre los requerimientos que los consumidores deseaban tener en una galleta rellena. Un 50.6% de los encuestados respondió que el sabor de la galleta es lo más importante en una galleta rellena, en cuanto a la textura, se mostró una tendencia a “crujiente” con un 73.1% de votos. Así mismo, se muestra una tendencia del 61.9% en cuanto a la importancia del color de la galleta, ya que los encuestados justificaron que la galleta debe apetecer, el color del relleno y la galleta deben combinar, el color debe ser “natural” ya que llama más la atención que colores artificiales y que el color deben poder asociarse con el sabor. El tipo de relleno con mayor puntaje de 43.7% fue cremoso tipo crema de vainilla; ya que el 73.8% de los encuestados valoraron a las galletas marca Oreo que son un producto popular en el mercado como su galleta preferida entre las distintas opciones de galletas rellenas colocadas. Los resultados comentados con anterioridad se muestran en la Tabla 11 en resultados, las respuestas líderes, fueron las que obtuvieron un porcentaje de respuestas más alto a comparación con las demás elecciones, si bien en la preferencia del tipo de relleno, se tiene un valor de 43.7% para la crema de vainilla, se toma esta como respuesta líder a pesar de que la suma de las demás elecciones resulta en 56.3%, ya que cada elección individualmente obtuvo un menor valor al individual de la crema de vainilla. Esta información fue utilizada para llenar el formato de la casa de calidad. Con esta información, se colocaron como requisitos del cliente en el formato: textura crujiente, color llamativo, relleno cremoso, tamaño de una galleta marca Oreo, alto en fibra y un buen sabor.

Se realizó un análisis de galletas con declaración de “alto en fibra” y características similares a la que se deseaba formular, en los supermercados La Torre, Walmart y Paiz, así como los precios de venta.

Tabla 12: Estudio de mercado de productos similares

Supermercado	Marca	
	Gullón	Tosh
La Torre	Precio: Q27.05	Precio: Q19.95
Walmart	Precio: Q25.45	Precio: Q19.75
Paiz	Precio: Q25.85	Precio: Q19.75
Características	Declaración: alto en fibra Cantidad de fibra: 0.9 g / 10.5 g	Declaración: fuente de fibra Cantidad de fibra: 3 g / 27 g (2%)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 en resultados, se muestra que galletas rellenas con declaración de “alto en fibra” se encuentran únicamente las marca Gullón con un rango de precio de venta de Q25.45 a Q27.05. Con declaración “fuente de fibra” se encuentran galletas rellenas de la marca Tosh, con un rango de precio de venta de Q19.75 a Q19.95. Con este análisis se pudo demostrar que, galletas rellenas con declaración de “alto en fibra” son limitadas en el mercado, que existen pocos sabores actualmente en la competencia: galleta de chocolate y relleno de vainilla (marca Gullón) y galleta de vainilla con relleno sabor a banano o durazno (marca Tosh) y que no hay ninguna galleta a base de harina de pulpa de café a la venta en los tres supermercados evaluados en Guatemala.

Con la competencia y los requisitos establecidos, se llevaron a cabo dos encuestas más, para poder ponderar la importancia de los requerimientos de acuerdo con el consumidor tabla 34 en anexos, una enfocada en el producto a desarrollar (galleta alta en fibra a base de harina de pulpa de café) y la otra enfocada en la competencia.

Tabla 13: Resultados de las encuestas para ponderar la importancia de los requerimientos de acuerdo al consumidor

Galleta	Requerimiento	Promedio
A base de harina de pulpa de café	Textura	4
	Color	4
	Relleno cremoso	5
	Tamaño	4
	Declaración “alto en fibra”	5
	Sabor	5
Marca Gullón	Textura	4
	Color	5
	Relleno cremoso	4
	Tamaño	5
	Declaración “alto en fibra”	4
	Sabor	4
Marca Tosh	Textura	3
	Color	4
	Relleno cremoso	3
	Tamaño	4
	Declaración “alto en fibra”	4
	Sabor	3

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de 40 encuestados, Tabla 13 en resultados, se logró llenar de acuerdo con las ponderaciones obtenidas la columna de “Importancia del consumidor” en cuanto a los requerimientos y la columna de "Evaluación competitiva del cliente”. Se llenó la casa de calidad colocando en “Requerimientos funcionales” los principales ingredientes que se utilizarían para la formulación de la galleta y los procesos más importantes que podrían tener efecto en los requerimientos establecidos. Se analizaron las relaciones entre los requerimientos establecidos por el cliente y los requerimientos funcionales, con esto automáticamente se llenó el espacio de “Relación máxima” con valores de 1 y 9, mostrando una relación leve (1) en cuanto al tamaño de la galleta y los requerimientos funcionales y una relación fuerte (9) en los

demás requerimientos del cliente con los requerimientos funcionales. Se terminó de llenar el formato de la casa de calidad, relacionando los requerimientos funcionales entre sí (techo de la casa) y colocando los objetivos que se tenían para la formulación de la galleta, Figura 23 anexos.

Con el formato de la casa de calidad establecido, se inició la formulación de la galleta, con enfoque a los requerimientos que deseaba el consumidor. El proceso de formulación fue iterativo (Tabla 35 en anexos), y se inició con la formulación de una galleta similar a las galletas marca Oreo, sin adición de harina de pulpa de café, para poder establecer si en base a esa formulación se iban a realizar las modificaciones (Tabla 35 en anexos iteración 1). Esta primera iteración se dividió en 3 y se horneó a 350°C a distintos tiempos, de 15, 20 y 25 minutos. Las galletas horneadas por más tiempo se percibieron duras, las galletas con 15 minutos se percibieron crujientes en las orillas, pero el centro de la galleta estaba blando, es por esto que se decidió hornear unas a 20 minutos, pero de igual manera que las horneadas por 25, las galletas seguían muy duras. Debido a esto, se decidió realizar un cambio en la formulación (Tabla 35 en anexos iteración 2) utilizando únicamente yema de huevo para poder mejorar la textura. Al igual que en la iteración 1, se probaron distintos tiempos de horneado a 350°C, con esto, se logró establecer que el tiempo de horneado correcto fue de 20 minutos, en estas galletas, los 20 minutos fueron suficientes para obtener una textura crujiente, pero no dura como en la primera formulación. La siguiente formulación que se realizó fue una en la cual se sustituyó por completo la harina de trigo por harina de pulpa de café (Tabla 35 en anexos iteración 3), para poder tener una idea de cómo afectaba el cambio de harina y las características en el producto final. Se realizó un horneado al tiempo y temperatura previamente establecidos (350°C por 20 minutos) con lo cual se obtuvieron galletas extremadamente duras y con sabor leve a quemado, esto demostró que el cambio de harina si tuvo repercusiones en las condiciones de horneado de las galletas. Debido a lo comentado con anterioridad, se bajó la temperatura de horneado a 250°C y se subió el tiempo a 35 minutos, con esto se obtuvieron galletas con textura crujiente agradable, sin embargo, la adición del 100% de harina de pulpa de café también tuvo repercusiones en el sabor de la galleta, ya que a las galletas se les percibía un leve ácido (característico de la pulpa de café), se percibían dulces, el sabor de la cocoa se percibía levemente y debido a la granulometría de la harina, a las galletas se les sentían como pequeños “grumos”. Esta textura fibrosa pudo deberse a la cantidad de fibra en la harina de pulpa de café. Con estas disconformidades se trabajó con la cuarta iteración (Tabla 35 en anexos iteración 4)

a la cual, se realizaron cambios en la cantidad de azúcar, cantidad de harina de pulpa de café agregada (50%) y tipo de cocoa en polvo. Al realizar estos cambios, utilizando la temperatura establecida en la iteración 3 y un tiempo de 30 minutos, se obtuvieron galletas crujientes, con un sabor agradable, un olor apetitoso y un color llamativo. Se realizó una quinta iteración (Tabla 35 en anexos iteración 5), cambiando únicamente la harina de trigo por harina de arroz, esto con la idea de poder realizar una galleta libre de gluten. En esta se obtuvieron características muy similares obtenidas en la iteración 4 y el tiempo y temperatura de horneado fueron los utilizados en la iteración 3.

Teniendo establecidas las iteraciones de las galletas, se realizaron formulaciones para los rellenos a utilizar. Como primer punto, se realizaron pruebas con varios tipos de saborizantes artificiales. Se utilizó sabor de vainilla, fresa, café, *tutti frutti*, naranja, frambuesa y guinda. Se realizó una degustación con un grupo reducido de personas, las cuales comentaron que los sabores dejaban un regusto muy artificial y de los sabores mencionados con anterioridad, el sabor con mejor aceptación fue el de café. Debido a que no se quería un sabor artificial en la galleta, se decidió realizar distintos rellenos de café ya que fue el preferido y una combinación de café con chocolate tipo mocca, Tabla 36 en anexos. Se desarrollaron dos formulaciones de café (una con un sabor fuerte y una con un sabor más leve) y dos formulaciones de mocca (una con mayor proporción de café y una con menor). Los cuatro rellenos realizados, fueron utilizados para la degustación con grupos focales, debido a que se consideró que los 4 tenían un muy buen sabor y la formulación final debía ser elegida por los posibles consumidores.

Se utilizó TBHQ como antioxidante para el relleno de la galleta y sorbato de potasio como conservante para las tapaderas de las galletas. Las cantidades utilizadas fueron de acuerdo con el CODEX ALIMENTARIUS STAN 192-1995, TBQH en la categoría 02.2.2 grasas para untar la dosis máxima es de 0.02% y el sorbato de potasio en la categoría 07.2.1 la categoría máxima es de 0.1%, con esto establecido se tomó la decisión de agregar la mitad de las dosis máximas de ambos conservantes. A la iteración 3 y 5, se adicionó goma Xantana, debido a la falta de gluten en la masa, ya que aporta resistencia, elasticidad y esponjosidad, características que aporta el gluten, de esta manera se logró estirar la masa sin ningún problema y se logró hacer los cortes con el molde. Los tiempos de horneado fueron mayores en estas dos

iteraciones debido a que la goma Xantana incrementa la retención de agua durante el horneado, por lo que el tiempo es mayor para lograr la crocancia deseada.

Evaluación con grupos focales para establecer la formulación final

Tabla 14: Respuestas obtenidas en la encuesta a los grupos focales, en cuanto a la escala “*Just about right*”.

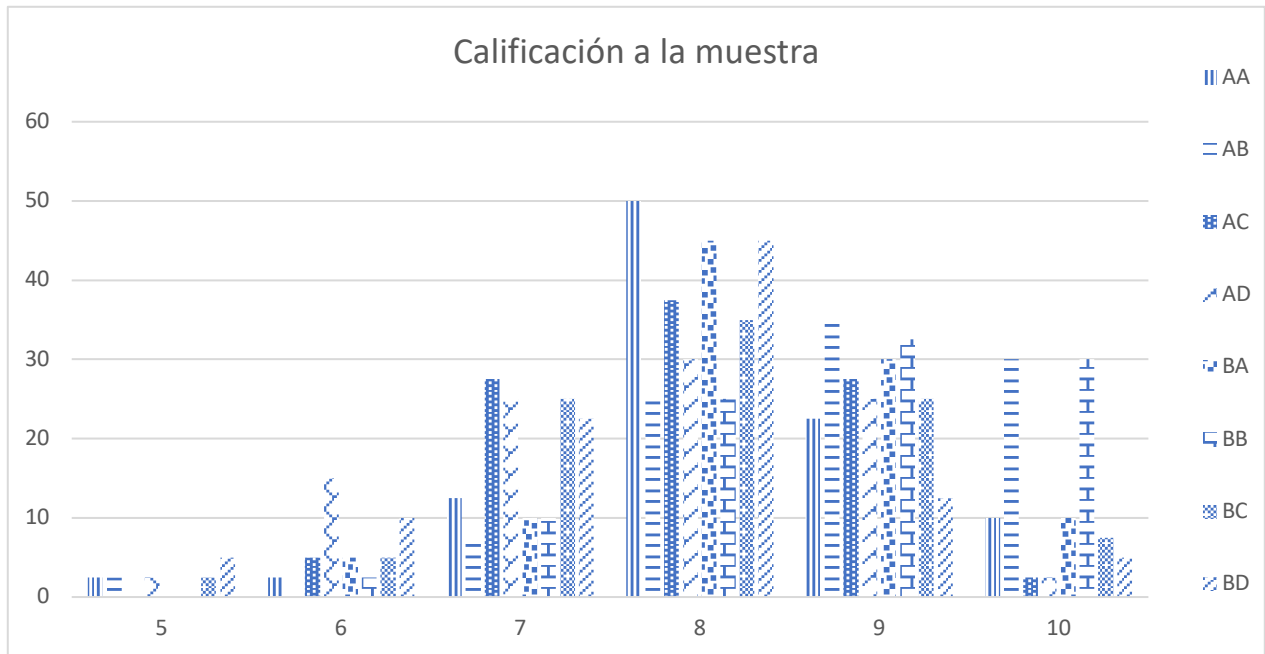
Muestra	Escala “ <i>Just about right</i> ” porcentajes en “Lo justo”	
AA	Dulzor	77.5
	Sabor	77.5
	Textura	92.5
AB	Dulzor	87.5
	Sabor	82.5
	Textura	87.5
AC	Dulzor	77.5
	Sabor	75
	Textura	90
AD	Dulzor	52.5
	Sabor	52.5
	Textura	85
BA	Dulzor	72.5
	Sabor	75
	Textura	87.5
BB	Dulzor	85
	Sabor	82.5
	Textura	87.5
BC	Dulzor	72.5
	Sabor	75
	Textura	85
BD	Dulzor	57.5
	Sabor	57.5
	Textura	85

Fuente: Elaboración propia.

Los cuatro rellenos formulados fueron utilizados con la iteración 4 y 5 de las galletas, para pasar a grupos focales, con la escala *de Just about right* (Figura 24 en anexos) y la

calificación igual o mayor a 7 para tomarlo como formulación final. Esto se llevó a cabo por medio de una encuesta (Tabla 37 en anexos) a 40 personas. Como se muestra en la tabla 14 en resultados, todas las respuestas en la escala están por arriba del 50% de las respuestas en “lo justo”, esta respuesta era la que se buscaba recibir, ya que indica que la intensidad de los atributos sensoriales evaluados de dulzor, sabor y textura son justamente como el consumidor los desea. La Tabla 38 de la sección de resultados incluye los comentarios obtenidos de los grupos focales en cuanto a lo degustado.

Figura 12: Resultados obtenidos de los grupos focales para la validación de la formulación final



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Resultado ANOVA obtenidos de los grupos focales para la validación de la formulación final

Muestras comparadas	Aspecto evaluado		
	Dulzor	Sabor	Textura
	Valor obtenido de la probabilidad Pr(>F)		
A-A y B-A	0.439	0.257	0.710
A-B y B-B	0.129	0.588	1.000
A-C y B-C	0.087	0.685	0.532
A-D y B-D	0.630	0.887	0.797

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de los grupos focales evaluados. Probabilidad usada de 5%, si la Pr(>F) es mayor a (0.05) no hay diferencia estadísticamente significativa, si es menor si hay diferencia.

En cuanto a las calificaciones igual o mayor a 7 (Figura 12 en resultados), para todas las muestras, se muestra una tendencia por arriba del 7 en cuanto a la calificación aportada a todas las muestras probadas. Esto va de la mano con la Figura 24 en anexos, ya que se muestra que la preferencia de los consumidores se dirigió a las muestras AB y BB con un 35% de votos cada una, lo que se refleja en las calificaciones para estas muestras de un 90% para la AB y para la BB de un 87.5% por arriba del 7. Estos resultados se corroboraron con ANOVA para determinar si había diferencia estadísticamente significativa entre las muestras (Tabla 15 en resultados). Utilizando una probabilidad del 5% para el análisis, se obtuvieron los valores de la probabilidad Pr(>F) para realizar la comparación entre las galletas con los mismos rellenos, para poder demostrar si los panelistas percibían o no diferencia al probar una galleta libre de gluten y una galleta con gluten. Debido a que todas las respuestas obtenidas en el análisis fueron mayores a 0.05 (5% de probabilidad utilizado), se concluyó que no había diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y debido a eso es que se obtuvieron resultados muy similares en la encuesta mencionada con anterioridad.

Tabla 16: Matriz de evaluación para la elección de formulación final

Tipo	Costo de producción	Disponibilidad de los materiales	Facilidad de manipulación de la masa
Arroz	6	7	7
Trigo	5	7	4

Fuente: Elaboración propia, utilizando una escala de 1 a 10, siendo 1 bajo/fácil y 10 alto/difícil.

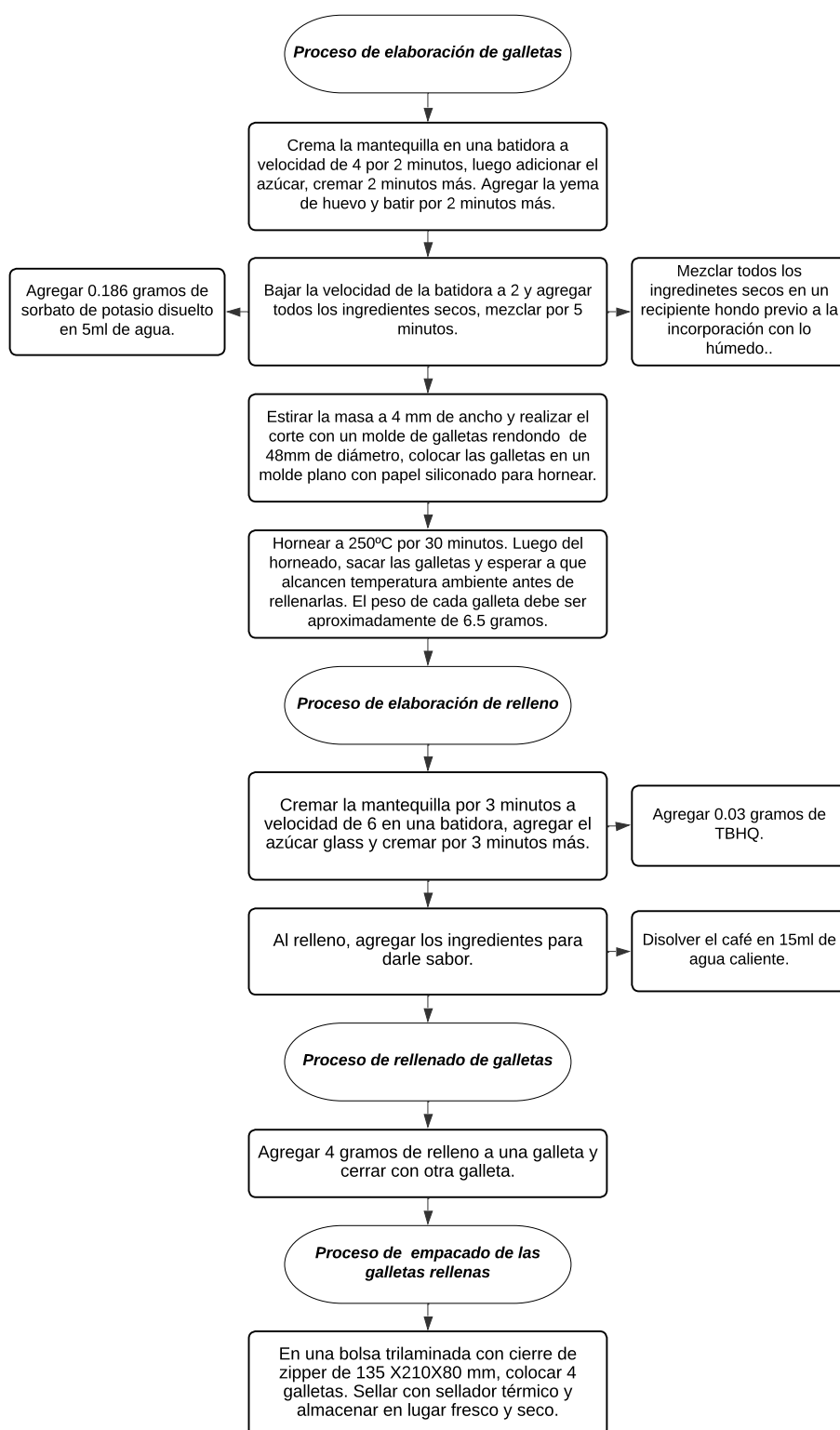
Con este resultado y teniendo claro que los panelistas de las 8 muestras probadas tenían una preferencia hacia las muestras AB y BB, se realizó una matriz (Tabla 16 en resultados) evaluando el costo de producción de cada una de las galletas, la disponibilidad de los materiales utilizados en las formulaciones y la facilidad de manipulación de cada una de las masas, debido a que se trabajaba una con gluten y una sin gluten. Estos tres puntos se evaluaron con una escala de 1 a 10 siendo 1 bajo/fácil y 10 alto/difícil, con esto se obtuvo una valoración de 28 para la formulación utilizando harina de arroz y una valoración de 16 a la formulación utilizando harina de trigo. El aspecto en donde más diferencia hubo fue en cuanto a la manipulación de la masa, ya que al momento de realizar la formulación con harina de arroz (50%) y harina de pulpa de café (50%), la masa quedaba quebradiza al momento de extenderla y de cortarla con el molde, a comparación de la iteración utilizando harina de trigo (50%) y harina de pulpa de café (50%), la cual era fácil de estirar y no había problema al momento de cortarla. Con este análisis se concluyó que la iteración 4 (BB), sería la galleta que se presentaría en el panel sensorial.

Tabla 17: Formulación final pasada en el panel sensorial de las galletas a base de harina de pulpa de café

Iteración	Formulación	Condiciones de preparación/horneado
Final (B) galleta	125 gramos de azúcar 27 gramos de yema de huevo 58.25 gramos de harina de pulpa de café 58.25 gramos de harina de trigo 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal	250°C por 30 minutos
Final (B) relleno	100 gramos de mantequilla 200 gramos de azúcar glass 120 gramos de café instantáneo descafeinado 60 gramos de cocoa amarga en polvo 15 ml de agua caliente	Cremar por 3 minutos la mantequilla, agregar el azúcar y cremar por 3 minutos más. Agregar el café disuelto en el agua caliente y la cocoa y mezclar hasta obtener una mezcla homogénea.

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Proceso de elaboración de las galletas



Fuente: Elaboración propia

Análisis sensorial, tabla nutricional y análisis proximales de la galleta desarrollada

Con la formulación mostrada en la Tabla 17 en resultados y siguiendo el proceso mostrado en la Figuras 13 y 14 en resultados, se llevó a cabo la preparación de las galletas para el panel sensorial. En este, se presentó a 100 panelistas junto con la muestra, la encuesta mostrada en la Tabla 39 en anexos para evaluar la aceptación final de la muestra.

Tabla 18: Resultados obtenidos del análisis sensorial

Pregunta	Promedio de los resultados
¿Cuánto le gusta la muestra en general?	7.45 ± 1.25
¿Cuánto le gusta el color de la muestra?	7.50 ± 1.49
¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?	7.37 ± 1.45
¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	7.27 ± 1.51
¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	7.11 ± 1.82
¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	7.66 ± 1.51

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del análisis sensorial

Para el panel sensorial, se estableció que una puntuación de 7 a 9 acredita al producto como aceptable y también se estableció que un nivel alto de aceptación estaría a partir del 70%. Con esto, se evaluaron los resultados los cuales fueron alentadores, las respuestas de los valores de 7 a 9 obtuvieron un 76% de aceptación por el producto, donde el mejor atributo fue la apariencia de la galleta con un 83%, seguido de color con un 82% y con un 80% para la muestra en general. El atributo olor y sabor obtuvieron 73% y 74% respectivamente y el atributo con menor calificación fue la textura con un 70%. Con estos resultados se observa que todos los atributos evaluados tienen un alto nivel de aceptación, mostrando un gran potencial de la introducción del producto en el mercado. La Tabla 18 en resultados, muestra los promedios obtenidos en la escala hedónica de 1 a 9 para los 6 atributos evaluados, al igual que lo mencionado con anterioridad, todos los atributos cuentan con una evaluación por arriba de 7, indicando la aceptación de la galleta evaluada.

Tabla 19: Características base húmeda de las galletas galletas con proporción 50/50 harina de trigo y harina de pulpa de café

Propiedad	Contenido en la galleta a base de harina de pulpa de café
Humedad (%)	7.43 ± 0.00
Grasa (%)	17.67 ± 0.19
Proteína (%)	5.35 ± 0.23
Ceniza (%)	2.43 ± 0.01
Carbohidratos (%)	67.12 ± 0.12
Fibra dietética (%)	19.46 ± 0.47

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Etiquetado nutricional de las galletas

Información Nutricional	
Tamaño de la porción (2 galletas) 34g	
Porciones por envase	2
Valor	
Cantidad por porción	Diario*
Energía	650 kJ / (160 kCal)
Grasa total 6g	
Grasa saturada 1.5g	8%
Colesterol 425mg	
Sodio 65mg	4%
Carbohidratos Totales 23g	
Fibra dietética 7g	
Proteína 2g	4%
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 calorías según FAO/OMS. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.	

Fuente: Elaboración propia

Se llevaron a cabo los análisis proximales a la formulación final de la galleta pasada al panel, para poder establecer valores de grasa, proteína, ceniza, carbohidratos y fibra dietética. Según el RTCA 67.01.60:10 de etiquetado nutricional, se establece en el Anexo E las condiciones relativas al contenido de nutrientes que debe tener el alimento para poder declarar un nutriente en específico. En el caso de la fibra, se establece que para poder declararlo como alto, buena fuente, rico en o excelente fuente, el alimento debe contener 6g de fibra por cada 100 g de alimento. Con los resultados mostrados en la Tabla 19 en resultados, se comprobó que la galleta si puede declararse como “alta en fibra” ya que contiene un $19.46\% \pm 0.47\%$, lo que corresponde a 19.46g de fibra por cada 100 g de galleta. Esto demuestra que es aproximadamente 3 veces el mínimo de la norma. Puede declararse también como un alimento muy bajo en sodio ya que no contiene más de 140 mg por porción. Según la norma NMX-F-006-1983 el límite permisible máximo de humedad para galletas refinadas es del 8.0%, con esto se establece que la galleta confeccionada si entra en el rango de esta norma debido a que se obtuvo una humedad menor al 8%, lo cual es importante para la vida útil de este alimento. Así mismo, se observa que se tiene un contenido moderado de grasa, alto contenido de carbohidratos, bajo contenido de cenizas y proteínas en comparación con los otros componentes. Estos resultados fueron utilizados para poder llevar a cabo la elaboración de la etiqueta nutricional de la galleta, Figura 14 en resultados. Para ello, utilizando el RTCA 67.01.60:10 de etiquetado nutricional, en el Anexo F se establecen las cantidades de referencia para el cálculo de las porciones, para la sección de productos de panadería en la categoría 6 de galletas, se establece que son 30 g consumidos por tiempo de comida, debido a que esto es una referencia se estableció el tamaño del paquete el cual sería de 4 galletas, con dos porciones de 34 g cada una. Utilizando estequiometría para el cálculo y reglas de redondeo establecidas en el RTCA mencionado con anterioridad, se obtuvieron los valores declarados en la etiqueta nutricional. Los valores establecidos en la etiqueta, son importantes para aquellos consumidores que deseen controlar su ingesta calórica y de macro y micro nutrientes. En la Tabla 42 en anexos, se muestran los análisis proximales para la galleta con 50/50 harina de arroz y harina de pulpa de café. Los resultados son muy parecidos a los obtenidos con harina de trigo y harina de pulpa de café, estableciendo que una formulación libre de gluten, podría declararse de igual manera “alto en fibra”.

Tabla 20: Características de las galletas

Característica	Valor
Forma	Diámetro: 4.80 cm Espesor: 1.50 cm
Peso	17 g
Color	L: 17.37 ± 0.50 a: 9.30 ± 0.01 b: 10.82 ± 0.16
Actividad de agua	0.59 ± 0.02
Cafeína (%) 72.21 mg	0.42

Fuente: Elaboración propia. Cada galleta está compuesta de dos galletas de aproximadamente 6.5 gramos cada una y 4 gramos de relleno.

Así mismo, se evaluó la galleta (Tabla 20 en resultados), esta presentó una forma redonda, con diámetro, espesor y peso atractivos para el consumidor, estos parámetros varían según lo desee el productor de la galleta ya que no existen especificaciones o leyes de mínimos o máximos, pero se logró balancear el tamaño (diámetro y espesor) con el peso de la galleta. En cuanto al color de la galleta, a simple vista tiene color café oscuro, muy similar al de un chocolate oscuro y el relleno tiene color a un chocolate de leche. Al analizar el color con un equipo especializado, se obtiene valores de L, a y b, los cuales cada uno representa una gama de colores, la L representa la luminosidad, la cual en el análisis no es tan alta, debido a que el color de la galleta fue un color oscuro, el valor de la a representa los tonos rojos y verdes, el valor obtenido indica una tonalidad del color rojo con mezcla de azul y el b representa los tonos azul y amarillo, con el valor obtenido indicando una tendencia al color amarillo. Estos resultados con el colorímetro tienen sentido, debido a que los colores para formar el café son azul, rojo y amarillo, lo cual se ve representado tanto visualmente como en la gama del Espacio de color CIE L*A*B*. En cuanto a la actividad de agua, el valor obtenido fue por debajo de 0.6, lo cual indica un bajo riesgo microbiológico (Badui, 2006). El porcentaje de cafeína obtenido de 0.42%, equivale a 72.21 mg de cafeína, la FDA estableció que para adultos la dosis diaria de cafeína que no genera efectos negativos peligrosos de 400 mg diarios, esto indica que el producto final cubriría parte de la dosis diaria.

Tabla 21: Promedios de los resultados obtenidos en el análisis de vida útil

Semana	Dureza	No. de fracturas	Humedad (%)
Control	1311.67 ± 460.23	24.33 ± 1.53	5.93 ± 0.15
1	1044.33 ± 76.11	18.00 ± 1.00	5.93 ± 0.06
2	969.00 ± 156.12	12.67 ± 3.06	5.97 ± 0.12
3	452.13 ± 20.79	5.00 ± 1.00	6.00 ± 0.10
4	338.00 ± 53.78	2.33 ± 1.53	6.00 ± 0.10

Fuente: Elaboración propia.

El producto se empacó en bolsas tipo *Stand up* con cierre de *zipper* trilaminadas con estructura de PET / VM MET / PE. Se almacenaron a condiciones de temperatura estándar, simulando el almacenamiento en una góndola de supermercado. Como se muestra en la Tabla 21 en resultados, la dureza de las galletas fue disminuyendo con el paso de las semanas, así como el número de fracturas a lo largo de los análisis. Esta disminución de dureza, está ligada a la transferencia de la humedad del relleno a la galleta, es por esto que al principio la galleta tiene crujencia, pero al momento de entrar en contacto por tiempo prolongado el relleno con la masa, existe una absorción de humedad de la galleta, lo cual se observa en la pérdida de dureza original. En cuanto al parámetro de humedad, se observa que durante las 4 semanas la humedad aumentó 0.07 del control a la semana 4. Este leve aumento demuestra que el empaque cumplió su función de mantener a la galleta en un rango por debajo del establecido por la norma NMX-F-006-1983 de 8.0%. Sensorialmente, el producto disminuyó únicamente en crujencia, mientras que en las propiedades de color, olor y sabor, se mantuvo. Con estos resultados se valida el producto con 4 semanas de vida útil en los aspectos mencionados con anterioridad, sin embargo únicamente 1 semana en el aspecto de textura crujiente. En la Tabla 43 en anexos, se muestran imágenes semanales de las galletas.

Industrialización del proceso de desarrollo galletas rellenas a base de harina de pulpa de café altas en fibra

Tabla 22: Especificaciones para la extrapolación industrial

Tiempo total de producción (horas)	8.00
Peso (kg) pulpa iniciales	131.50
Peso (kg) pulpa escaldada	127.55
Peso (kg) pulpa deshidratada	12.50
Peso (kg) molienda	12.19
Peso (kg) harina de pulpa / paquete	0.012
Paquetes en tiempo total de producción	1046.10
1 / <i>takt time</i> (paquetes / hora)	130.76

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de la planta piloto, se realizó un escalamiento del proceso de nivel laboratorio a escala industrial. En las Tablas 44 a la 47 en anexos, se muestran los criterios establecidos para los cálculos de la extrapolación industrial, la demanda calculada a un plazo de 10 años (metodología apartado 9a) y los porcentajes de rendimientos utilizados en cada una de las etapas.

Se obtuvieron los valores industriales mostrados en la Tabla 22 en resultados, se estableció que se debían producir 130.76 paquetes / hora, para cumplir con una demanda semanal de 5,753.57 paquetes, al trabajar 44 horas a la semana. Con una verificación de 0.00 en el proceso de escalonamiento, se obtuvo que inicialmente son necesarios 131.50 kg de pulpa fresca, los cuales son introducidos al proceso de lavado el cual tiene un rendimiento del 97.00% (debido a granos, ramas y hojas que se separan de la pulpa). De esta etapa, contemplando el rendimiento, se obtienen 127.55 kg de pulpa para los siguientes procesos de escaldado y choque térmico. Estos kilogramos son introducidos a la etapa de deshidratación, la cual cuenta con un rendimiento del 9.8%, contemplando este rendimiento, se obtienen 12.50 kg de pulpa seca. Con un rendimiento en el proceso de molienda del 97.05%, al introducir los 11.72 kg de pulpa seca se obtienen 12.19 kg de harina de pulpa de café. Al dividir los 12.19 kg de harina de pulpa de café dentro de 0.012kg de harina de pulpa en cada paquete (4 galletas rellenas), se obtiene que los 131.50 kg de pulpa fresca luego de los procesos para su transformación en harina, son necesarios para la producción de 1046.10 paquetes / 8 horas totales de producción.

Para realizar una verificación de la cantidad de paquetes producidos y la satisfacción de la demanda, se dividen los 1046.10 paquetes dentro de las 8 horas totales de producción y se obtienen 130.76 unidades / hora, que es lo obtenido inicialmente de 1 / *takt time*. Este valor al multiplicarlo por las 44 horas de trabajo semanales brinda un total de 5,753.57 paquetes / semana. Con los kilogramos necesarios en cada etapa, se llevó a cabo la búsqueda de los equipos.

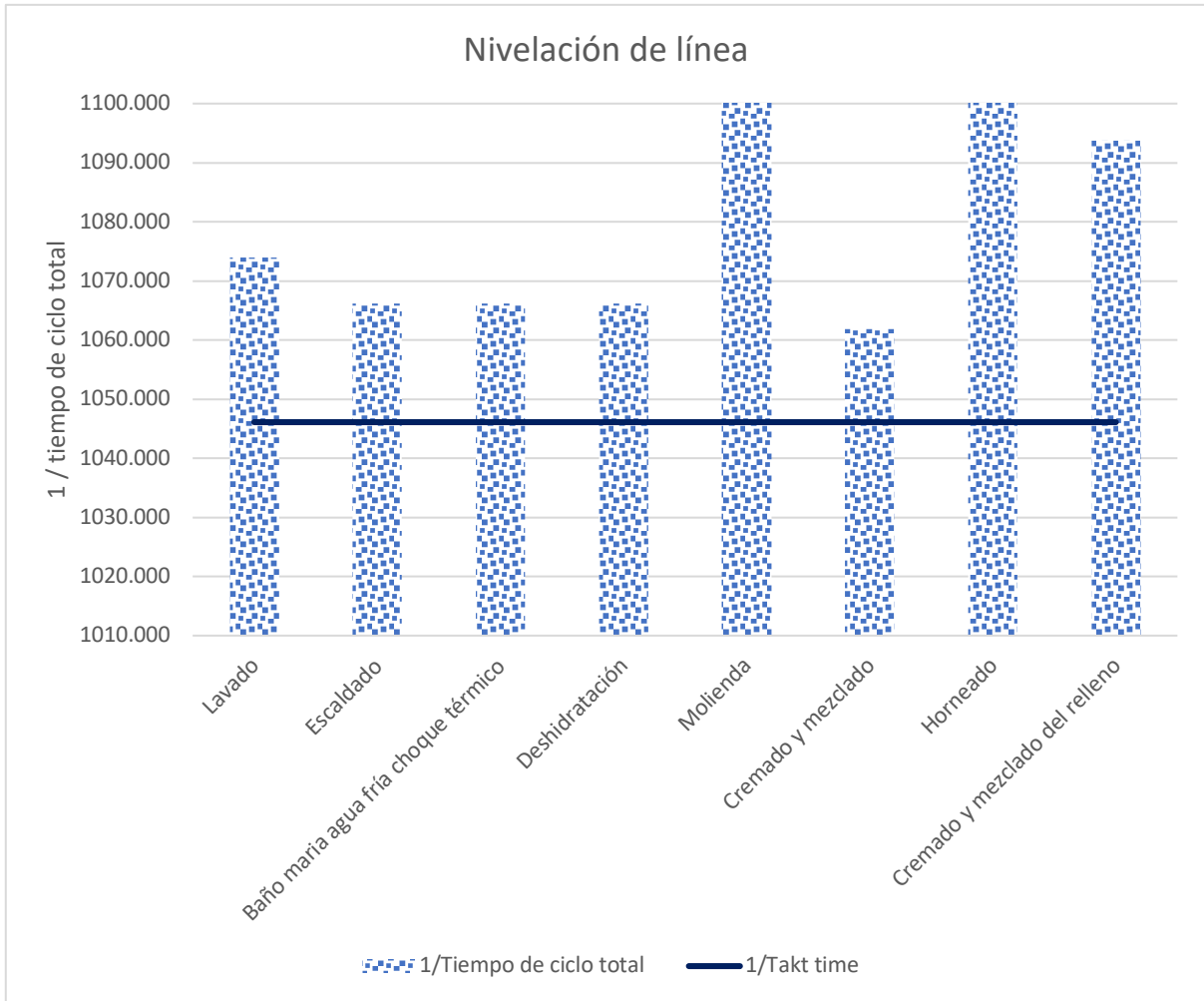
Tabla 23: Nivelación línea de producción

Etapa	Tipo de equipo	Capacidad (kg/h)	kg/unidad	1/Tiempo de ciclo total	1/ <i>takt time</i>	Número de máquinas
Lavado	Lavadora de frutas y verduras	135	0.126	1073.963	1046.104	1
Escaldado	Escaldadora	130	0.121	1066.172	1046.104	1
Baño maria agua fría choque térmico	Lavadora de frutas y verduras	130	0.122	1066.172	1046.104	1
Deshidratación	Deshidratador de bandejas	130	0.122	1066.172	1046.104	1
Molienda	Molino de martillos	15	0.012	1255.304	1046.104	1
Cremado y mezclado	Batidora industrial	80	0.075	1061.892	1046.104	1
Horneado	Horno de convección	90	0.075	1194.629	1046.104	1
Cremado y mezclado del relleno	Batidora industrial	35	0.032	1093.750	1046.104	1

Fuente: Elaboración propia. Algunos equipos, según especificaciones de los proveedores, trabajan en rangos de capacidad, por lo que para el cálculo de nivelación de línea, se tomaron las capacidades a criterio propio del autor, según los rangos establecidos por los proveedores.

Se llevó a cabo la búsqueda de equipo, con los kilogramos necesarios en cada etapa, establecidos en el párrafo anterior. Para ello, se buscó un equipo de lavado con capacidad por arriba de 131.50 kg, eligiendo un equipo de lavado para frutas y verduras con capacidad de 135 kg/h, se eligió este equipo debido a que es de fácil funcionamiento. Seguido de eso, el equipo para el proceso de escaldado se buscó con capacidad mayor a 127.55 kg, seleccionando uno de 130 kg/h. Este equipo llega a una temperatura de 100°C necesaria para la ebullición del agua y cuenta con una rejilla, la cual facilita el proceso de remoción de la pulpa. El equipo de baño maría seleccionado, fue el mismo seleccionado para el proceso de lavado, debido a que se puede conectar a una corriente de agua fría o caliente, por lo que se puede regular la temperatura y cuenta con capacidad para los 127.55 kg que se introducirán. El deshidratador seleccionado tiene una capacidad de 130 kg/uso (la capacidad mínima necesaria es de 127.55 kg). La selección de este equipo fue debido a su capacidad y rango de temperaturas de 30 a 90 °C el cual engloba la temperatura necesaria para el proceso de 54.44 °C (130°F). Cuenta con panel de control para establecer la temperatura y tiempo de deshidratado, así como control de humedad dentro de la cámara de deshidratación para que el producto no absorba humedad cuando el proceso haya terminado. Con los 12.50 kg necesarios para moler, se seleccionó un molino con capacidad de 15 kg/uso. Se seleccionó un molino de martillos, debido a que este tipo de molino es eficiente para la reducción del tamaño de partícula para materiales fibrosos como lo es la harina de pulpa de café. Se puede ajustar el tamaño de mesh (tamaño de partícula deseada al final) en un rango de 10 a 120 mesh, lo cual está dentro del rango deseado, pues una partícula que atraviese el mesh 60 sería menor a 0.25 mm. Se seleccionó un horno con capacidad de 80 kg/batch de convección, debido a las ventajas de cocción uniforme. Por último, para la elección de las batidoras se llevó a cabo en base a la capacidad necesaria de 78.81 kg (los cuales son los kg introducidos al horno) para el proceso de mezclado para la elaboración de la masa y 33.48 kg de relleno, ambas batidoras seleccionadas contienen adaptadores de amasado y cremado (Tabla 49 en anexos).

Figura 15: Nivelación de línea de acuerdo a equipo elegido



Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 23 en resultados, se obtuvo la Figura 15 en resultados, en la cual se muestra que, de acuerdo a las capacidades de los equipos buscados, todos se mantienen por encima o sobre la línea de $1 / takt\ time$, lo cual indica que los seleccionados si cumplirían con la demanda diaria establecida.

Tabla 24: Número de operarios necesarios

Etapas manuales	
Pesado de la pulpa para lavar, introducción y retiro.	3
Introducción y retiro de la pulpa al equipo de escaldado.	
Introducción y retiro de la pulpa al equipo de choque térmico.	
Colocado de la pulpa en bandejas de deshidratación.	
Colocado de pulpa deshidratada en equipo.	2
Retirado de la pulpa del molino a bolsa para ser utilizada.	
Pesaje de los ingredientes a utilizar para la fabricación de las galletas.	1
Pesaje de los ingredientes a utilizar para la elaboración del relleno.	
Estirado y cortado de la masa.	3
Rellenado de galletas.	1
Empacado y sellado de galletas en bolsas.	
Etapas maquinarias	
Lavado	2
Escaldado	
Baño maria agua fría choque térmico	
Deshidratación	
Molienda	
Cremado y mezclado	
Horneado	
Cremado y mezclado del relleno	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 24 de resultados, muestra los operarios necesarios por día para el proceso, de acuerdo a criterios propios del autor de unificación de procesos para la disminución de personal. En la Tabla 55 en anexos, se muestran los resultados del número de operarios por etapa del proceso. La reducción de operarios es importante ya que hay etapas del proceso que pueden ser realizadas por el mismo operario. Para el proceso de etapa con maquinaria, cabe recalcar que los operarios tienen que dar inicio a las máquinas y prepararlas para ser utilizadas en las etapas manuales y al terminar esas tareas, se incorporan a los operarios de etapas manuales. Se obtuvo un total reducido de 12 operarios necesarios para cumplir con la producción diaria, a comparación de los 20 operarios iniciales.

Teniendo establecidos los equipos y sus dimensiones (Tablas 49 y 50 en anexos) y la cantidad de operarios; por medio del método Guerchet para el cálculo de la superficie requerida, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 25 en resultados.

Tabla 25: Área requerida método Guerchet

Maquinaria y equipo	Ss (superficie estática) (m)	Sg (superficie gravitacional) (m)	Se (Superficie de evolución) (m)	St (superficie total) (m^2)
Lavado	1.46	2.91	6.49	10.85
Escaldado	0.84	1.68	3.74	6.26
Baño maria agua fría choque térmico	1.46	2.91	6.49	10.85
Deshidratación	0.54	0.54	1.59	2.66
Molienda	0.42	0.85	1.89	3.16
Cremado y mezclado	1.36	2.72	6.05	10.13
Horneado	6.10	6.10	18.13	30.33
Cremado y mezclado del relleno	0.65	1.30	2.89	4.83
Maquinaria y equipo	Ss (superficie estática) (m)	Sg (superficie gravitacional) (m)	Se (Superficie de evolución) (m)	St (superficie total) (m^2)

Maquinaria y equipo	Ss (superficie estática) (m)	Sg (superficie gravitacional) (m)	Se (Superficie de evolución) (m)	St (superficie total) (m²)
Mesa recepción y pesado de ingredientes	0.43	0.85	1.89	9.51
Mesa estirado y moldeado	1.44	2.88	6.42	32.22
Mesa para rellenado, empacado, sellado	0.43	0.85	1.89	6.34
Selladora	0.03	0.03	0.08	0.40
Balanzas	0.17	0.17	0.49	2.46
Carrito de acero	0.40	1.59	2.95	19.73
Carro de bandejas	0.48	1.92	3.57	11.93
Operario	0.50		0.27	9.27
TOTAL (área de producción)	19.47	33.67	78.50	170.94
Estantería almacenamiento de ingredientes	1.20	4.80	8.92	14.92
Refrigerador para mantequilla y pulpa	1.60	1.60	4.75	7.94
TOTAL (área de almacenamiento)	2.80	6.40	13.66	22.86
Estantería almacenamiento de producto terminado	1.2	4.8	8.92	44.75
TOTAL (área de almacenamiento producto terminado)	1.2	4.8	8.92	44.75

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo un área de $170.94m^2$ para el área de producción. A este resultado se sumó un factor de seguridad del 5%, resultando en $179.48m^2$ y aproximando a un área total de $180m^2$ para el área de producción. De la misma manera, se añadió un 5% al total de $22.86m^2$ obtenidos para el área de almacenamiento de materia prima, obteniendo un valor de $23.99m^2$ y aproximando a $25m^2$ como área final, contemplando dos estanterías y un refrigerador con capacidad de $0.700m^3$. El número de estanterías se seleccionó estableciendo que la entrega de la materia prima sería quincenal, Se obtuvieron los kilogramos de cada ingrediente y con la densidad de cada uno, se calculó el volumen, para relacionarlo con el volumen de la estantería y así calcular cuántas serían necesarias. Para el área de almacenamiento del producto terminado, se aproximaron los $44.76m^2$ obtenidos a $45m^2$, contemplando 6 estanterías. Para el cálculo de todas las áreas se tomó en cuenta número de equipos, paso de personal y paso de herramientas utilizadas por el personal. En la tabla 54 en anexos, se muestran los parámetros de número de lados y número de maquinaria establecidos para los cálculos de la superficie total.

Tabla 26: Área requerida para cuarto frío

Pulpa diaria utilizada (kg)	131.50
Pulpa anual (kg)	47996.78
Días de entrega (ligado a la cosecha de 120 días)	104
Peso (kg) pulpa entregada diaria	461.51
Pulpa diaria restante (pulpa entregada diaria - Pulpa diaria utilizada)	330.01
Pulpa almacenada al final de los 104 días de entrega (kg)	34320.99
Pulpa almacenada al final de los 104 días de entrega (m^3)	127.11
Volumen de 1 cubículo de la estantería (m^3)	0.72
Dimensión resultante del cuarto frío (ancho x largo x alto m)	5 x 25.2 x 2.60
Área resultante del cuarto frío (m^2)	126

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del área requerida para el almacenamiento de la pulpa congelada, se utilizó el volumen que podía almacenar 1 capa de 1 estantería de 4 capas. Estableciendo que se recibirá pulpa durante los primeros 104 días del año, se realizó un cálculo de la pulpa utilizada, entregada y almacenada diariamente. La pulpa entregada diariamente se calculó de acuerdo a

104 días de entrega de los 120 días de cosecha anuales (restando los domingos que no trabaja la fábrica) obteniendo un total de 461.51kg de pulpa entregados, estableciendo que lo máximo de almacenamiento de pulpa es de 3,4320.99 kg para los 8 meses restantes del año en los cuales no hay cosecha. Con estos los kilogramos de almacenamiento se obtuvo el volumen al que equivaldrían, con la densidad de la pulpa fresca de $270\text{kg}/\text{m}^3$ (Montilla, 2008). Se obtuvo un volumen de 127.11m^3 , determinando la necesidad de 44 estanterías, lo cual resultó en un área de 126m^2 , tomando en cuenta los pasillos a lo largo de las estanterías de 1m y pasillos entre estanterías de 0.9m para el movimiento de personal y carros de carga dentro del cuarto frío (Tabla 26 en resultados).

Tabla 27: Área requerida para baños, lockers, comedor y área de limpieza y desinfección

Área	m^2
Baños	9
<i>Lockers</i>	3
Cafetería	24
Oficinas	30
Limpieza y desinfección	12

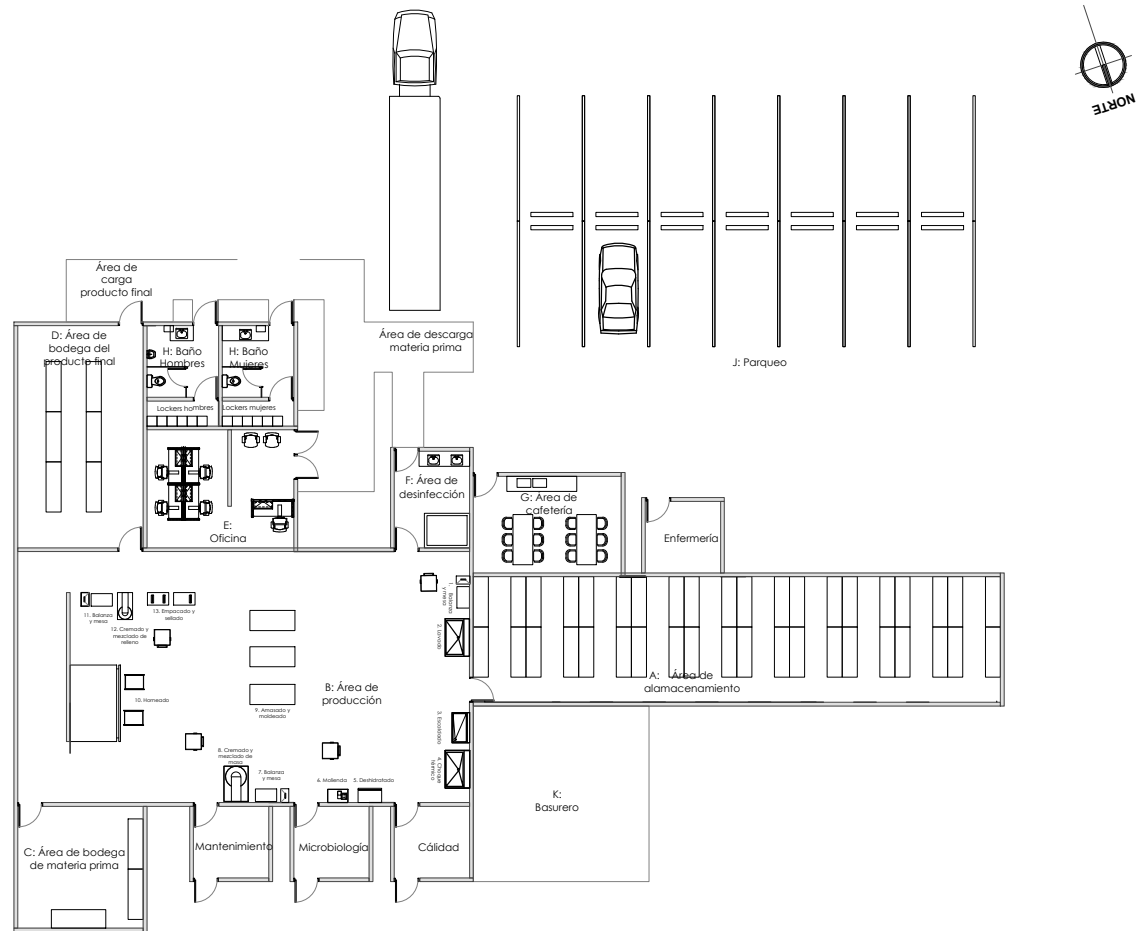
Fuente: Elaboración propia.

Con los operarios establecidos, se revisó el RTCA 67.01.33:06 para determinar cuántos lavamanos, inodoros y orinales eran necesarios para 6 hombres y 6 mujeres, asumiendo que trabajarán la misma cantidad de personas de ambos géneros. El reglamento establece que para los inodoros y los orinales, es necesario uno por cada veinte trabajadores y para lavamanos es necesario uno por cada quince trabajadores. Con esto establecido, se llevó a cabo el dimensionamiento de los baños y *lockers*, utilizando las dimensiones de los materiales en la tabla 53 en anexos. Se obtuvo así un área necesaria de 9m^2 para cada baño y un área de 3m^2 para cada uno de los *lockers*. Con las dimensiones de la mesa y criterio de pasillos, se obtuvo un área de 24m^2 de cafetería. Colocando dos lavamanos y un limpiabotas en el área de desinfección previo al ingreso de la fábrica, se obtuvo un área de 12m^2 . Se buscó en la Web el área mínima de oficinas, por lo que se estableció de 30m^2 , en donde caben 4 personas con sus escritorios y sillas respectivas. El área de enfermería, control de calidad, microbiología y mantenimiento se estableció de 6m^2 , Tabla 27 en resultados.

Con esto establecido, se planteó el croquis final de la planta, mostrado en la Figura 16 resultados. En la Figura 26 en anexos, se muestra la primera iteración de diseño del croquis, realizada en Excel y en la Tabla 56 en anexos se tienen las representaciones de los equipos y materiales. En las Figuras 27-36 en anexos, se muestra el diseño de la planta 3D, realizado con el sistema Rhinoceros.

Continuación Figura 16 :

Figura 16: Croquis de la planta introducción de medidas y área de planta a software CAD



Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Requerimientos generales para las áreas planteadas

Área	Tipo de piso	Iluminación	Tipo de agua	Tipo de energía
Áreas de almacenamiento	Cemento pulido y fundido	540 lux	Potable	Trifásica 220 voltios
Área de producción	Epóxico	540 lux	Potable	Trifásica 220 voltios
Área de oficinas, comedor	Cemento pulido y fundido	220 lux	Potable	Trifásica 220 voltios
Áreas de baños, lockers y limpieza	Cemento pulido y fundido	220 lux	Potable	Trifásica 220 voltios
Área de calidad y microbiología	Cemento pulido y fundido con capa de pintura epóxica	540 a 1000 lux	Potable	Trifásica 220 voltios
Área de enfermería y mantenimiento	Cemento pulido y fundido	220 lux	Potable	Trifásica 220 voltios

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28 en resultados, se muestran las especificaciones en cuanto a piso, luz, tipo de agua y energía necesaria en cada una de las áreas establecidas. Es importante recalcar que en todas las áreas se establecieron pisos de fácil limpieza, para prevenir la acumulación de suciedad. Así mismo en el área de producción se contempla un piso con una capa epóxica de pintura, debido a la facilidad de lavar, impermeabilidad y que es antideslizante, en esta área al igual que en bodegas y área de desinfección, lavado y cuarto congelado deben haber curvas sanitarias para prevenir la aglomeración de plagas, polvo y demás contaminantes. Los luxes de las luces varían dependiendo del área ya que algunas áreas necesitan mayor iluminación que otras, como el área de calidad, microbiología, producción y almacenamiento. Se decidió utilizar agua potable en todas las áreas mencionadas en el cuadro, para mantener la inocuidad y

prevenir el ingreso de microorganismos patógenos por esta vía. El tipo de energía necesaria para toda la planta es de 220 voltios, trifásica, lo cual será eficiente y alimentará a todos los equipos elegidos.

Análisis económico de la planta propuesta para el desarrollo de galletas rellenas a base de harina de pulpa de café altas en fibra

Tabla 29: Análisis económico de la planta piloto propuesta para el desarrollo de galletas rellenas a base de harina de pulpa de café

VPN	Q 3,296,517.59
TIR	57.90 %
Período de recuperación (años)	2

Fuente: Elaboración propia. La TMAR utilizada fue del 5% y representa la tasa de interés líder del banco de Guatemala para septiembre de 2023. Datos en anexos tablas 58 – 70.

Como última etapa en el desarrollo del producto, se llevó a cabo un análisis económico para determinar la viabilidad del estudio. Se realizó un flujo de efectivo proyectado a 10 años, tomando en cuenta el dimensionamiento de los equipos principales y secundarios, costos de estos equipos y los relacionados a su funcionamiento, costo de la materia prima, materiales de empaque y mano de obra. El análisis resultó en un valor presente neto de Q 3,296,517.59, tasa interna de retorno de 57.90 % y periodo de recuperación de la inversión inicial de dos años, como se muestra en la Tabla 29 en resultados.

Las materias primas utilizadas en la planta piloto se describen en la Tabla 57 en anexos y en la Tabla 58 de anexos, se detallan los costos del material de empaque. La bolsa de empaque trilaminada para 4 galletas rellenas se cotizó impresa de ambos lados (presentación del producto al frente y etiqueta nutricional detrás). Adicionalmente, se cotizaron cajas para 24 unidades, para facilitar el movimiento del producto final durante el despacho. Otro material indirecto tomado en cuenta fueron las bolsas de plástico para almacenar la pulpa en el cuarto congelado, estableciendo estas como de un solo uso debido a la naturaleza del empaque.

Para el flujo de efectivo se realizó la cotización de los equipos, Tabla 59 en anexos. A estos precios se sumó el impuesto sobre el valor agregado, arancel aplicable, costos de transporte (Q 500) y descarga de los equipos en las instalaciones de la planta (Q 250). La inversión inicial del proyecto resultó de Q 1,066,767.17. Los equipos principales seleccionados para la planta piloto fueron una máquina lavadora para eliminar materiales ajenos a la pulpa como ramas, suciedad, etc. del lote que se reciba, una escaldadora para el proceso de shock térmico que blanquea la materia prima; un deshidratador para disminuir la humedad de la pulpa por debajo del 15 %, molino de martillos para lograr una molienda fina del producto, batidora y horno de bandejas con funcionamiento tipo convección para las galletas.

Debido a la demanda eléctrica de la mayoría de los equipos, se determinó el consumo de energía anual con base en un estudio de tiempos de uso durante el día de trabajo, Tabla 62 en anexos. Dado que son equipos para un proyecto de 10 años y según la vida útil establecida por el proveedor, se calculó la depreciación de manera lineal dentro de ese intervalo de tiempo, Tablas 63 y 64 de anexos, reemplazando los equipos principales al finalizar los 10 años. En el caso de los equipos secundarios, se estableció una vida útil de cinco años, lo cual implicaría la compra de nuevos en el año cinco. El efecto económico de esta renovación de principales y secundarios se observa en el rubro de egresos del flujo de efectivo, Tablas 68 y 69 en anexos.

El requerimiento de mano de obra (12 operarios) descrito anteriormente fue utilizado para el cálculo de los costos salariales anuales. Se tomó como base una jornada diurna con 44 horas de trabajo para el plan de trabajo de ocho horas entre semana y cuatro el sábado, durante 49 semanas al año, en el tiempo proyectado de 10 años de la planta piloto. Para determinar el salario base, se tomó como referencia el sector agrícola, ya que la planta piloto estaría localizada en las instalaciones de la plantación de café de la cual se obtuvo la pulpa. Con el plan de trabajo descrito, el pago de horas ordinarias totalizaría un salario de Q 49,652.24 anuales para cada trabajador, el cual toma en cuenta e incluye las prestaciones de ley de la Tabla 65 en anexos.

Se desarrolló el estado de resultados del año 1 al 10 con la información de costos y cálculos descritos anteriormente, mostrado en las Tablas 66 y 67 de anexos. El precio por unidad de Q 15 por bolsa de 4 galletas rellenas, se extrajo de encuestas realizadas a los grupos focales en relación a la cantidad de galletas que esperarían por unidad de venta y el precio que

consideraban justo por la cantidad de producto establecida, Tablas 66 y 67 en anexos. El aumento en la demanda anual, explicado con anterioridad se tomó en cuenta para determinar las ventas anuales por 10 años. El estado de resultados, tomando en cuenta los costos, ventas e impuestos, proporcionó un margen de ganancia sobre las utilidades de 25 %, dato que concuerda con la literatura consultada para la industria de alimentos.

Por último, se desarrolló el flujo de efectivo del proyecto desde el año cero hasta el año 10, tomando en cuenta la inversión inicial, ingresos y egresos anuales, e impuestos, como se observa en la Tablas 68 y 69 en anexos. Este flujo de efectivo se utilizó posteriormente para calcular el valor presente neto de la inversión que resultó en Q 3,296,517.59, este valor positivo indica una buena valoración y utilidades en el proyecto, incluso triplicando la inversión inicial. La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) empleada fue de 5 %, valor de la tasa de interés líder para septiembre de 2023 en el Banco de Guatemala. La tasa interna de retorno (TIR) obtenida fue de 57.90 %, la cual es más de 10 veces el valor de la TMAR, lo que validó el proyecto como una mejor alternativa a la inversión del dinero en banco. Finalmente, se calculó el periodo de recuperación de la inversión inicial obteniendo un valor de 2 años, lo que indica que en el tercer año el flujo de efectivo ya habría compensado la inversión. Los valores obtenidos del VPN, TIR y periodo de recuperación de la inversión hacen viables la propuesta para el desarrollo del producto de galletería alto en fibra a base de harina de pulpa de café.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se llevó a cabo exitosamente el desarrollo de una galleta rellena con declaración “alto en fibra” utilizando harina de pulpa de café.
2. No se validó el método de obtención de harina de pulpa de café establecido por García, 2019, debido a que se sometió la pulpa a un tratamiento térmico previo al deshidratado y se realizaron cambios en el proceso de tiempo de deshidratado de 6 horas a una temperatura 130°C. Para los análisis proximales se llevaron a cabo los mismos pasos, con cambios en cantidades y tipos de reactivos debido a la disponibilidad en el laboratorio.
3. Con los resultados de las encuestas a clientes potenciales, se estableció que debido a las tendencias de consumo, la galleta a desarrollar sería tipo rellena, “alto en fibra” debido a un interés mostrado en un producto con esta declaración.
4. Se logró establecer un proceso de desarrollo de una galleta rellena a base de harina de pulpa, utilizando una proporción de 50% harina de pulpa de café y 50% de harina de trigo. No se adicionó otra fuente de fibra aparte de la proporcionada por la harina de pulpa de café, con la cual se obtuvo un producto con 7 gramos de fibra dietética por porción de 34 gramos, lo que equivale a 19.46 gramos de fibra dietética en 100 gramos de producto.
5. Se logró establecer el área requerida tanto de producción como demás amenidades necesarias para la satisfacción de una demanda diaria de 130.76 paquetes/hora, traducido a 1046.10 paquetes diarios de las galletas desarrolladas. Se obtuvo un área neta de producción de $180m^2$, con 8 equipos y 12 operarios necesarios diariamente.
6. Los valores obtenidos del VPN, TIR y periodo de recuperación de la inversión hacen viable la propuesta para el desarrollo del producto de galletería alto en fibra a base de harina de pulpa de café.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar análisis proximales de pulpas de café de distintas regiones de Guatemala, para observar las diferencias entre los resultados, con el fin de documentar el efecto de la altura, región, temperaturas y demás factores en la composición de la pulpa.
2. Se recomienda evaluar modificaciones en la formulación para aumentar la vida útil del producto. En el trabajo se decidió utilizar mantequilla para el relleno por la palatabilidad, sin embargo, existen otras opciones de menor costo como por ejemplo la manteca vegetal con saborizante en polvo, la cual podría ayudar a alargar el aspecto de textura a lo largo de la vida útil de la galleta y ser aceptada por el consumidor.
3. Se recomienda llevar a cabo la formulación de la galleta y del relleno y equiparar las actividades de agua, para que no haya migración y el producto final no se deteriore y resulte con una mejor actividad de agua. Así mismo, se recomienda realizar un estudio de vida útil con el cambio de formulación y empaque final.
4. Se recomienda evaluar el costo-beneficio del almacenamiento de la pulpa fresca en un cuarto congelado a lo largo de 8 meses. Esto con la idea de establecer si es más rentable tener equipos detenidos durante 8 meses y tener la pulpa congelada durante 8 meses y los equipos funcionando todo el año (tomando en cuenta que son 4 meses de cosecha de pulpa). De la mano de esta elección, se recomienda realizar una comparación del tiempo de vida útil de la pulpa en ambos estados, para seleccionar la opción con mayor vida útil.
5. Se recomienda plantear distintos croquis de la planta diseñada y compararlos con el presentado, para obtener la opción más viable, eficiente y rentable en cuanto a espacio de trabajo y organización de las áreas.
6. Se recomienda realizar cotizaciones con proveedores locales, para reducir costos de importación y transporte internacional. Así mismo se recomienda evaluar subirle el

precio al producto, debido a su valor agregado y realizar el análisis económico con precios al por mayor, para obtener un mayor margen de ganancia.

7. Se recomienda llevar a cabo la evaluación financiera, considerando costos de mercadeo y logística de distribución del producto final además de administrativos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Adegbaju, O. D., Otunola, G. A., & Afolayan, A. J. (2022). *Suitability of fruits and vegetables for provision of daily requirement of dietary fiber targets. In Dietary Fibers. IntechOpen.*
- Aguayo, E. (2020). *¿Qué es el modelo del doble diamante?* Recuperado de <https://eduardoaguayo.cl/recursos/glosario-ux/doble-diamante>
- Albadejo, M. (2021). *La economía circular: un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente.* Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- Anacafé. (2022). *Café de Guatemala.*
Recuperado de <https://www.anacafe.org/cafe-de-guatemala/>
- Anacafé. (2019). *Guía ambiental para el sector café de Guatemala.* Acuerdo Ministerial Número 314-2018.
- Arpi, N., Muzaiifa, M., Sulaiman, M. I., Andini, R., & Kesuma, S. I. (2021, March). *Chemical characteristics of cascara, coffee cherry tea, made of various coffee pulp treatments. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 709, No. 1, p. 012030).* IOP Publishing.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos.* México, Pearson Educación.
- Bastidas Ordoñez, L. M., & Aguirre Hernández, L. A. (2020). *Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa estructuras y montajes Europa SAS.*
- Berenguer, E. (2020). *Galletas.* Recuperado de <http://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/galletas.pdf>

Business and coffee. (2020). *La anatomía del café*. Recuperado de [https://businesscoffee.com.mx/coffee/f/la-anatom%C3%ADa-del-café](https://businesscoffee.com.mx/coffee/f/la-anatom%C3%ADa-del-caf%C3%A9)

Buriticá, A. (2020). *Pulpa de café: beneficio y usos*. Recuperado de <https://blog.croper.com/pulpa-de-cafe-beneficios-y-usos/>

Cárdenas-Mazón, N. V., Cevallos-Hermida, C. E., Salazar-Yacelga, J. C., Romero-Machado, E. R., Gallegos-Murillo, P. L., & Cáceres-Mena, M. E. (2018). *Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico*. *Domino de las Ciencias*, 4(3), 253-263.

CentralAmericanData. (2021). *Pan y galletas: Incremento en compras de la región*. Recuperado de https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Pan_y_galletas_Incremento_en_compras_de_la_regin

Chemwatch. (2023). *La química de hornear una galleta*. Recuperado de <https://www.chemwatch.net/es/blog/the-chemistry-of-baking-a-biscuit/>

Cuofano, G. (2019). *¿Qué es la matriz ADL? La matriz ADL en pocas palabras* Recuperado de <https://fourweekmba.com/es/matriz-adl/>

Dundur, N. (2021). *Conocimiento sobre los beneficios del consumo de fibra dietética en Santa Cruz, Bolivia y propuesta de un chocolate funcional*.

Esbelt. (2000). *Proceso de producción en una fábrica de galletas*. Recuperado de <http://www.cadenasyequiposind.com/esbelt/produccion-de-galletas.pdf>

Expok. (2022). *8 tendencias en economía circular 2022*. Recuperado de <https://www.expoknews.com/8-tendencias-en-economia-circular-2022/>

- FDA. (2023). *Al grano: ¿Cuánta cafeína es demasiada?* Recuperado de <https://www.fda.gov/search?s=cafe%C3%ADna>
- Fernández-Cortés, Y., Sotto-Rodríguez, K. D., & Vargas-Marín, L. A. (2020). *Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados*. *Producción+ limpia*, 15(1), 93-110.
- Fernández, J. (2021). *Tasa interna de retorno (TIR) ¿Qué es y cómo se calcula?* Recuperado de <https://www.sage.com/es-es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/#:~:text=La%20TIR%20es%20un%20indicador,sobre%20la%20inversi%C3%B3n%20a%20realizar>.
- Fierro-Cabrales, N., Contreras-Oliva, A., González-Ríos, O., Rosas-Mendoza, E. S., & Morales-Ramos, V. (2018). *Caracterización química y nutricional de la pulpa de café (Coffea arabica L.)*.
- Fischer, M. (2015). *La malnutrición en Guatemala. Frenando el desarrollo de nuestro país. Una llamada a la acción para que el Gobierno invierta en nutrición*. Recuperado de <http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-conjuntas-con-otras-instituciones/168-fanta-iii-fhi360-e-incap-nota-tecnica-pro-inversion/file>
- Fuentes, J. A. M., Murillo, C. E. P., Loza, M. J. T., Murillo, I. M. V., Matute, K. B. P., Zelaya, C. H. A., ... & Carrión, L. A. C. (2020). *Descripción de parámetros físico-químicos de la pulpa de café (Coffea arabica) en diferentes variedades y pisos altitudinales*. *Nexo*, 33(02), 777-783.
- Gamarro, U. (2021). *Los hábitos de consumo de los guatemaltecos han cambiado y la ENIGH revelará cuáles son*. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/economia/los-habitos-de-consumo-de-los-guatemaltecos-han-cambiado-y-la-enigh-revelara-cuales-son/#:~:text=Tendencia%20de%20consumo&text=Precis%C3%B3n%20que%20hay%20datos%20que,que%20se%20mostrar%C3%A1n%20algunos%20cambios>.

- Gammaux. (2020). *Cómo usar el modelo del doble diamante para impulsar la innovación en diseño*. Recuperado de <https://www.gammaux.com/blog/como-usar-el-modelo-del-doble-diamante-para-impulsar-innovacion-en-diseno/>
- García Pacay, M. F. (2019). *Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café (coffea arabica)*.
- García-García, J. F., Elizarraraz-Guerra, M., Sosa-Morales, M. E., Gómez-Salazar, J. A., & Cerón-García, A. (2019). *Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble*. Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos, 4.
- Geremu, M., Tola, Y. B., & Sualeh, A. (2016). *Extraction and determination of total polyphenols and antioxidant capacity of red coffee (Coffea arabica L.) pulp of wet processing plants*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 3, 1-6.
- Gómez, S. (2020). *Subproductos del café : valor agregado para el negocio*. Recuperado de <https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>
- Hoyos Vázquez, M., García Castillo, S., Rodríguez Delgado, J., & Praena Crespo, M. (2020). *Características nutricionales y composición de las galletas disponibles en el mercado español y de las galletas dirigidas a la población infantil*. Pediatría Atención Primaria, 22(86), 141-150.
- IEP. (2018). *Qué es VPN en finanzas*. Recuperado de <https://www.iep-edu.com.co/que-es-vpn-en-finanzas/>
- Incap. (2018). *Determinando el patrón alimentario con el software NutriINCAP* Recuperado de <http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-incap/97-incap-nutrincap-y-el-patron-alimentario/file>

- Iniesta, A. (2022). *Galletas, un sector en plena transformación*. Recuperado de <https://www.sweetpress.com/noticias/galletas-un-sector-en-plena-transformacion>
- International Coffee Organization (ICO). (2023). *Whats New. Coffe*. Recuperado de <https://www.ico.org/>
- Lambomersa. (2022). *¿Por qué es importante DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) en análisis de aguas?* Recuperado de <https://labomersa.com/2021/09/14/por-que-es-importante-dqo-demanda-quimica-de-oxigeno-y-dbo-demanda-biologica-de-oxigeno-en-analisis-de-aguas/>
- Laoyan, S. (2022). *Design thinking paso a paso y cómo incorporarlo en la empresa*. Recuperado de <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>
- Laranjeira. (2020). *Economía circular y digitalización en el sector del café*. Recuperado de <https://perfectdailygrind.com/es/2020/10/01/economia-circular-y-digitalizacion-en-el-sector-del-cafe/>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). *Basic statistical concepts for sensory evaluation*. In *Sensory Evaluation of Food* (pp. 647-678). New York, NY, USA: Chapman & Hall.
- León, E. (2019). *Metodologías de innovación I*. Recuperado de https://www.udgvirtual.udg.mx/sites/default/files/metodologias_de_innovacion_i.pdf
- Llamas, J. (2017). *La metodología Lean Startuo: desarrollo y aplicación para el emprendimiento*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/206/20657075005/html/index.html>
- López Zawada, S., & Moreno Ospina, Y. (2020). *Potencialidades agroindustriales y ambientales del biocarbón a partir de la pulpa de café como alternativa sostenible de la economía circular*.

- MFMER. (2020). *Fibra alimentaria: esencial para una alimentación saludable*. Recuperado de <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/fiber/art-20043983#:~:text=Ayuda%20a%20mantener%20la%20salud,riesgo%20de%20desarrollar%20c%C3%A1ncer%20colorrectal>.
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E. C., Puerta, G. I., Oliveros, C. E., & Cadena, G. (2008). *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional*.
- Mordor Intelligence. (2020). *Mercado de galletas: crecimiento, tendencias y pronósticos (2023-2028)*. Recuperado de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/cookies-market>
- Mueller-Roterberg, C. (2018). *Handbook of design thinking. Tips & tools fot how to design thinking*. PDF
- Niften. (2019). *Packaging of cookies*. Recuperado de <https://niftem.ac.in/newsite/pmfme/wp-content/uploads/2022/07/cookiespackaging.pdf>
- Nor, M. M., Loh, S., Liew, J. Y., Rahman, M. M., Hamid, M. A., Maslan, H., ... & Hamzah, S. Z. (2021, May). *Comparative studies of physicochemical properties of sweet potato (Ipomoea batatas) cookies from different variations of sweet potato*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 756, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Pérez, P. H., Herrera, A. R., & Aguilar, M. C. (2023). *Desarrollo de un producto de panificación con harinas de leguminosas y cereales complementado con triüb*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 8(1), 686-696.
- RAE. (2023). *Galleta*. Recuperado de <https://dle.rae.es/galleta>

- Ramírez, J. (2020). *Design thinking*. Recuperado de <https://comofundamentosteoricosdeldisenio2.wordpress.com/2020/01/28/design-thinking/>
- Repsol. (2023). *¿Qué es la economía circular?*. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshtml>
- Restrepo Montoya, L. F., & Villa Deossa, G. (2020). *Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de Andes, Antioquia*.
- Rhinoceros. (2023). *Rhino en arquitectura, ingeniería y construcción*. Recuperado de <https://www.rhino3d.com/es/for/architecture/>
- Ríos, M. B., Callejo González, M. J., & Castillo, M. (2018). *Potencial de los subproductos del café como fuente de fibra dietética. Aplicación en la elaboración de pan libre de gluten*.
- Rodríguez, N., & Zambrano, D. A. (2013). *Los subproductos del café: fuente de energía renovable*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Rojas Mori, E. (2022). *Desarrollo de galletas altas en fibra con incorporación de residuos de procesamiento de café y cacao*.
- Sandoval, V. P., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). *Economía circular*. Memoria investigaciones en ingeniería, (15), 85-95.
- Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala. (2023). *Legumbres como alimento fundamental de la seguridad alimentaria y nutricional*. Recuperado de <https://guatemala.gob.gt/legumbres-como-alimento-fundamental-de-la-seguridad-alimentaria-y-nutricional/>

Sejzer, R. (2016). *QFD y la Casa de la calidad*. Recuperado de <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/12/qfd-y-la-casa-de-la-calidad.html>

Siemens. (2022). *Diseño asistido por ordenador (CAD)*. Recuperado de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>

Tarziján, M., & Paredes, J. (2006). *Organización industrial: para la estrategia empresarial/por Jorge Tarziján y Ricardo Paredes* (No. 658 T3.).

The Coffee Cherry Co. (2023). *Coffe Cherry*. Recuperado de <https://coffeecherryco.com/recipes/>

The Food Tech. (2022). *Fibras alimentarias y cómo influyen en el desarrollo de productos*. Recuperado de <https://thefoodtech.com/columnistas/fibras-alimentarias-y-como-influyen-en-el-desarrollo-de-productos/>

Traders. (2022). *Márgenes de beneficios para el sector de alimentos y bebidas*. Recuperado de <https://traders.studio/margenes-de-beneficio-para-el-sector-de-alimentos-y-bebidas/>

Unidad de inteligencia de mercados. (2018). *Industria de galletas dulces en Guatemala*. Recuperado de <https://docplayer.es/231463527-Ano-2018-industria-de-galletas-dulces-en-guatemala-elaborado-por-unidad-de-inteligencia-de-mercados.html>

Uzurieta, G. (2007). *Análisis de los costos de producción en la empresa*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/analisis-de-los-costos-de-produccion-en-la-empresa/>

Vanegas, F. (2016). *Composición del fruto del café*. Recuperado de <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/06/05/composicion-del-fruto-del-cafe/>

Velázquez, C. (2017). *Cereales y derivados: galletas*. Recuperado de <http://www.infoalimenta.com/biblioteca->

alimentos/5/67/galletas/detail_templateSample/#~:text=Las%20galletas%20se%20pu
eden%20clasificar,recubiertas%20de%20chocolate%20y%20surtidos.

Zacarías, A. (2018). *¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente?*
Recuperado de <https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>

Zambrano-Franco, D. A., & Isaza-Hinestroza, J. D. (1998). *Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café*. *Cenicafé*, 49(4), 279-289.

XI. ANEXOS

Tabla 30: Resultados proximales para la pulpa y harina en base seca

Propiedad	Pulpa base seca	Harina base seca
Humedad (%)	86.86 ± 0.55	10.65 ± 0.00
Grasa (%)	0.57 ± 0.20	1.84 ± 0.19
Proteína (%)	11.9 ± 0.22	11.76 ± 0.21
Ceniza (%)	6.56 ± 0.07	5.76 ± 0.80
Fibra dietética (%)	60.61 ± 1.40	70.92 ± 0.36
Fibra cruda (%)	18.33 ± 3.26	25.00 ± 0.00
Polifenoles (mg AG/g muestra)	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Datos obtenidos del análisis granulométrico de la harina de pulpa de café

Número de malla	Apertura (µm)	Masa retenida (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
40	425	0.02	0%	0%	100%
60	250	0.13	1%	2%	98%
80	180	1.12	11%	13%	87%
100	150	1.46	15%	27%	73%
120	125	1.48	15%	42%	58%
170	88	1.53	15%	58%	42%

Fuente: Elaboración propia

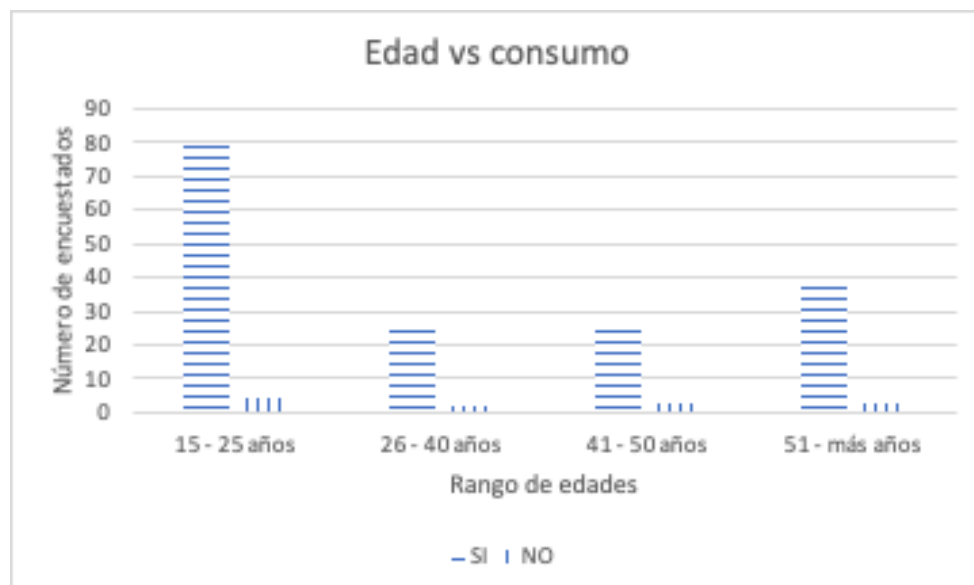
Tabla 32: Preguntas realizadas en la encuesta a consumidores de galletas

Número de pregunta	Pregunta	Opciones
1	¿Qué edad tiene?	15 - 25 años 26 – 40 años 41 – 50 años 51 – más
2	¿Consume galletas?	Sí No
3	¿Con qué frecuencia consume galletas?	Todos los días 1 – 2 veces a la semana 3 – 4 veces a la semana
4	¿Qué tan seguido compra galletas?	Diario Semanalmente Mensualmente
5	¿Cuánto gasta en galletas en cada compra?	Q 5 – 10 Q 11 – 15 Q 16 – 20 Q 21 – 25 Q 26 o más
6	Al comprar, ¿compra galletas saladas o dulces?	Dulces Saladas Ambas
7	¿En qué momento del día consume sus galletas?	Mañana Tarde Noche Otro:
8	¿Qué factor decide su compra?	Antojo Hambre Precio Otro:

Número de pregunta	Pregunta	Opciones
9	¿Qué analiza al comprar las galletas?	Nutrientes Ingredientes Precio Sabor Otro:
10	¿Le gustaría probar una galleta con alto nivel de fibra?	Sí No
11	¿Qué tipo de galleta consume más?	Rellenas (Tipo: Oreo, Chiky, Waffle de crema) De avena Chispas de chocolates Otra:

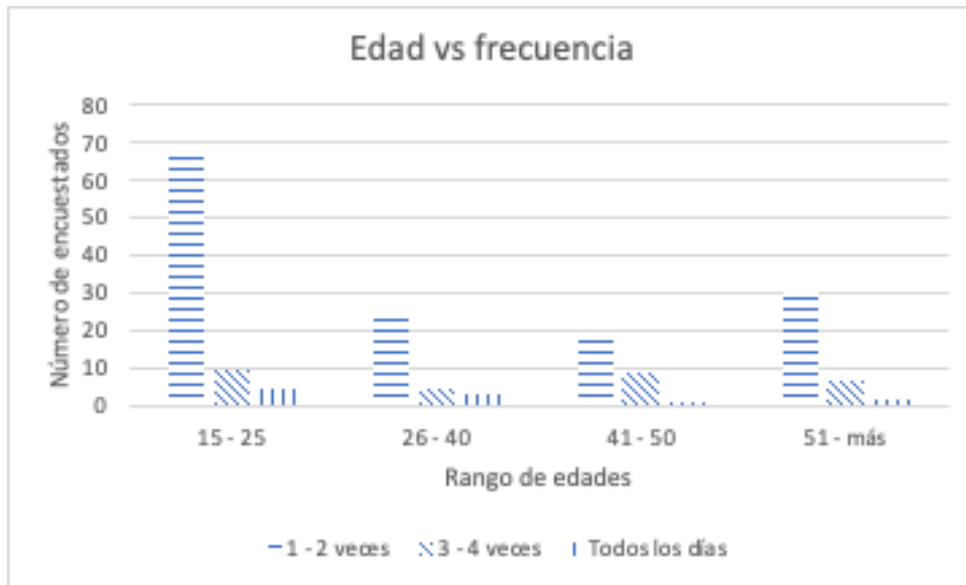
Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y consumo de galletas



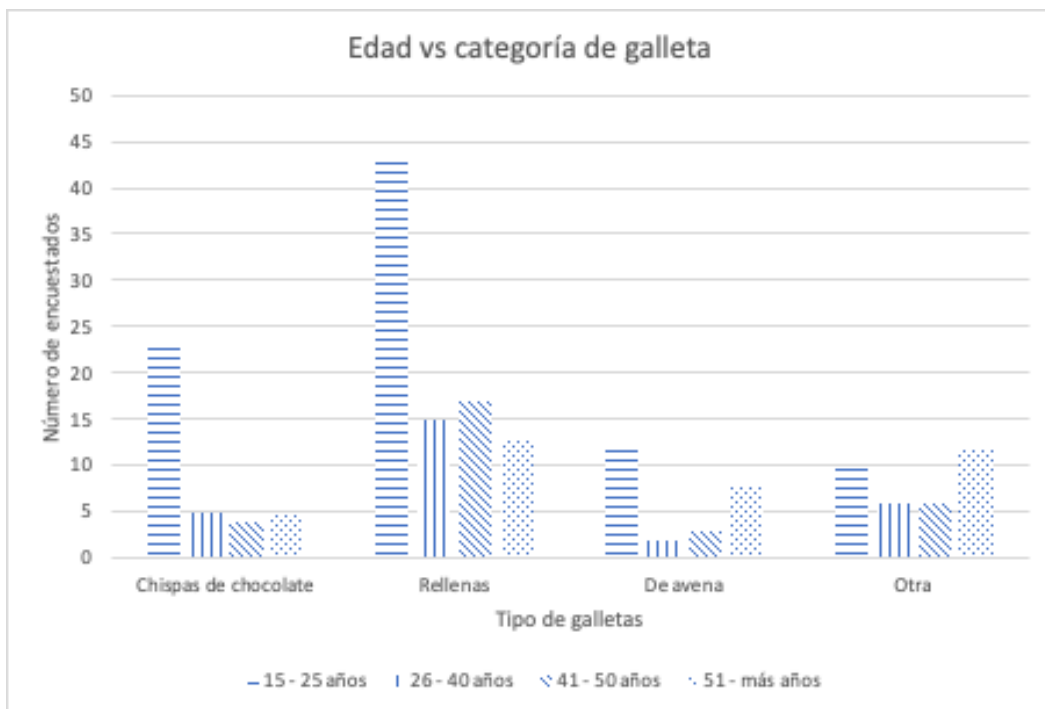
Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y frecuencia de consumo de galletas



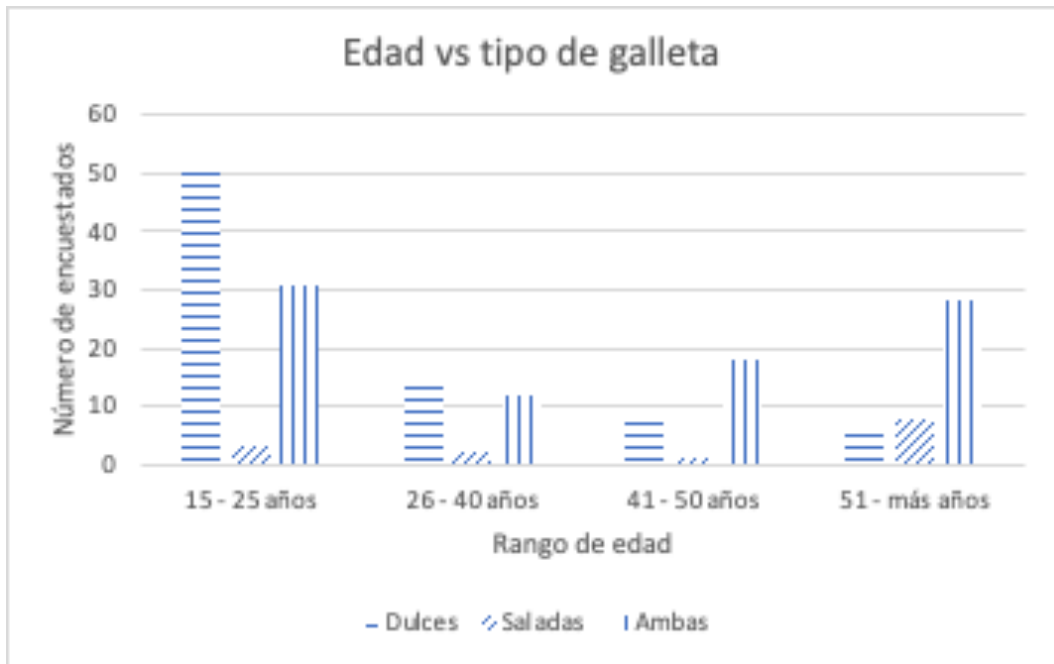
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y categoría de galletas consumidas



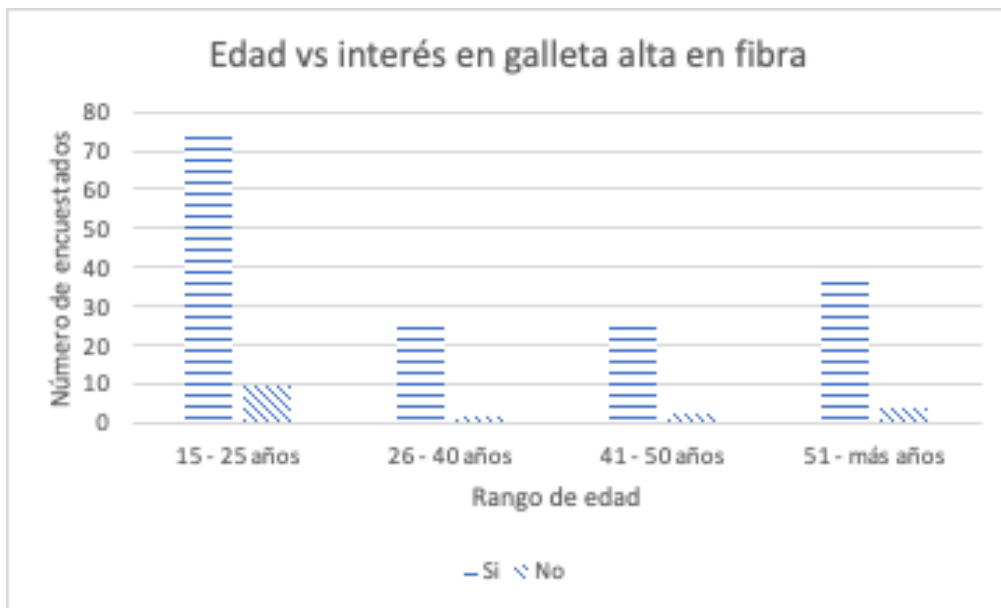
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad y tipo de galleta



Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Gráfica de relación de los resultados de la encuesta a clientes potenciales en cuanto a edad e interés en galleta alta en fibra



Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Preguntas realizadas en la encuesta de requerimientos en una galleta rellena

Número de pregunta	Pregunta	Opciones
1	¿Qué es lo más importante en una galleta rellena?	Sabor de galleta Sabor de relleno Ingredientes Contenido nutricional Textura Otra:
2	¿Cómo debe ser la textura en una galleta rellena?	Crujiente Suave
3	¿El color de la galleta es importante en una galleta rellena?	Sí No
4	Si el color es importante, justifique	Respuesta:
5	¿Qué tipo de relleno prefiere?	Mermelada De frutas Crema de vainilla Chocolate Crema de chocolate Mantequilla de maní
6	¿El tamaño de una galleta rellena es importante?	Sí No
7	Si la respuesta anterior fue sí, ¿de qué tamaño le gustaría una galleta rellena?	Mi respuesta fue No Oreo normal Oreo mini Más grande que una oreo normal
8	De las siguientes galletas rellenas, ¿cuál es su preferida?	Oreo Chiky Cremas Waffle Choco Wow Emperador Otra:

Número de pregunta	Pregunta	Opciones
9	Justifique su respuesta anterior, dé detalle en cuanto a las características del porqué es su preferida (color, dulzor, sabor, etc.)	Respuesta:

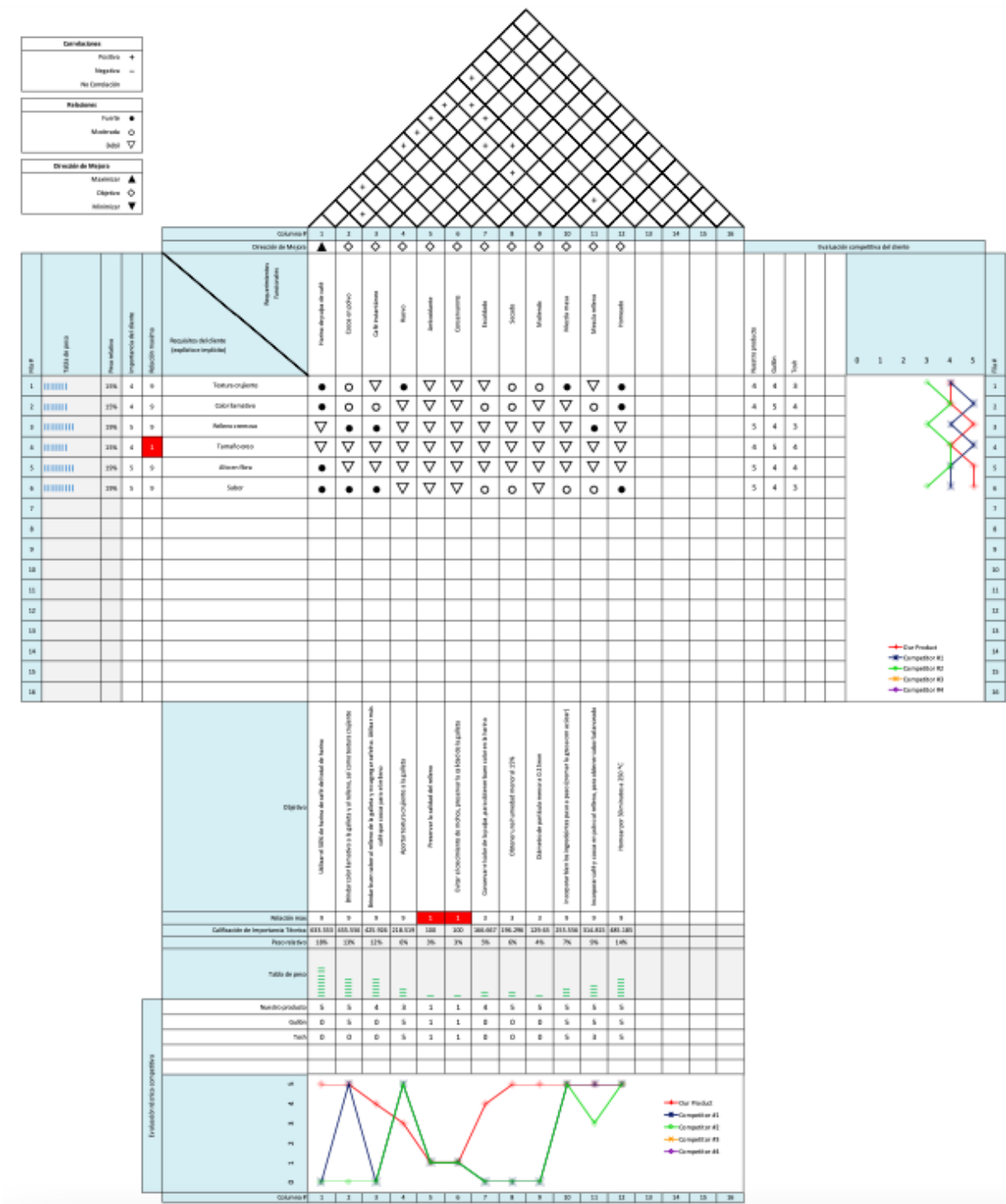
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Preguntas para determinar la importancia relativa de una galleta rellena a base de harina de pulpa de café, galletas rellenas marca Gullón y Tosh

Número de pregunta	Pregunta	Opciones
1	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da a la textura?	1, 2, 3, 4, 5
2	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da al color?	1, 2, 3, 4, 5
3	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da al relleno cremoso?	1, 2, 3, 4, 5
4	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da al tamaño?	1, 2, 3, 4, 5
5	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da a la declaración alto en fibra?	1, 2, 3, 4, 5
6	Del 1 al 5, ¿cuánto de importancia le da al sabor?	1, 2, 3, 4, 5

Fuente: Elaboración propia, para el enfoque hacia la galleta a base de harina de café, al inicio de cada pregunta se agregó: En una galleta a base de harina de pulpa de café, antes de poder la escala del 1 al 5.

Figura 22: Casa de calidad para la formulación de una galleta rellena a base de harina de pulpa de café



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Iteraciones en las formulaciones de las galletas

Iteración	Formulación	Tiempo y temperatura de horneado
1	157 gramos de azúcar 27 gramos de huevo 116.5 gramos de harina de trigo 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal	350°C por 15, 20 y 25 minutos
2	157 gramos de azúcar 27 gramos de yema de huevo 116.5 gramos de harina de trigo 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal	350°C por 20 minutos
3	157 gramos de azúcar 27 gramos de yema de huevo 116.5 gramos de harina de pulpa de café 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal 0.5 gramos goma Xantana	250°C por 30 minutos

Iteración	Formulación	Tiempo y temperatura de horneado
4 (B)	125 gramos de azúcar 27 gramos de yema de huevo 58.25 gramos de harina de pulpa de café 58.25 gramos de harina de trigo 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal	250°C por 30 minutos
5 (A)	125 gramos de azúcar 27 gramos de yema de huevo 58.25 gramos de harina de pulpa de café 58.25 gramos de harina de arroz 28.5 gramos de cocoa en polvo 78 gramos de margarina 1 gramo polvo para hornear 0.5 gramos de sal 0.5 gramos goma Xantana	250°C por 30 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Iteraciones en las formulaciones de los rellenos

Iteración	Sabores para el relleno
Relleno	100 gramos de mantequilla 200 gramos de azúcar glass
1 (A)	60 gramos de cocoa amarga en polvo 60 gramos de café instantáneo descafeinado 7.5 ml de agua caliente
2 (C)	60 gramos de café instantáneo descafeinado 7.5 ml de agua caliente
3 (D)	120 gramos de café instantáneo descafeinado 15 ml de agua caliente
4 (B)	120 gramos de café instantáneo descafeinado 60 gramos de cocoa amarga en polvo 15 ml de agua caliente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Preguntas realizadas en la encuesta pasada a los grupos focales

Combinación	Pregunta	Opción
Muestra A con relleno A, B, C y D	Responda con base en el dulzor de la galleta	Muy poco dulce
Muestra B con relleno A, B, C y D		Poco dulce Lo justo de dulzor Muy dulce Demasiado dulce
Muestra A con relleno A, B, C y D	Responda con base en el sabor de la galleta	Muy poco sabor
Muestra B con relleno A, B, C y D		Poco sabor Lo justo de sabor Mucho sabor Demasiado sabor

Combinación	Pregunta	Opción
Muestra A con relleno A, B, C y D Muestra B con relleno A, B, C y D	Responda con base en el textura de la galleta	Muy poco crujiente Poco crujiente Lo justo de crujiente Muy crujiente Demasiado crujiente
Muestra A con relleno A, B, C y D Muestra B con relleno A, B, C y D	En la escala de 1-10, ¿cuánto le daría a la galleta?	
	¿Cuál de las opciones fue su favorita?	AA, AB, AC, AD, BA, BB, BC, BD

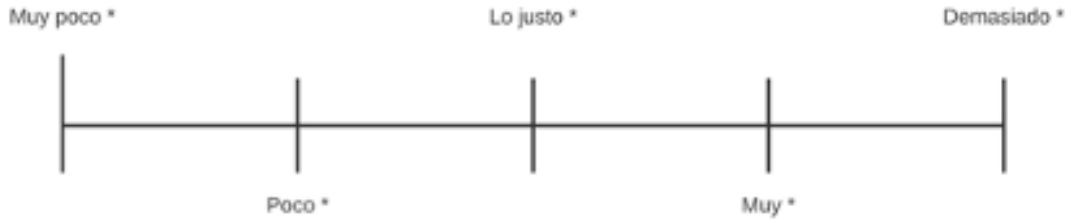
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Comentarios de los grupos focales

Galleta	Comentario
AA, BA	Los participantes comentaron que se podría resaltar un poco el sabor del relleno, pero estaban sabrosas.
AB, BB	Esta galleta tuvo muy buenos comentarios, les gustó el sabor, la intensidad y la mezcla de café con chocolate.
AC, BC	La intensidad fue bien percibida, sin embargo no les gustó que fueran únicamente de sabor a café.
AD, BD	Comentaron que percibían el relleno demasiado fuerte, algo que le gustó a ciertas personas y no a todas.
Masa A	Hubo varios comentarios en cuanto a la textura de la galleta, los participantes la sintieron grumosa sin embargo, comentaron que si les gustó que a comparación de otros productos libres de gluten ya que tenía un buen sabor y no era cómo polvorosa.
Masa B	Los comentarios de esta masa fueron que tenía buena textura, no se sentía grumosa y que la comerían incluso sin relleno.

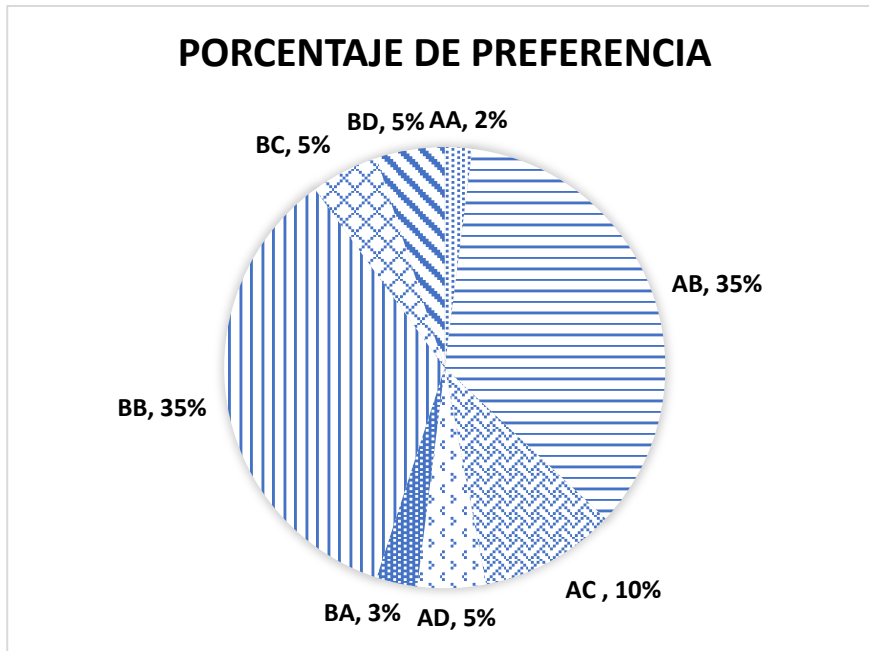
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: Escala *Just about right* utilizada



Fuente: Elaboración propia. El asterisco es el atributo que se evaluó

Figura 24: Porcentaje de preferencia según las muestras evaluadas



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de los grupos focales evaluados

Tabla 39: Encuesta utilizada para el panel sensorial de la muestra final

Número de pregunta	Pregunta	Escala hedónica
1	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	1 - 9
2	¿Cuánto le gusta el color de la muestra?	1 - 9
3	¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?	1 - 9
4	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?	1 - 9
5	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	1 - 9
6	¿Cuánto le gusta la apariencia de la muestra?	1 - 9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Especificaciones del producto, materia prima y proceso

Nombre del producto	Pulpa fibra Galletas a base de harina de pulpa de café, altas en fibra.
Ingredientes	<p>Azúcar</p> <p>Yema de huevo</p> <p>Harina de pulpa de café</p> <p>Harina de trigo</p> <p>Cocoa en polvo</p> <p>Margarina</p> <p>Polvo para hornear</p> <p>Sal</p> <p>Mantequilla</p> <p>Azúcar glass</p> <p>Café instantáneo descafeinado</p>
Declaraciones nutricionales	Se declara en el empaque “alto en fibra” y “bajo en sodio”
Vida útil	4 semanas manteniendo aspectos de color, sabor y olor. 1 semana manteniendo textura aparte de los demás aspectos.
Tipo de empaque	<i>Standup</i> con cierre de <i>zipper</i> trilaminada, con sello hermético
Peso neto	68 g con 2 porciones de 34 g cada una, 4 galletas de 17 g

Nombre del producto	Pulpa fibra Galletas a base de harina de pulpa de café, altas en fibra.
Descripción del producto	Galleta tipo sándwich, constituida por dos galletas café circulares unidas por un relleno cremoso de mocca.
Información nutricional	<p>Por porción (2 galletas) 34 g</p> <p>Energía 650 kJ/ (160 kCal)</p> <p>Grasa total 6 g</p> <p>Grasa saturada 1.5 g (8% VD)</p> <p>Colesterol 425 mg</p> <p>Sodio 20 mg (1% VD)</p> <p>Carbohidratos totales 23 g</p> <p>Fibra dietética 7 g</p> <p>Proteína 2 g (4% VD)</p> <p>Los porcentajes de valores diarios (VD) están basados en una dieta de 2000 calorías según FAO/OMS. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.</p>
Instrucciones de uso	Producto listo para consumir. Abrir el empaque, rompiendo el sellado hermético, sacar una galleta y cerrar con el cierre de <i>zipper</i> del empaque, comer la galleta acompañada de alguna bebida de su elección o sin acompañamiento.
Proceso de elaboración	<p>Crema la mantequilla por 2 minutos, agregar el azúcar y crema 2 minutos más, agregar la yema y crema 2 minutos más.</p> <p>Agregar todos los demás ingredientes, mezclar por 5 minutos.</p> <p>Estira la masa a 4 mm de ancho y cortar con moldes redondos.</p> <p>Hornear a 250°C por 30 minutos.</p> <p>Para el relleno: crema la mantequilla con el azúcar glass por 3 minutos.</p> <p>Añadir el cacao en polvo y el café instantáneo disuelto en agua hirviendo.</p> <p>Cuando las tapaderas estén frías, rellenar con 30% del peso.</p> <p>Empacar en las bolsas trilaminadas y sellar térmicamente.</p> <p>Almacenar en lugar fresco y seco.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Características proximales base seca de las galletas con proporción 50/50 harina de trigo y harina de pulpa de café

Propiedad	Contenido en la galleta a base de harina de pulpa de café
Humedad (%)	7.43 ± 0.00
Grasa (%)	19.09 ± 0.20
Proteína (%)	5.78 ± 0.25
Ceniza (%)	2.62 ± 0.00
Fibra dietética (%)	17.43 ± 0.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Análisis proximal base seca de las galletas con proporción 50/50 harina de arroz y harina de pulpa de café

Propiedad	Contenido en la galleta a base de harina de pulpa de café
Humedad (%)	6.36 ± 0.00
Grasa (%)	19.03 ± 0.16
Proteína (%)	5.24 ± 0.21
Ceniza (%)	2.44 ± 0.00
Fibra dietética (%)	17.21 ± 0.05






Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Análisis proximal base húmeda de las galletas con proporción 50/50 harina de arroz y harina de pulpa de café

Propiedad	Contenido en la galleta a base de harina de pulpa de café
Humedad (%)	6.36 ± 0.00
Grasa (%)	17.82 ± 0.19
Proteína (%)	4.91 ± 0.23
Ceniza (%)	2.28 ± 0.00
Carbohidratos (%)	68.63 ± 0.12
Fibra dietética (%)	19.39 ± 0.47

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Imágenes de la galleta a lo largo del proceso de vida útil

Semana	Imagen
Control	
1	
2	
3	
4	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Criterios establecidos para el cálculo de la elaboración de la planta industrial

Semanas anuales	52
Semanas no ocupadas (mantenimientos, días festivos, feriados)	3
Semanas netas disponibles	49
Días laborales a la semana (lunes a sábado)	5.5
Horas laborales a la semana	44

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Demanda calculada a 10 años

Año	Paquetes (1 bolsa con 4 galletas rellenas)
1	200316
2	208069
3	216122
4	224486
5	233174
6	242198
7	251572
8	261308
9	271421
10	281925
Paquetes semanales	5753.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Porcentajes de rendimiento utilizados en los cálculos

Etapas	Rendimiento (%)
Rendimiento lavado y escaldado	97.00
Rendimiento deshidratado	9.80
Rendimiento molienda	97.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Tiempo de ciclo para el ensayo en la universidad

Tiempo total (horas)	7.50
Peso (kg) pulpa iniciales	0.5944
Peso (kg) pulpa escaldada	0.5766
Peso (kg) pulpa deshidratada	0.0565
Peso (kg) molienda	0.0551
Peso (kg) harina de pulpa / paquete	0.0117
Unidades en tiempo total	4.7285

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Extrapolación de la receta a nivel industrial

Ingrediente para formulación de la masa	Porcentaje en la formulación	Kg necesarios para unidades industriales
Azúcar	33.18%	26.15
Yema de huevo	7.17%	5.65
Harina de pulpa de café	15.46%	12.19
Harina de trigo	15.46%	12.19
Cocoa en polvo	7.57%	5.96
Margarina	20.71%	16.32
Polvo para hornear	0.27%	0.21
Sal	0.13%	0.10
Sorbato de potasio	0.05%	0.04
TOTAL		73.88
Ingrediente para formulación del relleno	Porcentaje en la formulación	Kg necesarios para unidades industriales
Mantequilla	20.20%	6.76
TBHQ	0.01%	0.00
Azúcar	40.40%	13.52
Café	24.24%	8.11
Cocoa en polvo	12.12%	4.06
Agua	3.03%	1.01
TOTAL		31.38

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Dimensionamiento de equipos

Etapa	Marca y modelo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Voltaje	Rangos de capacidad (kg/h)
Lavadora de frutas y verduras	DUOGON (ASQ-150V)	1.5	0.97	0.8	208 V 3ph	130 - 140
Escaldadora	YANHUI (YH-1500)	1.2	0.7	0.95	208 V 3ph	130 - 140
Lavadora de frutas y verduras	DUOGON (ASQ-150V)	1.5	0.97	0.8	208 V 3ph	130 - 140
Deshidratador de bandejas	Goldsen (GG-96)	0.57	0.94	1.82	208 V 3ph	125 - 130
Molino de martillos	Capsulon (SF180)	0.53	0.8	1.23	208 V 3ph	10 - 20
Batidora industrial	Homphon (HF200)	1.4	0.97	1.68	380 V 3ph	75
Horno de convección	R&M (RMX-64D)	3.05	2	2.4	208 V 3ph	85 - 90
Batidora industrial	HODA (JY-SM80)	1.08	0.6	1.11	208 V 3ph	35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Dimensionamiento de maquinaria

Maquinaria y equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Mesa recepción y pesado de ingredientes	0.85	0.5	0.5
Mesa estirado y moldeado	1.8	0.8	0.8

Maquinaria y equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Mesa para rellenado, empacado, sellado	0.85	0.5	0.5
Selladora	0.315	0.085	0.085
Balanzas	0.55	0.3	0.7
Estantería almacenamiento de ingredientes	2	0.6	2
Refrigerador para mantequilla y pulpa	2.17	0.736	0.818
Carrito de acero	0.63	0.63	0.7
Carro de bandejas	0.8	0.6	1.76
Operario	NA	NA	1.65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Dimensiones del área de almacenamiento de materia prima

Ingrediente para formulación de la masa	Densidad del ingrediente (kg/m³)	Kg recibidos cada 2 semanas	Volumen (m³)	Estanterías
Azúcar	1587	418.44	0.2637	0.09155
Harina de pulpa de café	687.5	194.99	0.2836	0.09848
Harina de trigo	530	194.99	0.3679	0.12775
Cocoa en polvo	537.5	95.40	0.1775	0.06163
Margarina	911	261.11	0.2866	0.09952
Polvo para hornear	293	3.35	0.0114	0.00397

Ingrediente para formulación de la masa	Densidad del ingrediente (kg/m³)	Kg recibidos cada 2 semanas	Volumen (m³)	Estanterías
Sal	2160	1.67	0.0008	0.00027
Sorbato de potasio	1360	0.62	0.0005	0.00016
Suma				0.45312
Ingrediente para formulación del relleno	Densidad del ingrediente (kg/m³)	Kg recibidos cada 2 semanas	Volumen (m³)	Estanterías
TBHQ	1050	0.0325	0.0000	0.00001
Azúcar	1587	216.3930	0.1364	0.04734
Café	300	129.8358	0.4328	0.15027
Cocoa en polvo	537.5	64.9179	0.1208	0.04194
Suma				0.23957
Suma de las estanterías necesarias entre los ingredientes de formulación de la masa y los ingredientes del relleno de las galletas				0.72289
Ingrediente para formulación de la masa	Densidad del ingrediente (kg/m³)	Kg recibidos cada 2 semanas	Volumen (m³)	Capacidad de refrigerador (m³)
Mantequilla	911	108.20	0.1188	0.200
Pulpa fresca	270	131.50	0.4870	0.500
Refrigerador seleccionado				0.700

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Dimensiones del área de almacenamiento de cartones de huevo

Área de una reja de la estantería (m^2)	1.2
Área de un cartón de 30 huevos (m^2)	0.09
En 1 capa de estantería caben cartones de 30 huevos:	12
La altura de la capa de la estantería (m)	0.6
La altura del cartón (m)	0.05
Cartones de 30 huevos apilados	12
En una capa de estantería (cartones de 30 huevos)	144
Huevos	4320
1 huevo pesa 50 gramos	216000
1 Porcentaje de yema en el huevo (1 yema pesa 20 gramos)	0.4
Gramos de yema	86400
Kg de yema en una capa de estantería	86.4
Kg de yema entregados cada dos semanas	90.38
Capas de estantería necesarias	1.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Dimensiones de los equipos para área de baño, lockers, cafetería, oficinas y área de limpieza y desinfección

Material	Ancho (m)	Largo (m)
Inodoro	0.50	0.70
Orinales	0.34	0.33
Lavamanos	0.50	0.80
<i>Lockers</i>	0.40	0.40
Mesas	0.80	1.90
Limpiabotas	1.38	1.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Parámetros establecidos para el cálculo de la superficie total

MAQUINARIA Y EQUIPO	NÚMERO DE LADOS (N)	NÚMERO DE MAQUINARIA (n)
Lavado	2	1
Escaldado	2	1
Baño maria agua fría choque térnico	2	1
Deshidratación	1	1
Molienda	2	1
Cremado y mezclado	2	1
Horneado	1	1
Cremado y mezclado del relleno	2	1
Mesa recepción y pesado de ingredientes	2	3
Mesa estirado y moldeado	2	3
Mesa para relleno, empaado, sellado	2	2
Selladora	1	3
Balanzas	1	3
Estantería almacenamiento de ingredientes	4	8
Refrigerador para mantequilla y pulpa	1	1

MAQUINARIA Y EQUIPO	NÚMERO DE LADOS (N)	NÚMERO DE MAQUINARIA (n)
Carrito de acero	4	4
Carro de bandejas	4	2
Operario		12

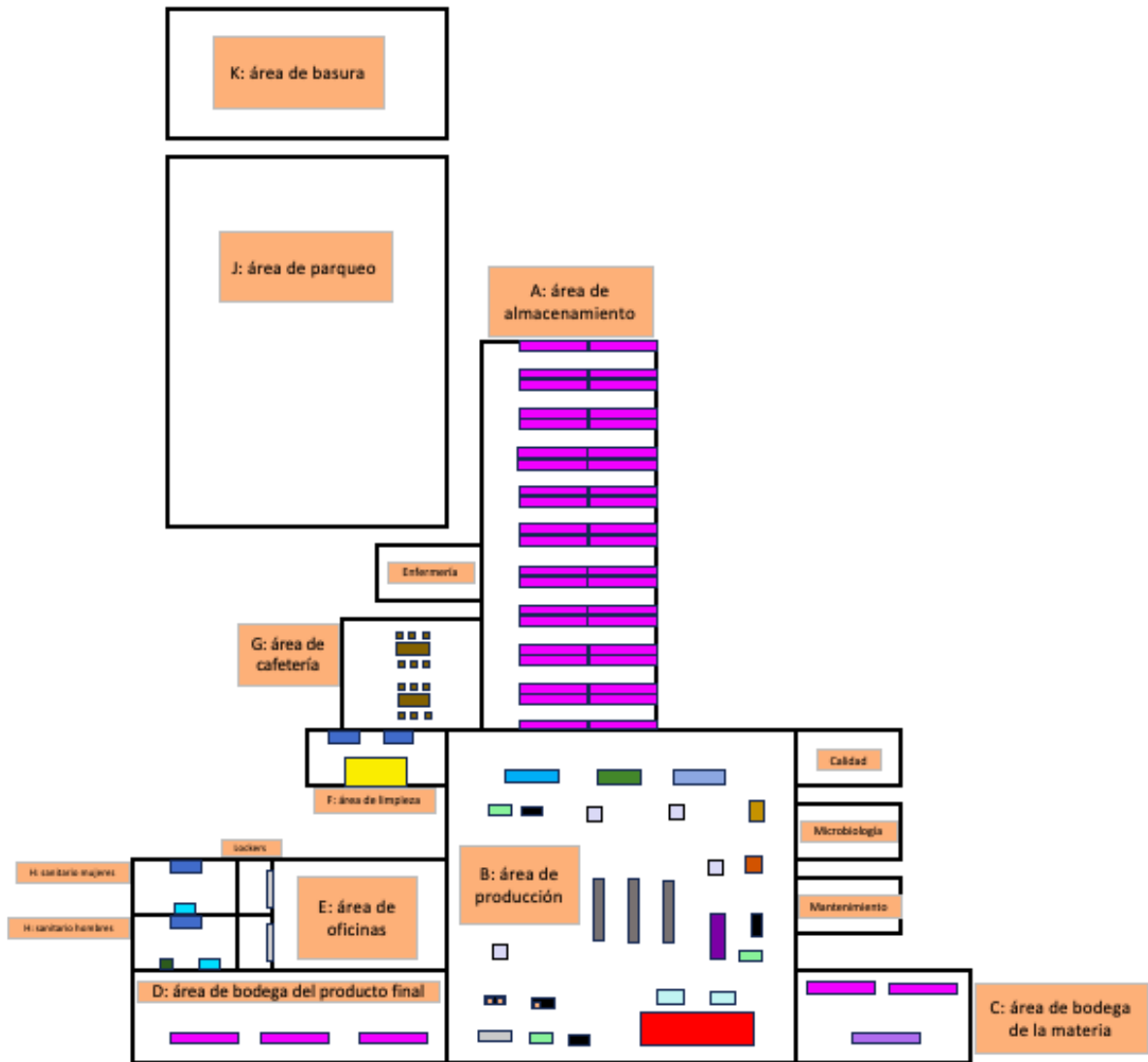
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Operarios requeridos para los procesos

Etapa manual	
Pesaje (1)	1
Escaldado	1
Choque térmico.	1
Deshidratado	2
Molienda	2
Guardado de harina	1
Pesaje de ingredientes (1)	1
Estirado y cortado de la masa	5
Pesaje de ingredientes (2)	1
Rellenado de galletas	1
Empacado, sellado de galletas	1
Etapa maquinaria	
Lavado	0.35
Escaldado	0.08
Baño maria agua fría choque térmico	0.08
Deshidratación	1
Molienda	0.17
Cremado y mezclado	0.19
Horneado	0.53
Cremado y mezclado del relleno	0.16


Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Croquis de la planta primera iteración de diseño utilizando Excel



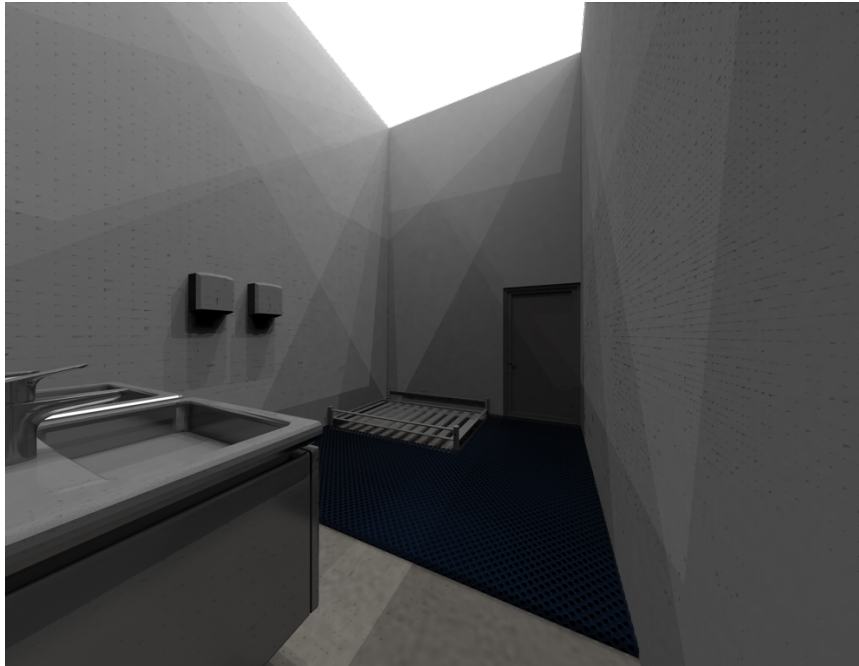
Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Representación de los equipos y materiales en el croquis

Material y equipo	Representación
Lavado	
Escaldado	
Baño maria agua fría choque térmico	
Deshidratación	
Molienda	
Cremado y mezclado	
Horneado	
Cremado y mezclado del relleno	
Mesa recepción y pesado de ingredientes	
Mesa estirado y moldeado	
Mesa para rellenado, empacado, sellado	
Selladora	
Balanzas	
Estantería almacenamiento de ingredientes	
Refrigerador para mantequilla y pulpa	
Carrito de acero	
Carro de bandejas	
Inodoro	
Orinales	
Lavamanos	
Lockers	
Mesas	
Limpiabotas	

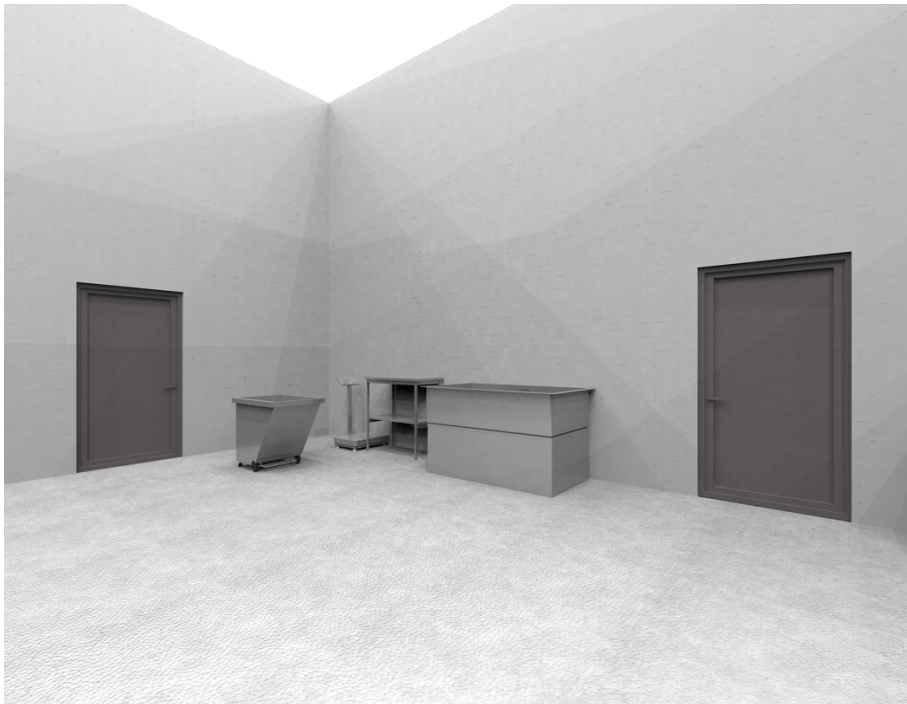
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Área de desinfección previa al ingreso de la planta



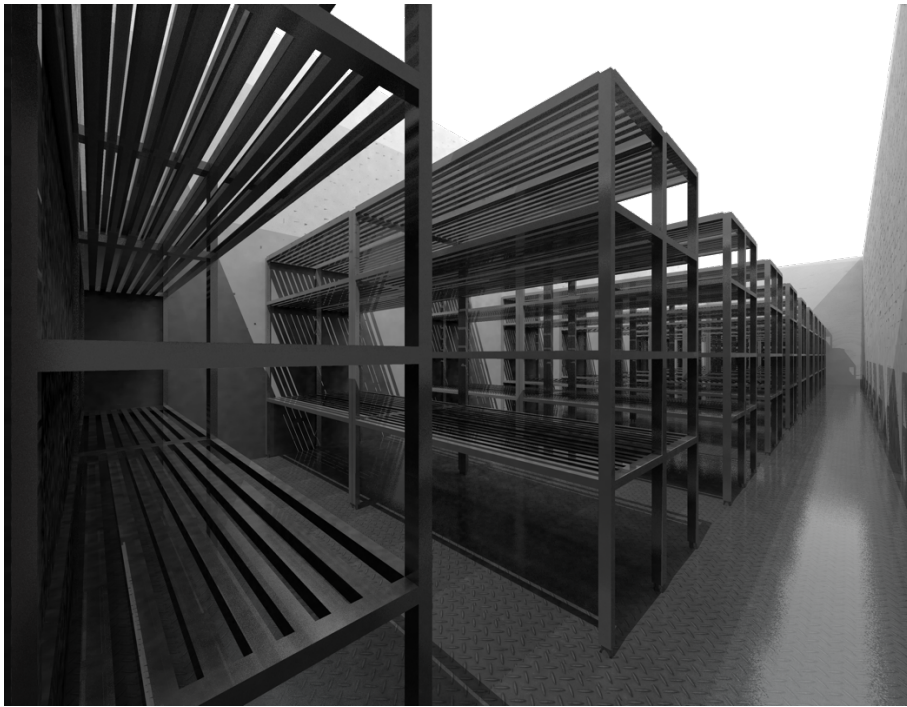
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27: Área de producción vista en planta 1



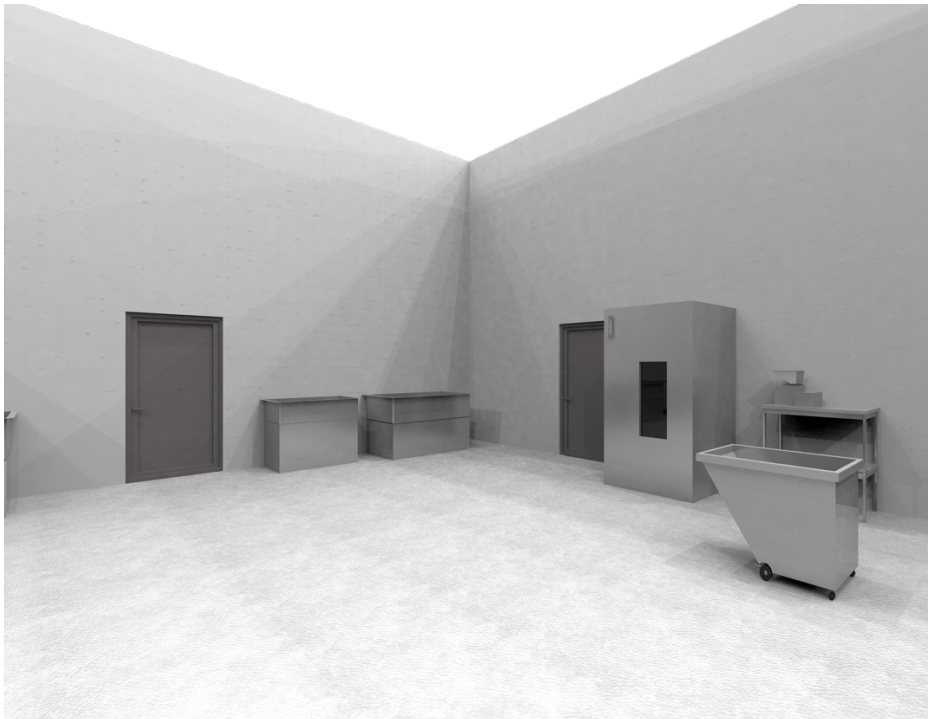
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: : Área de congelamiento de la pulpa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Área de producción vista en planta 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30: Área de producción vista en planta 3



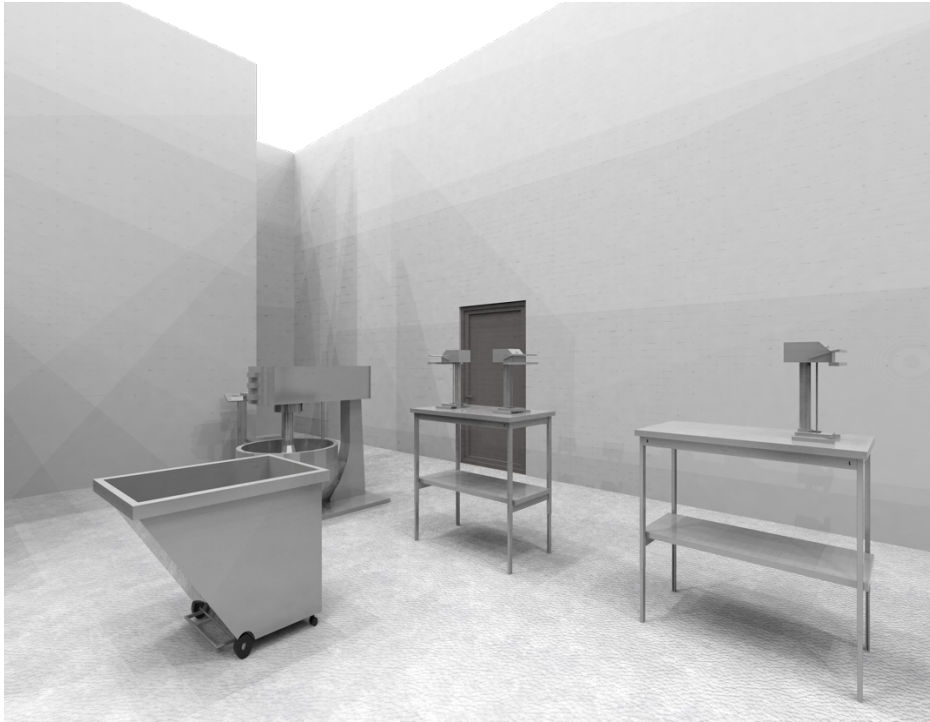
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Área de producción vista en planta 4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Área de producción vista en planta 5



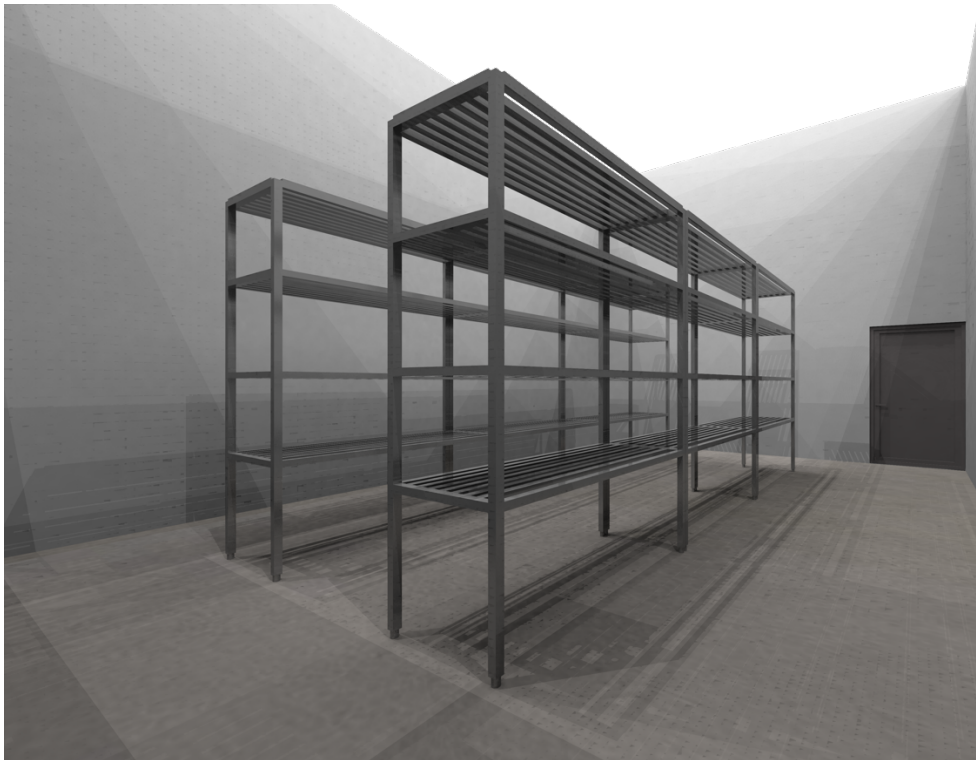
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Área de producción vista en planta 6



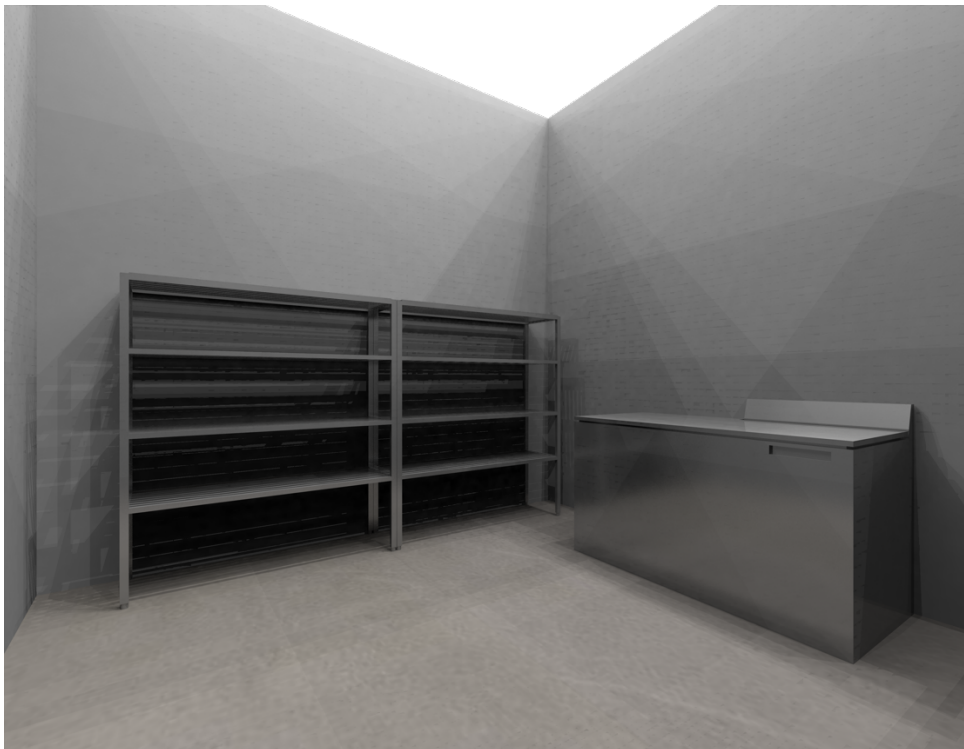
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Área de almacenamiento del producto final



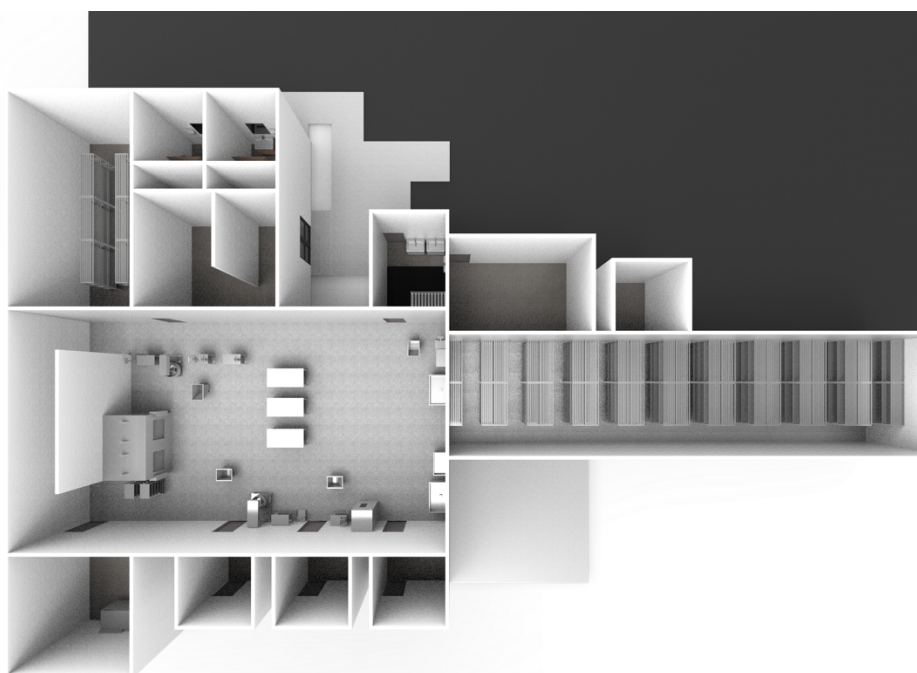
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Área de almacenamiento de la materia prima



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Vista de planta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Costos de la materia prima utilizada

Ingrediente	Gramos comprados	Precio (Q)	Costo (Q/g)	Uso en formulación (g)	Uso por paquete (g)	Costo por paquete (Q/g)
Pulpa	45000	75.000	0.002	594.388	118.878	0.198
Azúcar	2500	18.800	0.008	125.000	25.000	0.188
Huevo	600	45.550	0.076	27.000	5.400	0.410
Cocoa	1000	25.500	0.026	28.500	5.700	0.145
Margarina	400	15.700	0.039	78.000	15.600	0.612
Polvo para hornear	100	8.350	0.084	1.000	0.200	0.017
Sal	400	2.150	0.005	0.500	0.100	0.001

Ingrediente	Gramos comprados	Precio (Q)	Costo (Q/g)	Uso en formulación (g)	Uso por paquete (g)	Costo por paquete (Q/g)
Sorbato de potasio	1000	49.500	0.050	0.186	0.037	0.002
Ingrediente	Gramos comprados	Precio (Q)	Costo (Q/g)	Uso en formulación (g)	Uso por paquete (g)	Costo por paquete (Q/g)
Harina de trigo	908	16.750	0.018	58.250	11.650	0.215
Total						1.788
Mantequilla	200	35.800	0.179	5.000	0.500	0.090
TBQH	1000	188.000	0.188	0.008	0.001	0.000
Azúcar glass	400	6.450	0.016	5.000	0.500	0.008
Café instantáneo	120	43.050	0.359	5.000	0.500	0.179
Cocoa	1000	25.500	0.026	2.500	0.250	0.006
Total						0.283
Total de la suma de ingredientes tanto para la masa como para el relleno						2.071

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Costos indirectos

Material	Costo unitario (Q)
Bolsas impresas de 8 unidades	2.75
Cajas de 24 bolsas	5.00
Bolsas de 50 lbs para pulpa	7.50
Total	15.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Cotización de equipos

Equipo	Cantida d	Costo unitario (\$)	Costo FOB (total de equipos) (\$)	Costo CIF (total de equipos) (\$)
Máquina lavadora	2	566.00	1132.00	1415.00
Escaldadora	1	1600.00	1600.00	2080.00
Equipo	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo FOB (total de equipos) (\$)	Costo CIF (total de equipos) (\$)
Deshidratador	1	900.00	900.00	1170.00
Molino de martillos	1	1350.00	1350.00	1755.00
Batidora para la masa	1	3800.00	3800.00	4940.00
Horno de convección de bandejas	1	11800.00	11800.00	15340.00
Batidora para el relleno	1	1140.00	1140.00	1482.00
Carrito de acero	4	640.00	2560.00	3328.00
Mesa para pesado	3	67.00	201.00	261.30
Mesa estirado y moldeado	3	80.00	240.00	312.00
Selladora	3	60.00	180.00	234.00
Balanzas	3	315.00	945.00	1228.50
Carro de bandejas	2	150.00	300.00	390.00
Estantería para ingredientes	1	25.00	25.00	32.50
Estantería para cuarto congelado	44	58.00	2552.00	3317.60
Refrigerador para mantequilla y pulpa	1	301.00	301.00	391.30
Cuarto congelado	1	14920.00	14920.00	19396.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Cotización de equipos con impuestos en quetzales

Equipo	Costo CIF (total de equipos) (Q) Q7.85 tasa de cambio	IVA (12%) (Q)	Arancel (Q)	Costos DDP (Q)
Máquina lavadora	11100.99	1332.12	-	13183.10
Escaldadora	15690.44	1882.85	-	18323.29
Deshidratador	8825.87	1059.10	882.59	11517.56
Molino de martillos	13238.81	1588.66	1985.82	17563.29
Batidora para la masa	37264.80	4471.78	5589.72	48076.29
Horno de convección de bandejas	115717.00	13886.04	11571.70	141924.73
Batidora para el relleno	11179.44	1341.53	1676.92	14947.89
Carrito de acero	25104.70	3012.56	-	28867.27
Mesa para pesado	1971.11	236.53	-	2957.64
Mesa estirado y moldeado	2353.57	282.43	-	3385.99
Selladora	1765.17	211.82	-	2727.00
Balanzas	9267.17	1112.06	-	11129.23
Carro de bandejas	2941.96	353.03	-	4044.99
Estantería para ingredientes	245.16	29.42	-	1024.58
Estantería para cuarto congelado	25026.25	3003.15	-	28779.40
Refrigerador para mantequilla y pulpa	2951.76	354.21	442.76	4498.74
Cuarto congelado	146313.35	17557.60	21947.00	186567.96
Total				544268.96

Fuente: Elaboración propia. El costo de transporte país destino se asumió de Q500.00 y el costo de la descarga de los equipos en las instalaciones de Q250.00 para todos los equipos. El DDP para las placas de impresión de las bolsas se tomó de Q 4750.00.

Tabla 62: Inversión inicial

Detalles	Factor	Costo (Q)
Equipo entregado	1	544,268.96
Instalación	0.41	223,150.28
Tuberías	0.07	38,098.83
Electricidad	0.13	70,754.97
Instrumentación	0.03	16,328.07
Preparación de sitio	0.03	16,328.07
Servicios auxiliares	0.14	76,197.65
Total de planta física	1.81	985,126.82
Gastos	0.1	54,426.90
Costos directos planta	1.91	1,039,553.72
Contingencia	0.05	27,213.45
TOTAL	1.96	1,066,767.17

Fuente: Elaboración propia. Los factores de costo fueron extraídos de las tables 9-53 del Manual del Ingeniero Químico (Perry, 1994) para la estimación de los costos.

Tabla 63: Costo consumo energético

Equipo	Potencia (kWh)	Consumo (kWh/día)	Costo diario (Q)	Costo semanal (Q)	Costo anual (Q)
Máquina lavadora	3.50	1.17	1.61	8.05	394.45
Escaldadora	15.00	1.25	1.73	8.63	422.63
Deshidratador	5.60	33.60	46.37	231.84	11360.16
Molino de martillos	2.20	0.37	0.51	2.53	123.97
Batidora para la masa	10.00	1.83	2.53	13.92	681.84
Horno de convección de bandejas	31.00	15.50	21.39	117.65	5764.61

Equipo	Potencia (kWh)	Consumo (kWh/día)	Costo diario (Q)	Costo semanal (Q)	Costo anual (Q)
Batidora para el relleno	2.75	0.41	0.57	3.13	153.41
Selladora	2.50	1.25	1.73	9.49	464.89
Balanzas	0.03	0.01	0.01	0.04	1.86
Refrigerador para mantequilla y pulpa	15.00	360.00	496.80	3477.60	170402.40
Cuarto congelado	30.50	732.00	1010.16	7071.12	346484.88
Total					536255.08

Fuente: Elaboración propia. El consumo energético se basó en las horas diarias de uso de cada uno. El costo de la electricidad fue tomado de Q1.28/ kWh, tomado de la página web de la Empresa Eléctrica de Guatemala.

Tabla 64: Depreciación de los equipos principales

Tiempo (años)	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor en libros
0	-	-	265536.16
1	26553.62	26553.62	238982.54
2	26553.62	53107.23	212428.93
3	26553.62	79660.85	185875.31
4	26553.62	106214.46	159321.70
5	26553.62	132768.08	132768.08
6	26553.62	159321.70	106214.46
7	26553.62	185875.31	79660.85
8	26553.62	212428.93	53107.23
9	26553.62	238982.54	26553.62
10	26553.62	265536.16	-

Fuente: Elaboración propia. Equipos principales engloban: máquina de lavado, escaldadora, máquina de choque térmico, deshidratador, molino de martillos, batidoras y horno de convección.

Tabla 65: Depreciación de los equipos secundarios

Tiempo (años)	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor en libros
0	-	-	273982.80
1	54796.56	54796.56	219186.24
2	54796.56	109593.12	164389.68
3	54796.56	164389.68	109593.12
4	54796.56	219186.24	54796.56
5	54796.56	273982.80	-

Fuente: Elaboración propia. Equipos secundarios engloban: carritos de acero, mesas, selladoras, balanzas, carros de bandejas, estanterías, refrigerador, placas para impresión.

Tabla 66: Prestaciones salariales

Prestaciones	Cantidad (Q)	Frecuencia
Salario mínimo	3073.60	mensual
Bono 14	3073.60	anual
Aguinaldo	3073.60	anual
Capacitación	3073.60	anual
Pasivo laboral	3073.60	anual
IRTRA	30.74	mensual
IGSS	327.95	mensual
INTECAP	30.74	mensual
Bonificación incentivo	250.00	mensual
Costo mano de obra	4737.56	mensual
Costo mano de obra	157.92	diario
Horas ordinarias	19.74	-
Horas extras	29.61	-
Horas dobles	39.48	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Estado de resultados año 1-5

Año	1	2	3	4	5
Unidades producidas	200316.00	208069.00	216122.00	224486.00	233174.00
Ventas (Q)	3004740.00	3121035.00	3241830.00	3367290.00	3497610.00
Materia prima (Q)	414889.78	430947.61	447626.79	464950.11	482944.49
Material de empaque (Q)	629773.54	654148.20	679466.03	705761.61	733075.82
Personal (Q)	595826.93	595826.93	595826.93	595826.93	595826.93
Servicios (Q)	536255.08	536255.08	536255.08	536255.08	536255.08
Depreciación de equipo (Q)	81350.18	81350.18	81350.18	81350.18	81350.18
Costo de producción (Q)	2258095.52	2298528.01	2340525.02	2384143.92	2429452.51
Utilidad antes de impuestos (Q)	746644.48	822506.99	901304.98	983146.08	1068157.49
Impuestos (ISR) (Q)	186661.12	205626.75	225326.25	245786.52	267039.37
Utilidad neta (Q)	559983.36	616880.25	675978.74	737359.56	801118.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Estado de resultados año 6-10

Año	6	7	8	9	10
Unidades producidas	242198.00	251572.00	261308.00	271421.00	281925.00
Ventas (Q)	3632970.00	3773580.00	3919620.00	4071315.00	4228875.00
Materia prima (Q)	501634.79	521050.00	541214.97	562160.78	583916.42
Material de empaque (Q)	761446.38	790917.30	821526.31	853320.58	886344.10
Personal (Q)	595826.93	595826.93	595826.93	595826.93	595826.93
Servicios (Q)	536255.08	536255.08	536255.08	536255.08	536255.08
Depreciación de equipo (Q)	81350.18	81350.18	81350.18	81350.18	81350.18
Costo de producción (Q)	2476513.36	2525399.49	2576173.48	2628913.55	2683692.72
Utilidad antes de impuestos (Q)	1156456.64	1248180.51	1343446.52	1442401.45	1545182.28
Impuestos (ISR) (Q)	289114.16	312045.13	335861.63	360600.36	386295.57
Utilidad neta (Q)	867342.48	936135.38	1007584.89	1081801.09	1158886.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Flujo de efectivo año 0-5

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	-1066767.17	-	-	-	-	-
Ingresos totales (Q)	-	3004740.00	3121035.00	3241830.00	3367290.00	3497610.00
Egresos totales (Q)	-	-2258095.52	-2298528.01	-2340525.02	-2384143.92	-2703435.31
Impuestos (ISR) (Q)	-	-186661.12	-205626.75	-225326.25	-245786.52	-267039.37
Flujo neto (Q)	-1066767.17	559983.36	616880.25	675978.74	737359.56	527135.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Flujo de efectivo año 6-10

Año	Año	6	7	8	9	10
Inversión inicial (Q)	Inversión inicial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ingresos totales (Q)	Ingresos totales	3632970.00	3773580.00	3919620.00	4071315.00	4228875.00
Egresos totales (Q)	Egresos totales	-2476513.36	-2525399.49	-2576173.48	-2628913.55	-2949228.88
Impuestos (ISR) (Q)	Impuestos (ISR)	-289114.16	-312045.13	-335861.63	-360600.36	-2949228.88
Flujo neto (Q)	Flujo neto	867342.48	936135.38	1007584.89	1081801.09	-1669582.75

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 1: Piletas de lavado en la finca de Chimaltenango

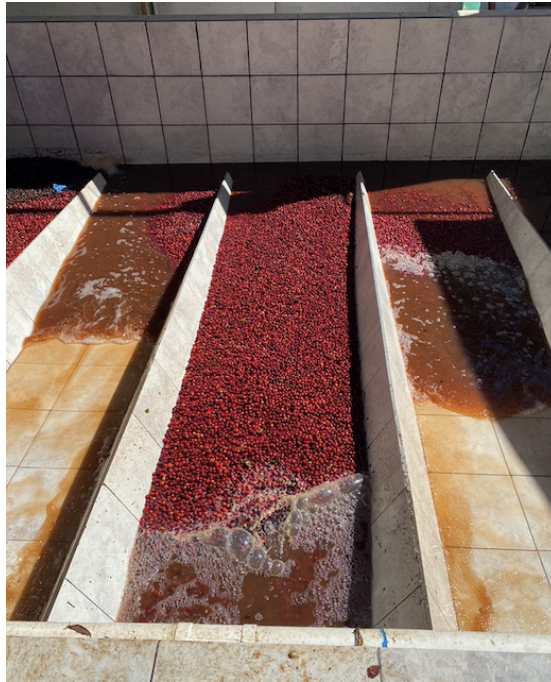


Imagen 2: Pila de pulpa, luego del despulpado en húmedo



Imagen 3: Recolección de pulpa



Imagen 4: Lavado de pulpa



Imagen 5: Comparación de los procesos para evitar pardeamiento enzimático. (Control, ácido, escaldado)



Imagen 6: Proceso de deshidratación



Imagen 7: Pulpa deshidratada molida “Harina de pulpa de café”



Imagen 8: Análisis de polifenoles

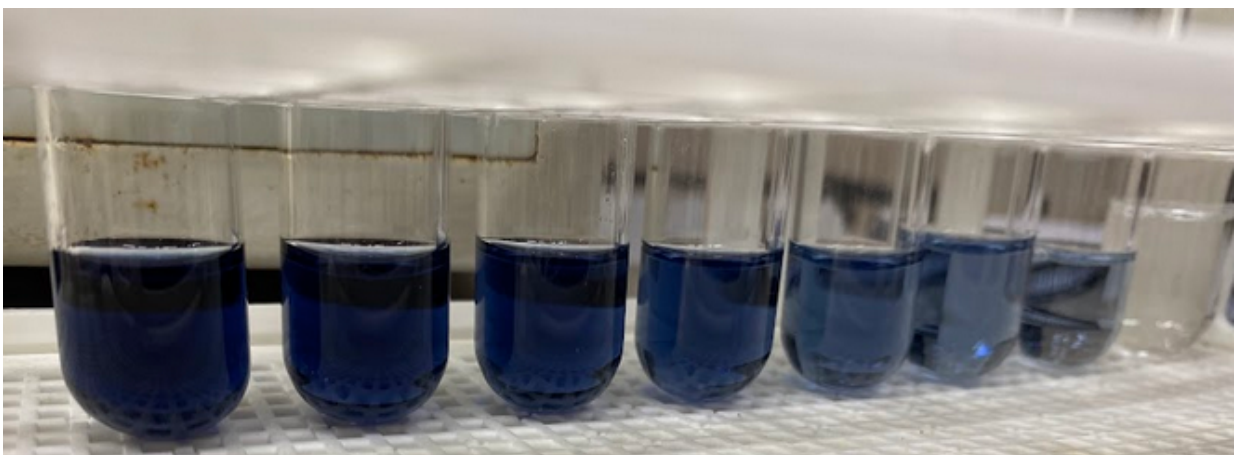


Imagen 9: Análisis de cenizas



Imagen 10: Análisis de grasa



Imagen 11: Análisis de proteína



Imagen 12: Análisis de fibra dietética



Imagen 13: Análisis de fibra cruda



Imagen 14: Análisis de cafeína

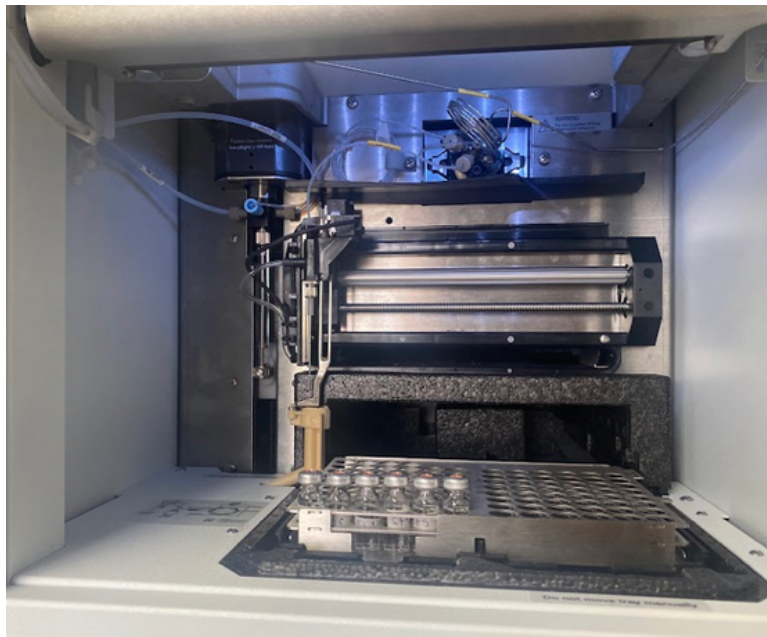


Imagen 15: Competencia marca TOSH que se encuentra en el mercado con declaración “fuente de fibra”



Imagen 16: Competencia marca Gullón que se encuentra en el mercado con declaración “alto en fibra”



Imagen 17: *Grupo focal* para la validación de la formulación



Imagen 18: Galleta con proporción 50% harina de arroz y 50% harina de pulpa



Imagen 19: Galleta con proporción 50% harina de arroz y 50% harina de pulpa



Imagen 20: Panel sensorial



Imagen 21: Producto final

