

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

Diseño de una masa de panificación con inclusión de yogur para
la producción de bollos de pan

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

Tom John Balarezo Jara

Jorge Luis Patiño Castro

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2019

DEDICATORIA

A mi mamá, mi hermana quienes me apoyaron desde que di mi primer respiro y son un ejemplo de perseverancia, amor y sabiduría en mi vida.

A Nico quien considero como el hermano mayor que me hacía falta.

A mi nana a quien considero como mi segunda mamá y que llenó de luz mi corazón

A mi abuelita y el resto de mi familia quienes me brindaron un segundo hogar

A mis amigos quienes me apoyaron cuando perdí la fe en mí mismo y me ayudaron a estar en paz conmigo mismo.

A Juan Carlos Pingel por ayudarme a tomar las riendas sueltas de mi vida cuando todo estaba perdido para mí.

Jorge Luis Patiño Castro

A Dios por mantenerme perseverante frente a todo.

A mis padres por ser mi apoyo incondicional en cualquier circunstancia.

A todas las personas que de alguna manera influyeron en mi para crecer como persona.

Tom John Balarezo Jara

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a nuestro tutor, PhD. A. Sócrates Palacios por su predisposición de guiarnos en este camino hacia el mundo profesional con sus enseñanzas que sin duda nos marcará para toda la vida y a su vez porque dio todo de sí para que podamos aprender sobre la carrera más allá de los libros y los exámenes.

Queremos agradecer a nuestros familiares y amigos que sin duda alguna ellos nos apoyaron desde el inicio para avanzar durante toda esta trayectoria incluso cuando todo parecía estar perdido en algunas ocasiones.

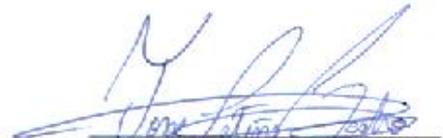
Jorge y Tom

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Tom Balarezo Jara y Jorge Patiño y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

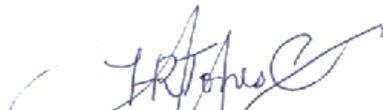


Tom Balarezo Jara



Jorge Patiño

EVALUADORES



Haydeé Torres Camba, MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA



A. Sócrates Palacios Ponce, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La industria de la panificación cada año crece gracias a la innovación de sus productos que satisfacen las necesidades del consumidor actual, dando lugar a una gran variedad de productos de panadería hechos con diferentes ingredientes. No obstante, existen empresas artesanales que buscan entrar a este mercado, incorporando ingredientes no convencionales en la elaboración de masas para panificación.

El propósito de este proyecto es diseñar y estandarizar una formulación de un pan tipo hamburguesa utilizando como ingrediente yogur en la preparación de la masa, con la finalidad aprovechar el excedente de yogur procesado de una industria de mercado local, como insumo para la elaboración de masas de panes.

Inicialmente se tomó una formulación base para la aplicación de diseños experimentales, que permitan determinar una formulación con el mismo comportamiento en parámetros de textura y costos de producción que la formula patrón. Así mismo, se realizaron a su vez pruebas de perfil de textura y de evaluación sensorial para determinar el grado de aceptación del producto, así como pruebas físicas y microbiológicas en la formula seleccionada. Finalmente se estimó el costo de producción obteniéndose un Valor Actual Neto de USD 127.585,40 y una Tasa Interna de Retorno de 46%, con un periodo de recuperación de la inversión inicial de 5 años aproximadamente.

Palabras claves: pan, yogur, textura, sensorial.

ABSTRACT

The bakery industry grows every year due to its products innovation that satisfied today's consumers needed, resulting in a wide variety of bakery products made with different ingredients. However, there are artisan companies that seek to enter this market, incorporating unconventional ingredients in preparation of dough for baking.

The purpose of this project is to design and standardize a hamburger type bread formulation using yogurt as an ingredient in dough preparation, in order to use yogurt processes' excess of a local market industry, like raw material to bread dough's preparation.

Initially, a base formulation to experimental designs application was taken that allow to determine a formulation with same behavior in texture parameters and production costs than base formula. Likewise, performed texture profile tests, and sensory evaluation tests in all evaluated treatments to determine acceptation grade, as well as, physical and microbiological tests at formulate selected. Finally, production cost was estimated obtaining a Net Present Value of USD 127,585.40 and an Internal Rate of Return of 46%, with an initial investment recovery period of approximately 5 years.

Keywords: bread, yogurt, texture, sensory.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Materias Primas.....	3
1.4.2 Proceso	7
1.4.3 Composición nutricional de panes consumidos en el Ecuador	8
1.4.4 Características del producto terminado	9
CAPÍTULO 2.....	10
2. METODOLOGÍA	10
2.1 Formulación	10
2.2 Diseño experimental.....	11
2.3 Diseño de mezclas	11
2.4 Diseño unifactorial.....	13
2.5 Pruebas sensoriales.....	14
2.6 Pruebas microbiológicas	15
2.7 Lay-out de la planta.....	15

2.8	Estimación de costos	16
2.8.1	Balance de materia por Batch	16
2.8.2	Costos de producción	16
2.8.3	Punto de equilibrio	17
2.8.4	Análisis Financiero.....	17
CAPÍTULO 3.....		18
3.	Resultados y análisis	18
3.1	Diseño experimental.....	18
3.1.1	Diseño de mezclas	18
3.1.2	Pruebas de perfil de textura.....	19
3.1.3	Diseño Unifactorial.....	22
3.1.4	Prueba sensorial.....	25
3.2	Análisis microbiológico	26
3.3	Layout de la planta	27
3.4	Estimación de Costos.....	28
3.5	Balance de Materia por Batch	29
3.6	Costos de producción.....	31
3.6.1	Punto de equilibrio	32
3.6.2	Análisis Financiero.....	33
CAPÍTULO 4.....		34
4.	Conclusiones y recomendaciones	34
4.1	Conclusiones.....	34
4.2	Recomendaciones.....	34

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ANOVA	Analysis of Variance
SLP	Systematic Layout Planning
T.R.A.	Tabla de Relación de Actividades
P.V.P.	Precio de Venta al Público
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
TPA	Texture Profile Analysis

SIMBOLOGÍA

Mm	Milímetros
Kg	Kilogramo
n	Número de muestras a analizar
c	Número máximo permitido de unidades de muestra defectuosas
m	Límite microbiológico que divide la calidad aceptable de la marginalmente aceptable
M	Límite microbiológico que divide la calidad marginalmente aceptable de la rechazable

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ingredientes para la elaboración de pan de yogur	3
Tabla 1.2 Composición nutricional de los panes más consumidos en el Ecuador.....	9
Tabla 2.1 Fórmula de referencia.....	10
Tabla 2.2 Límites mínimos y máximos del diseño de mezclas	11
Tabla 2.3 Matriz de tratamientos experimentales	12
Tabla 2.4 Niveles del factor en la fórmula final	13
Tabla 2.5 Escala hedónica de 9 puntos para una prueba de aceptación	14
Tabla 2.6 Requerimientos microbiológicos para productos de panificación	15
Tabla 2.7 Criterio de ubicación de la Tabla de Relación de Actividades	15
Tabla 2.8 Equipos activos en la línea de panificación	16
Tabla 3.1 Tratamientos obtenidos mediante el diseño de mezclas	19
Tabla 3.2 Análisis microbiológico de la formulación final seleccionada	26
Tabla 3.3 Balance de masa del proceso.....	30
Tabla 3.4 Tabla de costos de producción	31
Tabla 3.5 Tabla de estimación de punto de equilibrio.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso para la elaboración del pan con yogur.....	8
Figura 3.1 Esquema de la variación de dureza con respecto al tiempo	20
Figura 3.2 Esquema de la variación de la cohesividad con respecto al tiempo	20
Figura 3.3 Esquema de la variación de la elasticidad con respecto al tiempo.....	21
Figura 3.4 Diferencia de medias en los tratamientos del diseño de mezcla	22
Figura 3.5 Variación de la dureza, cohesividad y elasticidad en los tratamientos.	24
Figura 3.6 Diagrama de los votos para el Tratamiento 1	25
Figura 3.7 Diagrama de los votos para el Tratamiento 2.....	25
Figura 3.8 Diagrama de los votos para el Tratamiento 3.....	26
Figura 3.9 Tabla de Relación de Actividades	27
Figura 3.10 Lay-out de la planta	28
Figura 3.11 Diagrama de flujo del proceso.....	29
Figura 3.12 Estimación del punto de equilibrio	32

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En el Ecuador la industria de panificación tiene una gran aceptación dentro de su comunidad debido a que existe una alta tasa de consumo en sus productos, aproximadamente 39 kilos de pan al año por persona. Este sector presenta un crecimiento entre un 5 y 10% y puede llegar a generar más de USD 657 millones, ya que estos productos son una prioridad en nuestra población, principalmente en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca (Jácome, 2018).

En la actualidad, la elaboración de pan a escala industrial es dominada por grupos empresariales como Moderna Alimentos y Grupo Bimbo, mismos que ofrecen una diversidad de productos de panificación en el mercado. Por otro lado, se encuentran las panificadoras que trabajan a nivel semi-industrial y artesanal como Panificadora Ambato, Panadería California, entre otras, las cuales difieren en volúmenes y proceso de producción ya que su objetivo se basa en una producción para consumo diario.

Debido a salvaguardas económicas impuestas en el país, el consumo de pan y otros productos de panificación se vieron afectados, lo que provocó que, mientras se adicionada la adición de otros ingredientes dentro de su producción, produjo el alza de precios en insumos destinados a su producción (INEC, 2012). En el año 2015 y 2016 se estimó una reducción en el consumo de producto en un 15% a causa del poder adquisitivo en las familias. A pesar de ello, la firma Panificadora Ambato lanzó una estrategia de mercado basada en la diversificación de la gama de productos de panificación, permitiendo de esta forma aumentar la producción en un 15% en los primeros semestres del 2017 (Enriquez, 2019).

Es por ello, que el presente trabajo tiene como objetivo aprovechar el excedente de yogur procesado por una industria de mercado local como un nuevo insumo para la elaboración de masas de panes potencialmente competitivas manteniendo la

rentabilidad de sus ingresos y satisfaciendo la demanda actual a precios competitivos.

1.2 Justificación

La demanda existente por productos de la industria de panificación en el Ecuador abre puertas a nuevas oportunidades para la diversificación de éstos, mediante el empleo de ingredientes que aporten nuevas características sensoriales. Empresas de mercado local han tenido éxito en la elaboración industrial de panes con la adición de cereales y otros ingredientes en su composición, lo que demuestra que otorgarle un valor agregado al pan les permite más participación en el mercado.

La meta de la diversificación de los productos de panificación es ofrecer al consumidor una variedad de opciones en su día a día, con lo cual existe la posibilidad de incursionar en el uso ingredientes no tradicionales en la elaboración de estos.

Uno de los ingredientes con alta probabilidad de pluralizar los productos de panificación es el yogur, el cual es un recurso con potencial disponibilidad en pequeñas industrias que se dedican al procesamiento de lácteos. La posible incorporación del yogur en el pan permitiría la producción sostenible de este producto, aprovechando los excedentes de yogur que se generen en industrias dedicadas a esta actividad económica, con lo que se puede satisfacer la demanda existente a precios competitivos, generando a su vez un impacto positivo sobre la matriz productiva del Ecuador al aprovechar un recurso de producción nacional. A su vez, basado en un estudio realizado por Carla Graça, el yogur permite un incremento del contenido de minerales mejorando así el valor nutricional del pan (Graça, Raymundo, & Sousa, 2019).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Estandarizar una formulación de bollos de pan que incluya yogur, para una capacidad de producción de 58 kilos por batch.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el uso de yogur como ingrediente para la formulación de bollos de pan
- Plantear condiciones de proceso en una línea de 58 kilos por batch de capacidad.
- Estimar los costos de producción para una presentación de 6 unidades de bollos de pan.

1.4 Marco Teórico

El yogur es un alimento que contiene probióticos que actúan en conjunto para mejorar la flora intestinal, inhibir el crecimiento de bacterias dañinas, mejorar el sistema inmunológico, entre otros. Por ello puede ser utilizado como un ingrediente para la elaboración del pan ya que los probióticos permiten fortalecer la red de gluten. (Sharafi, Yousefi, & Fajari, 2017). Se ha descubierto además que, cuando se incorpora el yogur a la masa para hacer pan y habiendo pasado por la etapa de horneado, se obtiene como resultado un producto horneado con un mejor aroma, sabor y un valor nutricional mejorado (Hill, 1974).

1.4.1 Materias Primas

En la Tabla 1.1 se detallan los ingredientes comúnmente usados en la formulación de un pan a base de yogur.

Tabla 1.1 Ingredientes para la elaboración de pan de yogur [(Hill, 1974)]

Ingredientes	% Peso
Harina de trigo	100
Agua	50
Levadura	2.5
Sustrato para levadura	0.625
Acortadores	3.25
Azúcar	3.75
Sal	2.50
Leche en Polvo	3.75
Jarabe de Malta	2.50
Germen de trigo	2.50
Miel	7.5

Yogur Fresco	7.5
--------------	-----

Harina de trigo

La harina de trigo es un producto obtenido a partir de la aplicación de la molienda en granos de trigo comunes o granos de trigo ramificados o la combinación de ambos en los que se clasifica el germen y parte de salvado, dejando al resto del material molerse y darle una finura adecuada (Alimentarius, 2007).

Este ingrediente debe reunir ciertas características trascendentales para la panificación como:

- **La calidad panadera de la harina:** Esta característica es determinada por la cantidad y la calidad proteica de la harina, es decir, el contenido de proteína en la harina no garantiza una buena calidad del producto final, sin embargo, el porcentaje de proteína debe ser mayor al 8% (Hoseney, 1991). Uno de los métodos de evaluación de la riqueza proteica es la medición del volumen específico que alcanza el pan. Esta variable es directamente proporcional a la calidad panadera de la harina (Kent, 1987).
- **Color:** El color de la harina es un factor determinante de la calidad visual del producto final y varía según el rendimiento obtenido en la molienda del grano de trigo. Para la producción de harina blanca se requiere de un rendimiento menor al 82% y pasar por un tratamiento de blanqueo mientras que, para la producción de la harina morena y la harina integral, los rendimientos deben ser entre un 85 y 100% correspondientemente (Kent, 1987).
- **El contenido de humedad:** Durante el ensilaje, el contenido de humedad en la harina debe estar entre el 13 y 14% para asegurar su inocuidad y evitar reacciones de oxidación lipídica, permitiendo el almacenamiento por tiempo aproximado de 4 semanas (Kent, 1987).

Agua

El agua es necesaria para darle forma y consistencia a la masa, puede servir como un disolvente para las sustancias que actúan en la fermentación como las enzimas y azúcares. Otra función importante es la homogenización de todas las sustancias

que se encuentran en la masa durante el amasado. El agua también permite la hinchazón y gelatinización del almidón, permitiendo una mejor digestión del pan y así mismo permite la distribución de calor en toda la masa (Haegens, 2019). Por último, el agua permite que las proteínas gliadina y glutenina interactúen entre sí para formar enlaces y de esta manera tener instaurado filamentos proteicos, siendo así la base para el desarrollo de una matriz viscoelástica y cohesiva de gluten logrando así retener los gases durante la fermentación (Carson, 2019).

Levadura fresca

Es un organismo vivo y el principal responsable de que la fermentación se lleve a cabo ya que metaboliza azúcares simples liberando dióxido de carbono y alcohol en forma de burbujas de gas como resultado del proceso, lo que permite que la masa del pan se expanda (Corriher, 2019). Los azúcares que abarcan el proceso de fermentación se originan por la ruptura de la amilosa y por degradación de una parte de almidón por amilasas produciendo maltosa durante el transcurso de la fermentación (Calverl, Wirtz, & MaGuire, 2001).

Acortadores

Un acortador es cualquier grasa en estado sólido a temperatura ambiente como la margarina, manteca y aceites vegetales hidrogenados que impiden la formación de las matrices de gluten permitiendo que la masa sea desmenuzable, crujiente y que su forma se mantenga. Esta grasa se derrite cuando está por encima de la temperatura ambiente, mezclándose con la masa para poder crear una barrera física entre las moléculas de gluten y de esa forma no se expanda la masa (Bon's Red Mill, 2019).

Azúcar

El azúcar absorbe el agua presente en la masa para evitar la formación del gluten y la gelatinización del almidón. El azúcar funciona como un sustrato para que la levadura lleve a cabo el proceso de fermentación y producir alcoholes, ácidos y dióxido de carbono principalmente y a su vez le da un sabor dulce al producto terminado (Vaclavik & Christian, 2008).

Sal

La sal produce la deshidratación de las levaduras, además de ejercer un efecto osmótico provocando una competencia con otras sustancias por la absorción de agua, lo cual permite el desarrollo de gluten y disminución de la gelatinización del almidón. Otra de las funciones darle sabor y consistencia a la masa (Vaclavik & Christian, 2008).

Leche en polvo

Este ingrediente tiene algunos efectos durante la etapa de horneado, permite la adición de proteínas y azúcares otorgando una tonalidad más dorada y oscura en el pan debido a la reacción de Maillard que se desarrolla y a su vez, la proteína de la leche fortalece a la masa durante el proceso de cocción (Joe Pastry, 2019).

Jarabe de Malta

El jarabe de malta también funciona como sustrato para la levadura durante la fermentación y le da sabor y color al pan. Existen 2 tipos de jarabe de malta, la diastática que contiene enzimas denominadas diastasas que degrada el almidón en azúcares simples sobre los cuales puede actuar la levadura y se utiliza cuando los tiempos de fermentación son cortos. Por otro lado, el jarabe no diastático es procesado a altas temperaturas y es utilizado porque contiene azúcares fermentables que contribuyen con el sabor y aroma del pan (Gisslen, 2009).

Germen de trigo

Tiene un alto valor nutricional y posee una mayor cantidad de proteína, grasa, azúcares, minerales y fibra dietética que la harina de trigo. Es rico en vitamina E, tiamina, riboflavina y niacina. Posee proteínas ricas en lisina, metionina y treonina y a su vez posee fitoquímicos que proveen una buena palatabilidad en muchos alimentos y es por ese valor nutricional que puede ser usado como ingrediente para repostería y horneado (M. Majzoobi1, 2012).

Miel

En repostería, la miel puede usarse como endulzante y debido a su acidez puede inhibir el crecimiento de mohos (Carson, 2019).

Yogur

La incorporación del yogur en productos de panificación mejora algunas propiedades en el producto final, dándole una mejora en su sabor, aroma y valor nutricional. Debe de incorporarse en un rango de 0.5 a 10 por ciento por peso basado en el contenido de harina disponible (Hill, 1974).

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, el yogurt contiene 9 gramos de proteína, 5 gramos totales de grasa. A su vez posee una naturaleza acídica con un pH que se encuentra entre un rango de 4.0 y 4.6 (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 4).

1.4.2 Proceso

La elaboración de pan requiere de una serie de etapas que tienen como objetivo transformar la materia prima en un producto cuyos ingredientes cuentan con una función tecnológica en el desarrollo de la masa y obtención del pan.

Para este proceso se realiza la recepción de las materias primas y se verifica que cumplan con los estándares requeridos para asegurar las características finales del pan, posterior a esto se procede a la elaboración de la masa mediante la incorporación de los ingredientes efectuando un mezclado y amasado. Durante el amasado, la harina absorbe el agua en función de las características finales del producto formando la red de gluten mediante la combinación de las proteínas gliadina y glutenina favorecida por fenómenos de oxidación – reducción que fomentan el establecimiento de puentes disulfuro entre ellas (Callejo, 2004).

Luego del amasado se permite reposar a la masa para su fermentación y maduración, y seguidamente se aplica un golpeado donde los gases formados en la etapa anterior son expulsados volviendo a la masa más consistente. Posteriormente, se divide en trozos de determinado tamaño dándoles una forma aproximada para su primera maduración en reposo, lo que permite una mejora de la distribución del gas en el interior de las piezas, mediante actividad mecánica se les otorga el moldeado definitivo para su segunda maduración y posterior cocción en los hornos (Hoseney, 1991).

Finalmente, después de la etapa de horneado se da paso su enfriamiento, desmoldado y envasado donde el alimento se encuentra listo para ser distribuido. La figura 1.1 resume las etapas generales de la elaboración de pan.



Figura 1.1 Proceso para la elaboración del pan con yogur

[Elaboración propia, 2019]

1.4.3 Composición nutricional de panes consumidos en el Ecuador

La Tabla 1.2 detalla los tipos de panes y su composición nutricional, que mayormente son comercializados en el mercado interno del Ecuador. Se puede apreciar que el contenido de fibra en el pan tipo integral destaca respecto de los otros tipos de panes, lo cual está en concordancia con tendencias que se han ido

marcando durante estos últimos años acentuando el hecho de evitar el consumo de alimentos con ingredientes refinados.

Tabla 1.2 Composición nutricional de los panes más consumidos en el Ecuador

[(Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2019)]

Tipo de panes	Agua	Fibra	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos	Energía (kcal)
Pan tipo bollo	26.05	2.2	10.65	5.8	55.77	320
Pan integral	30.67	4.2	8.45	2.82	53.52	268
Pan de molde	36.42	2.7	8.85	3.33	49.42	266
Pan tipo hamburguesa	34.44	1.8	9.77	3.91	50.12	279
Pan baguette	35.61	2	10	0	60	280

1.4.4 Características del producto terminado

El producto final es un pan blanco elaborado con yogur en una cantidad entre 0.5 a 20% del peso de la harina total utilizada durante la elaboración de la masa. Este producto presenta características de esponjosidad y frescura mayores que un pan de molde blanco debido a la textura mejorada, y aunque el aroma a pan fresco se mantiene posee un sabor ligeramente más ácido (Hill, 1974).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto se basó en el uso del yogur como ingrediente para la elaboración de un producto de panificación, así como evaluar aquellos ingredientes que tienen un impacto económico en la elaboración del producto. Inicialmente se realizaron modificaciones a una fórmula base no estandarizada, utilizando para ello un diseño de mezclas. Posteriormente se planteó el uso de un diseño unifactorial, que permita determinar una fórmula con buenos atributos de calidad a un costo de producción competitivo, a su vez, se realizó una prueba sensorial para determinar el nivel de aceptación del producto. Finalmente, se estimaron costos de producción en condiciones operativas actuales de la empresa.

2.1 Formulación

La tabla 2.1 detalla una formula base no estandarizada que se tomara como una referencia para ser usadas en el planteamiento de los diseños experimentales de mezclas y unifactorial en el desarrollo del presente trabajo.

Tabla 2.1 Fórmula de referencia [Elaboración propia, 2019]

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo	54.48
Yogur	16.41
Manteca	4.35
Levadura	1.38
Azúcar	0.23
Agua	1.11
Conservante	0.27
Mejorador	16.83
Sal	4.90
Total	100

2.2 Diseño experimental

Los diseños de experimentos que se plantearon para el desarrollo del trabajo fueron el diseño de mezcla y el diseño unifactorial, utilizando los softwares estadísticos Statistica 7 y Minitab 17.

El diseño de mezcla se utilizó para bosquejar el total de tratamientos experimentales, mientras que el diseño unifactorial fue usado para evaluar la incidencia de un ingrediente, en la velocidad de una de las etapas del proceso de producción de los panes. En todos los casos al menos se evaluó un atributo de calidad propia del producto terminado.

2.3 Diseño de mezclas

El diseño de mezclas fue estructurado en base a 3 ingredientes constitutivos de la formulación que son: harina de trigo, yogur y manteca. La Tabla 2.2, detalla los límites mínimos y máximos para cada ingrediente seleccionado, obteniéndose un total de 10 tratamientos experimentales que son detallados en la Tabla 2.3. Para la evaluación del diseño se consideró el costo de producción por unidad y las características de textura como dureza, cohesividad y elasticidad del pan como variables respuestas.

Tabla 2.2 Límites mínimos y máximos del diseño de mezclas

[Elaboración propia, 2019]

Factor		Mínimo	Máximo
A	Harina de trigo	52.48	56.48
B	Yogur	14.42	18.42
C	Manteca	2.36	6.36

Tabla 2.3 Matriz de tratamientos experimentales [Elaboración propia, 2019]

Tratamientos	Harina de trigo (%)	Yogur (%)	Manteca (%)
1	56.48	14.42	2.36
2	52.48	18.42	2.36
3	52.48	14.42	6.36
4	53.81	17.08	2.36
5	53.81	14.42	5.02
6	52.48	15.75	5.02
7	55.14	15.75	2.36
8	55.14	14.42	3.69
9	52.48	17.08	3.69
10	53.81	15.75	3.69

Inicialmente, se seleccionaron los 3 tratamientos (bajo, medio y alto) en función del costo estimado para la fórmula patrón base. Posteriormente, de los tratamientos seleccionados se elaboraron muestras a nivel de planta, para evaluar propiedades de textura como dureza, cohesividad y elasticidad del producto terminado.

Esto nos permitió comprobar de que, si los datos proceden de una población normal, se realizaría una prueba paramétrica para corroborar que no existe una diferencia significativa en las medias de los tratamientos. Esta prueba paramétrica aplicada fue un análisis de varianza ANOVA de un solo factor con un nivel de significancia de 0.05 valiéndose de las hipótesis:

Hipótesis Nula (Ho): Todas las medias son iguales

Hipótesis Alternativa (Ha): Por lo menos una media es diferente

Finalmente, se seleccionó la formulación que presentó una mejor relación entre las variables respuesta. De esta forma se definieron los porcentajes a utilizar de los ingredientes estudiados, para dar paso a la aplicación de un segundo diseño experimental.

2.4 Diseño unifactorial

El diseño unifactorial 3^k , con k igual a 1 factor, fue planteado para evaluar el comportamiento del ingrediente levadura, en la velocidad del proceso de fermentación y su impacto sobre los atributos sensoriales del producto terminado. El total de tratamientos experimentales se detallan en la Tabla 2.4. El resto de los ingredientes se mantuvieron en una proporción fija para estos ensayos.

Tabla 2.4 Niveles del factor en la fórmula final

[Elaboración propia, 2019]

Factor	Nivel	Tratamientos
Levadura	Bajo	T1
	Medio	T2
	Alto	T3

Análisis de perfil de textura

Las pruebas de perfil de textura se realizaron para ambos diseños experimentales utilizando un Analizador de Textura C3 aplicando una prueba TPA (texture profile analysis), empleando una sonda cilíndrica TA 11/1000 de 38,1 mm de diámetro. La sonda del equipo realizó una doble compresión a una rodaja de pan, con un grosor de 2cm y una rapidez de 4 mm/s, comprimiendo la altura del pan hasta un 40% con un espacio de tiempo de 10 segundos entre ambas constricciones (McGregor, 2015).

Adicionalmente se comprobó que los datos de perfil de textura obtenidos de los tratamientos relacionados al diseño de mezcla y al diseño unifactorial se ajusten a una distribución normal para verificar si los datos se acercan a una distribución de probabilidad discreta. Para la prueba de normalidad de los resultados se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula (H₀): Los datos siguen una distribución normal

Hipótesis Alternativa (H_a): Los datos no siguen una distribución normal

Una vez comprobada la normalidad de los datos en ambos diseños experimentales, se realizó una prueba paramétrica para corroborar que no existe una diferencia significativa en las medias de los tratamientos. Esta prueba paramétrica aplicada fue un análisis de varianza ANOVA de un solo factor con un nivel de significancia de 0.05 valiéndose de las hipótesis:

Hipótesis Nula (Ho): Todas las medias son iguales

Hipótesis Alterna (Ha): Por lo menos una media es diferente

2.5 Pruebas sensoriales

Se realizó una evaluación sensorial a las muestras de panes con formulaciones pertenecientes a los 3 tratamientos del diseño unifactorial para determinar su nivel de aceptación. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos que va en un rango desde “me disgusta extremadamente” hasta “me gusta extremadamente” como se detalla en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Escala hedónica de 9 puntos para una prueba de aceptación

[Elaboración propia, 2019]

Valoración	Escala hedónica
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me gusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Las pruebas sensoriales fueron realizadas 3 días después de la elaboración de los panes. Para ello se contó con 40 panelistas no entrenados y cada panelista tuvo a

disposición una cabina con las muestras, una hoja, un bolígrafo para la calificación y un vaso con agua para poder contrarrestar cualquier sabor que haya probado anteriormente.

2.6 Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas fueron realizadas en base a la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010/MINSA por el Ministerio de Salud de Perú, donde se establece las condiciones microbiológicas que debe de cumplir el producto para garantizar su inocuidad, mismas que se detallan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Requerimientos microbiológicos para productos de panificación

[Ministerio de Salud de Lima – Perú, 2011]

Agente microbiano	Categoría	N	c	Límite por g	
				m	M
Mohos	2	5	2	10 ²	10 ³
<i>Escherichia coli</i>	6	5	1	3	20
<i>Clostridium perfringens</i>	8	5	1	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	8	5	1	10 ²	10 ⁴

2.7 Lay-out de la planta

El diseño de la Lay-out se realizó en base al método SLP (Systematic Layout Planning), que consiste en ubicar los departamentos de la planta de acuerdo con la proximidad del proceso. Previamente se obtiene una tabla de relación de actividades productivas y no productivas, que permite analizar la interacción espacial entre estas áreas, utilizando los criterios detallados en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Criterio de ubicación de la Tabla de Relación de Actividades

[(Merrick, 2006)]

Muy importante	4
Moderadamente importante	3
Deseable	2
Se necesita ocasionalmente	1
No se necesita	0

2.8 Estimación de costos

La estimación de costos fue realizada considerando los elementos, materias primas, materiales de empaque, equipos, mano de obra y servicios básicos, que son requeridos para llevar a cabo con normalidad una jornada de producción. Para esta estimación también se mantuvo el esquema actual de trabajo de la planta; la Tabla 2.8 detalla una recopilación de información de los equipos que actualmente son usados en el proceso de producción.

Tabla 2.8 Equipos activos en la línea de panificación

[Elaboración propia, 2019]

Equipo	Uso
Balanza	Pesado de materia prima
Mezcladora	Incorporación y estandarización de los componentes
Boleadora	División de la masa en partes iguales
Cámara de fermentación	Fermentación de la masa
Horno	Cocción de la masa
Selladora	Sellado del envase

2.8.1 Balance de materia por Batch

Los rendimientos fueron estimados en cada etapa del lote de producto elaborado, con lo cual se realizó un balance de masa para determinar las cantidades de materias primas y material de empaque, necesarios para la obtención de 58,32 Kg de producto terminado por batch.

2.8.2 Costos de producción

Los costos de producción fueron estimados teniendo en consideración los costos directos e indirectos en el proceso productivo en una jornada laboral. El costo de producción se estimó para una presentación de 6 unidades de panes a base de

yogur, posteriormente se estimó el precio de venta al público con un margen de ganancia de 30%.

2.8.3 Punto de equilibrio

La estimación del punto de equilibrio se realizó considerando los costos fijos de producción y el costo variable unitario. Se estimó la cantidad mínima de unidades que se necesitaría vender para tener cubierto los costos de operación y de esta forma poder conseguir una utilidad neta igual a cero.

2.8.4 Análisis Financiero

La implementación del análisis financiero fue realizada para un seguimiento de un período de cinco años, considerando las ventas que se realizarían anualmente, incluyendo los costos fijos y variables anuales, las inversiones que la empresa haya realizado en la compra e instalación de los equipos y maquinarias requeridas para la producción. Este análisis fue realizado con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto (nuevo producto) mediante los siguientes indicadores: El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (T.I.R). Para la estimación del período de recuperación, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \textit{Período de recuperación} \\ & = 2 + \frac{|\textit{Valor de recuperación}|}{\textit{Flujo de caja neto}} \end{aligned} \quad (2.1)$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se detallan los resultados que se han obtenido a través de la metodología descrita y ejecutada del capítulo anterior. Inicialmente se muestran los resultados relacionados a los diseños experimentales utilizados, para la selección de la formulación que se ajuste a los requerimientos de costos estipulados por la empresa. Así mismo se detallan las pruebas de perfil de textura y las pruebas de evaluación sensorial, relacionadas al proceso de selección de la formulación. Finalmente se presentan los costos estimados de producción, evaluando el impacto de los tiempos de fermentación en un escenario de ahorro energético en el proceso de producción.

3.1 Diseño experimental

En esta sección se explican los resultados obtenidos mediante los diseños experimentales en cada tratamiento.

3.1.1 Diseño de mezclas

En función de la fórmula patrón, se escogieron aquellas materias primas que representan un elevado costo, como la harina de trigo, la manteca y el yogur. En la Tabla 3.1 se muestra la matriz de tratamientos obtenida que incluyen las materias primas seleccionadas, sobre los cuales se realizó un análisis comparativo entre el costo de producción de los tratamientos con el costo de la fórmula base. Finalmente se escogieron los tratamientos 1,2 y 7 que representaron un costo bajo, medio y alto respecto al costo base.

Tabla 3.1 Tratamientos obtenidos mediante el diseño de mezclas

[Elaboración propia, 2019]

#	Harina	Yogur	Manteca	Costo
1	58.0193	14.8130	2.4243	1.53697
2	53.9103	18.9220	2.4243	1.59295
3	53.9103	14.8130	6.5333	1.60450
4	55.2800	17.5524	2.4243	1.57429
5	55.2800	14.8130	5.1637	1.58199
6	53.9103	16.1827	5.1637	1.60065
7	56.6497	16.1827	2.4243	1.55563
8	56.6497	14.8130	3.7940	1.55948
9	53.9103	17.5524	3.7940	1.59680
10	55.2800	16.1827	3.7940	1.57814
Patrón	54.4815	16.4185	4.3567	1.59060

3.1.2 Pruebas de perfil de textura

Una vez obtenido las muestras de pan de cada tratamiento (1, 2, 7), se realizaron las pruebas de perfil de textura, evaluando las variables respuesta dureza, cohesividad, elasticidad en un período de 5 días.

En la figura 3.1, se detalla el comportamiento de la variable dureza en la miga de pan de cada tratamiento en el tiempo. Se puede apreciar en la gráfica que la dureza en todos los casos aumenta con respecto al tiempo, sin embargo, podemos observar la tendencia del tratamiento 7 se ajusta a la tendencia de fórmula patrón. A pesar de ello, la fórmula patrón muestra una disminución en la textura a partir del día 3, esto puede deberse a la presencia de alveolos en la miga del pan, es decir, que, al existir una mayor porosidad en la miga, esta tiene una mayor capacidad de retener el gas, dando como resultado en un incremento del volumen del pan y una reducción en su dureza. (Rathnayake, Navaratne, & Navaratne, 2018).

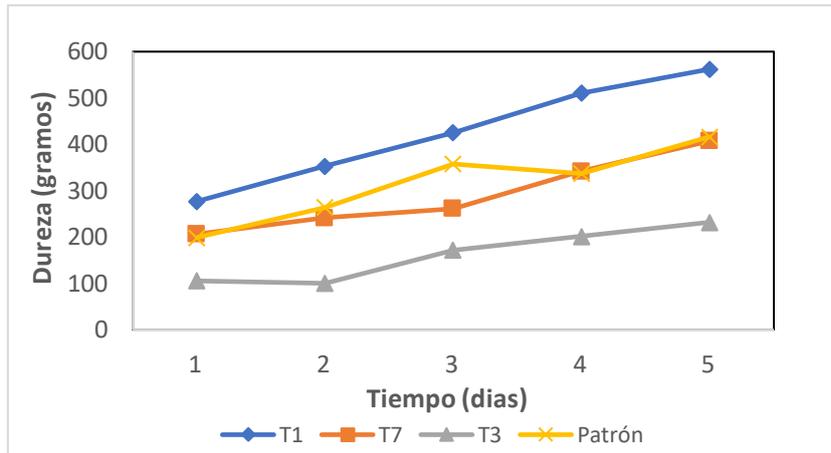


Figura 3.1 Esquema de la variación de dureza con respecto al tiempo
 [Elaboración propia, 2019]

En la figura 3.2, se detalla el comportamiento de la variable cohesividad del pan en el tiempo, la cual se define como el grado en el que el pan se comprime hasta que se rompa. En todos los casos, la cohesividad tiende a disminuir y esto probablemente se debe a que la acidez del yogur permite relajar la red de gluten (suavizar la miga), logrando que esta propiedad se vea modificada. Algunos autores reportan un incremento en la energía de deformación debido al efecto fortalecedor de las caseínas hidrolizadas y caseinatos de sodio otorgando mayor extensibilidad y elasticidad a la masa de pan (Graça, Raymundo, & Sousa, 2019).

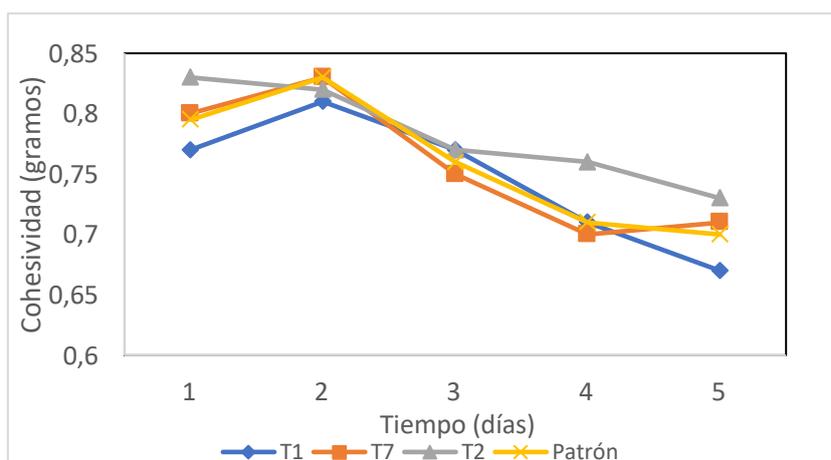


Figura 3.2 Esquema de la variación de la cohesividad con respecto al tiempo
 [Elaboración propia, 2019]

La figura 3.3, describe el comportamiento de la variable elasticidad del pan en el tiempo, misma que se define como la medida de cuánto va a recuperar su forma original después de una deformación reversible. En todos los casos evaluados, los valores de elasticidad cuantificados fueron menores a los encontrados en el día 1.

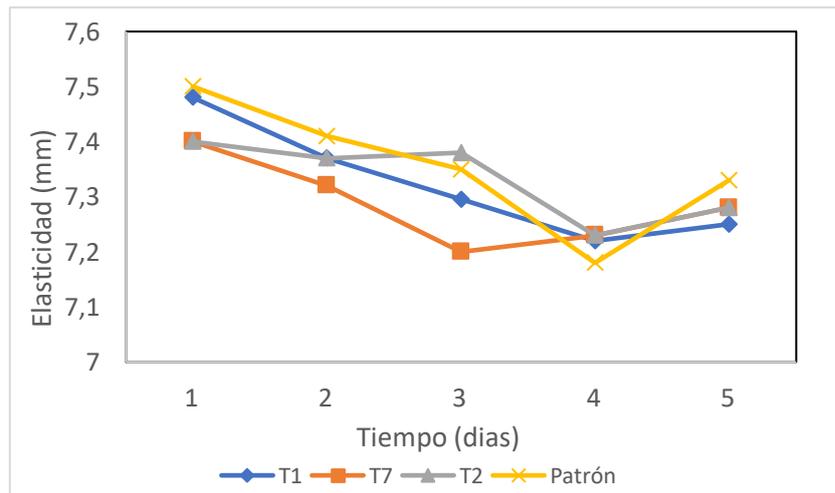


Figura 3.3 Esquema de la variación de la elasticidad con respecto al tiempo
[Elaboración propia, 2019]

En base a los resultados de las tendencias obtenidas de las propiedades del pan se puede inferir que el tratamiento 7 es aquel que mejor se ajusta al comportamiento de la fórmula patrón.

Para comprobar esta afirmación, primero se verificó el supuesto de normalidad de los datos utilizando Minitab 17 (Apéndice A) y en base a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula de que los datos de las propiedades de textura se ajustan a una distribución normal. Estos resultados pueden apreciarse en el Apéndice B.

Una vez comprobada la normalidad en los datos, se efectuó un análisis de varianza ANOVA de un solo factor para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de cada uno de los tratamientos. Los resultados presentados en el Apéndice B, muestran la evidencia de que no existe diferencia significativa entre las variables elasticidad y cohesividad, esto es debido a que los

valores p son mayores a 0.05, sin embargo, la variable dureza dio un valor p menor, lo que significa que al menos 1 media es distinta, lo cual se corrobora a través de la figura 3.4 donde las medias de los tratamientos 1 y 2 difieren considerablemente del patrón, siendo la media del tratamiento 7 la que presenta un mejor ajuste.

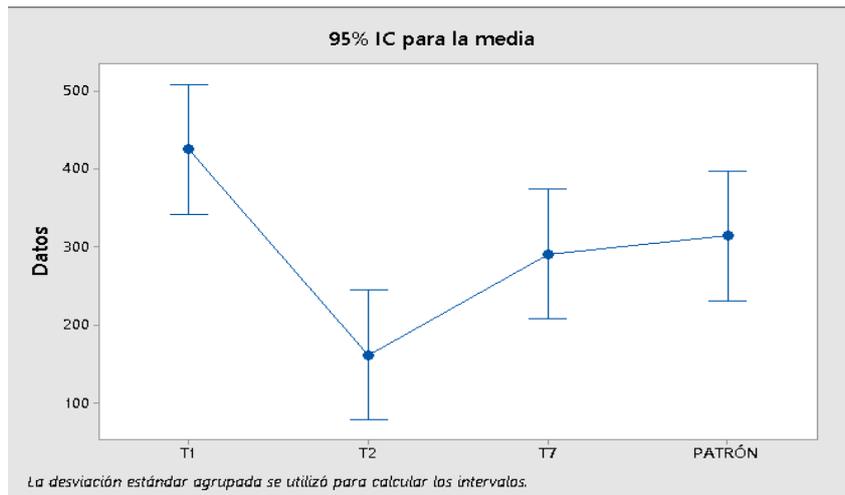


Figura 3.4 Diferencia de medias en los tratamientos del diseño de mezcla

[Elaboración propia]

Por lo tanto, se selecciona el tratamiento 7 para ser aplicado en un diseño unifactorial. La base de esta selección también se fundamenta en el requerimiento del auspiciante de este trabajo, que es, aprovechar la mayor cantidad de yogur en la fórmula que se desarrolle.

3.1.3 Diseño Unifactorial

En el análisis del diseño unifactorial para la fórmula seleccionada, se varió el porcentaje de levadura en diferentes niveles (1.39%, 1.89% y 2.39%), aumentando en 1% como máximo la aportación de este ingrediente a la formulación final por temas de costos (\$2.21/Kg). Se realizaron las muestras de pan a nivel planta y posteriormente se llevó a cabo una prueba de perfil de textura en las muestras de cada tratamiento.

En la figura 3.5 se detalla el comportamiento de las variables dureza, cohesividad y elasticidad en cada uno de los tratamientos (T1, T2, T3) con diferentes niveles de levadura. Como se puede observar, cada una de las variables siguen una tendencia similar a los gráficos obtenidos del diseño de mezcla, esto quiere decir que cualquier formulación presenta el mismo comportamiento de dureza, cohesividad y elasticidad.

Para confirmar esta aseveración, se realizó en primer lugar una prueba de normalidad y en base a los resultados (Apéndice C), el valor p de cada variable respuesta fue mayor a 0.05, es decir, los datos de cada variable respuesta (dureza, cohesividad y elasticidad) son normales. Seguidamente se efectuó el correspondiente análisis de varianza y de los resultados obtenidos (Apéndice D), mismos que muestran valores p mayores a 0.05, por lo tanto, no se cuenta con suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se concluye que todas las medias de cada tratamiento son iguales, es decir, que cualquiera de las fórmulas presenta el mismo comportamiento con respecto a la dureza, cohesividad y elasticidad.

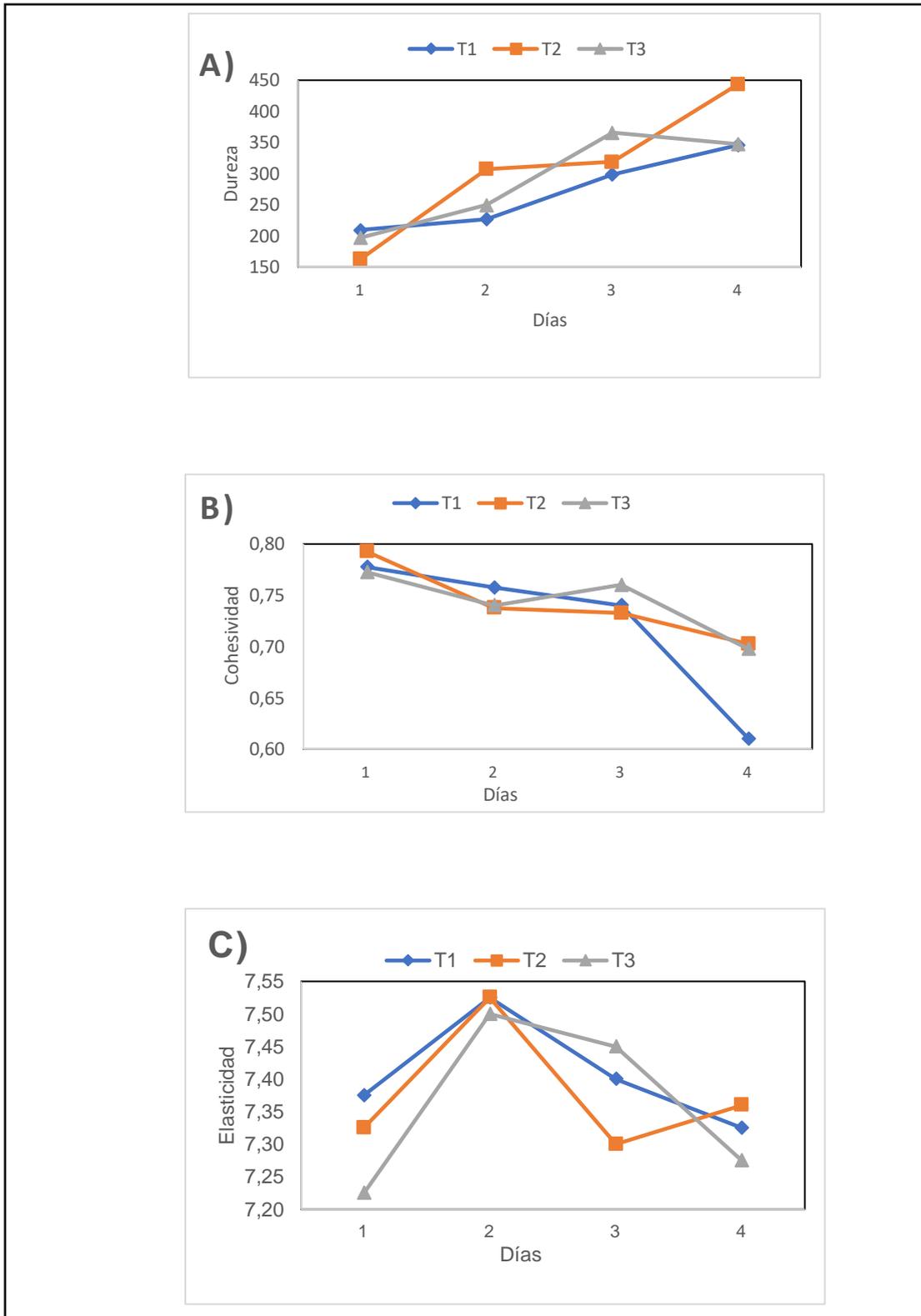


Figura 3.5 Variación de la dureza, cohesividad y elasticidad en los tratamientos.

[Elaboración propia, 2019]

3.1.4 Prueba sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de los jueces se pueden apreciar en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8, donde los datos se encuentran tabulados y representados por porcentajes en cada diagrama de pastel. El formato de la prueba de aceptación se detalla en el Apéndice E.

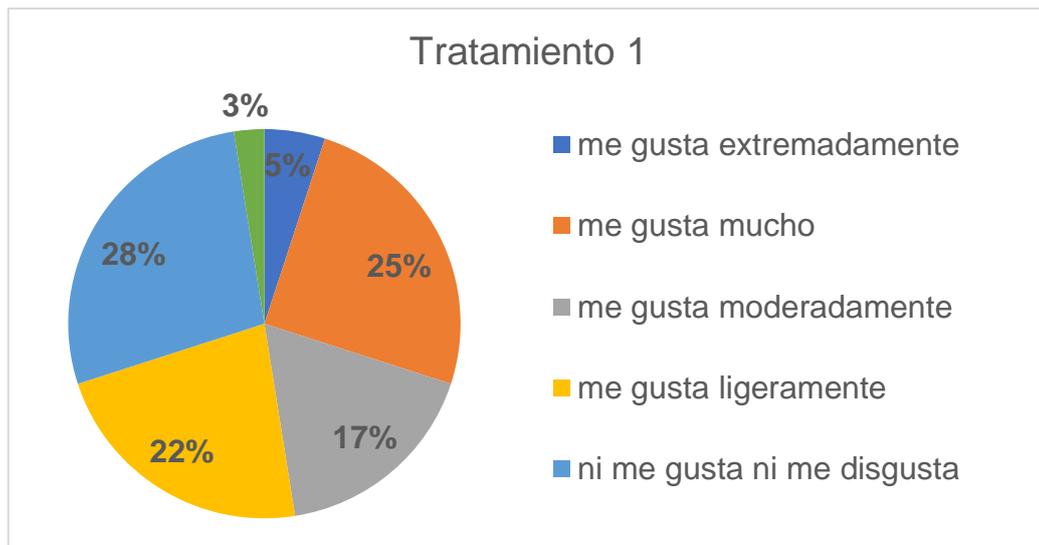


Figura 3.6 Diagrama de los votos para el Tratamiento 1

[Elaboración propia, 2019]

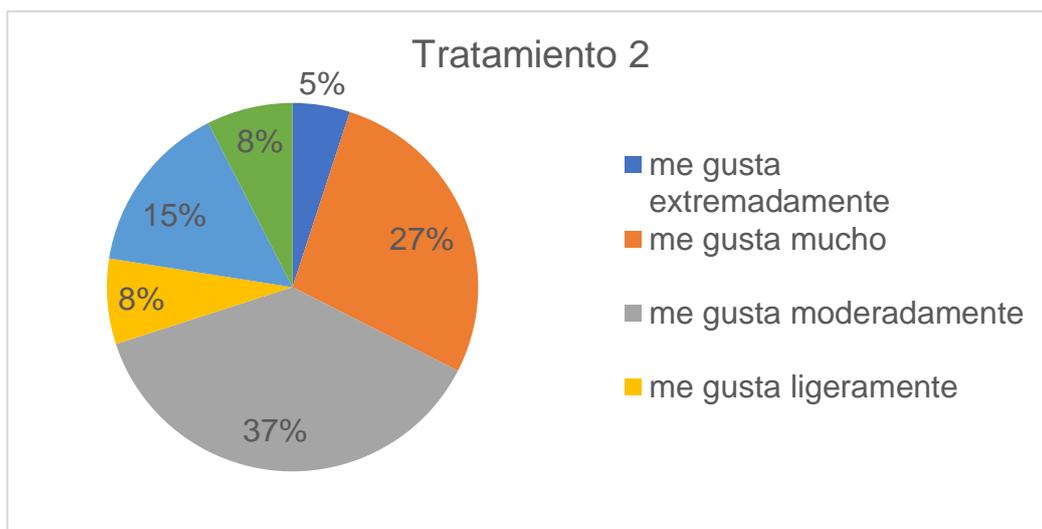


Figura 3.7 Diagrama de los votos para el Tratamiento 2

[Elaboración propia, 2019]



Figura 3.8 Diagrama de los votos para el Tratamiento 3

[Elaboración propia, 2019]

Del análisis de las gráficas de pastel se puede observar que el tratamiento 2 obtuvo una mayor calificación en nivel de agrado “me gusta mucho” y “me gusta moderadamente”, por lo que la formulación relacionada a este tratamiento fue seleccionada para la estimación de los costos de producción.

3.2 Análisis microbiológico

En la Tabla 3.2 se resume los resultados del análisis microbiológico, los cuales cumplen los requisitos definidos en la norma RM N°1020-2010/MINSA- Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería, esto quiere decir que el pan es apto para ser comercializado en el mercado.

Tabla 3.2 Análisis microbiológico de la formulación final seleccionada

[Elaboración propia, 2019]

Agente microbiano	Unidad	Resultados	Requisitos
Mohos	UFC/g	<10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	Max 3
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	<10	Max 10
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/Presencia	Ausencia	Ausencia

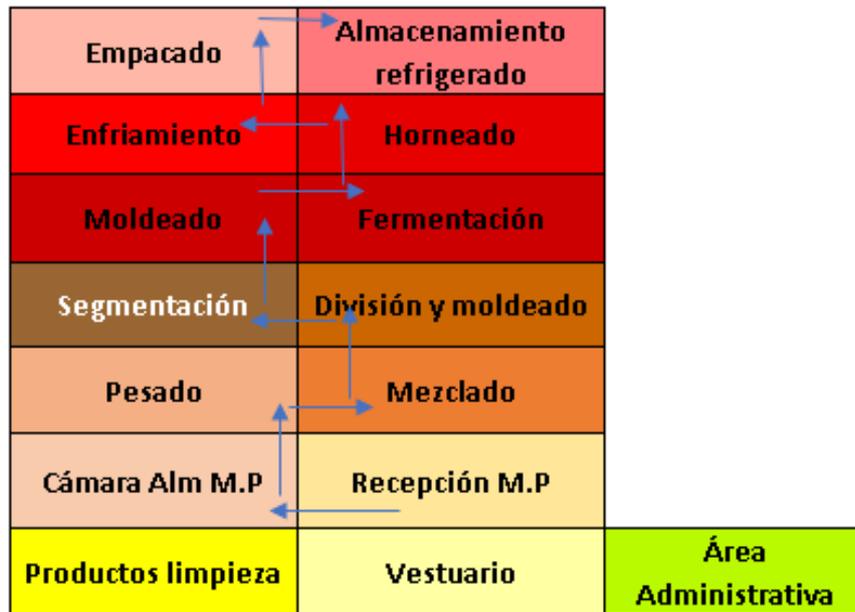


Figura 3.10 Lay-out de la planta [Elaboración propia, 2019]

3.4 Estimación de Costos

En la figura 3.11 se muestra el diagrama de flujo del proceso donde se incluyen los equipos utilizados en algunas etapas del proceso, incluyendo el tiempo de cada etapa.



Figura 3.11 Diagrama de flujo del proceso. [Elaboración propia, 2019]

3.5 Balance de Materia por Batch

Para realizar el balance de materia prima por batch se consideró una jornada constituida por 8 horas consecutivas de trabajo (Apéndice G). En cada batch se requirió una alimentación de materia prima para la elaboración de una masa de 58.32kg, la misma que para ser preparada, hasta llegar a la etapa de

almacenamiento de producto terminado, demandó un tiempo de operación de 327 minutos. El rendimiento final del proceso fue de 90.84%, considerando las pérdidas de peso durante cada etapa que se muestran y justifican en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Balance de masa del proceso [Elaboración propia, 2019]

Proceso	Porcentaje de mermas	Peso inicial del batch (kg)	Cantidad de merma (kg)	Peso final del batch (kg)	Justificación de la pérdida
Recepción	0.00%	58.32	0.00	58.32	-
Pesado	0.00%	58.32	0.00	58.32	-
Mezclado y Amasado	0.06%	58.32	0.03	58.29	La merma se produce debido a que parte de la masa se queda adherida a las superficies del recipiente de la amasadora.
Segmentación de masa	0.00%	58.29	0.00	58.29	-
Boleado	0.00%	58.29	0.00	58.29	-
Moldeado y Compresión	0.00%	58.29	0.00	58.29	-
Fermentación	0.00%	58.29	0.00	58.29	-
Cocción	8.60%	58.29	5.01	53.27	En este proceso se pierde humedad por evaporación, lo que ocasiona una pérdida de peso en el producto.
Enfriamiento	0.00%	53.27	0.00	53.27	-
Desmolde y Empaque	0.50%	53.27	0.27	53.01	La pérdida en esta etapa se debe a que pequeñas partes del producto se mantienen adheridos a la superficie interna de los moldes. El producto no conforme también produce una merma.
Almacenamiento	0.00%	53.01	0.00	53.01	-
Total de mermas	9.16%				
Rendimiento	90.84%				

3.6 Costos de producción

Los costos mensuales de producción sumaron USD 8.818,36 cuyo cálculo requirió la consideración de los costos directos e indirectos explicados en la Tabla 3.4. La funda de pan comercializada con 6 unidades en su interior tiene un costo de producción de USD 1,02, cuyo margen de contribución se estima en un 47% tomando un precio tentativo de venta al público (P.V.P.) de \$1,50 por funda de pan. Los rubros utilizados para la estimación del costo se detallan en los Apéndices H, I, J.

Tabla 3.4 Tabla de costos de producción [Elaboración propia, 2019]

		Cantidad/ Batch	*UMB	Costo UMB	Costo/ Mes	Costo/ Batch	Costo/ Funda	
Materia Prima	Harina de trigo	32.87	Kg	\$ 0.67	\$ 1,761.88	\$ 22.02	\$ 0.204	
	Yogur	9.39	Kg	\$ 1.30	\$ 976.55	\$ 12.21	\$ 0.113	
	Manteca	1.41	Kg	\$ 1.43	\$ 160.93	\$ 2.01	\$ 0.019	
	Levadura	1.10	Kg	\$ 2.21	\$ 194.53	\$ 2.43	\$ 0.023	
	Conservante	0.13	Kg	\$ 2.65	\$ 28.45	\$ 0.36	\$ 0.003	
	Sal	0.64	Kg	\$ 0.26	\$ 13.40	\$ 0.17	\$ 0.002	
	Mejorador	0.16	Kg	\$ 7.70	\$ 99.19	\$ 1.24	\$ 0.011	
	Agua	9.77	Kg	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Material Empaque	Azúcar	2.84	Kg	\$ 0.69	\$ 157.02	\$ 1.96	\$ 0.018	
	Funda de PEBD	108	unidades	\$ 0.03	\$ 220.32	\$ 2.75	\$ 0.026	
Total					\$ 3,612.26	\$ 45.15	\$ 0.418	
Mano Obra	*MOD	10	Operarios		\$ 5,152.67	\$ 64.41	\$ 0.596	
	Total Costos Directos					\$ 8,764.93	\$ 109.56	\$ 1.014
Servicios	Agua	0.14	m3	2.92	\$ 32.70	\$ 0.41	\$ 0.004	
	*EE	2.64	kW/h	0.10	\$ 20.72	\$ 0.26	\$ 0.002	
Total Costos Indirectos					\$ 53.43	\$ 0.67	\$ 0.006	
Total Costo Producción					\$ 8,818.36	\$ 110.23	\$ 1.021	
							Costo/ Funda	\$ 1.021
							Margen	\$ 0.479
							*PVP	\$ 1.500

3.6.1 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio fue calculado en base a los costos anuales de producción, como se detalla en la Tabla 3.5, se consideró la mano de obra, la depreciación de los equipos (Apéndice K), las unidades de pan producidas al año, y el precio de venta al público de la funda de pan acorde a la proyección de ventas detallado en el Apéndice L. En la figura 3.12 se muestran las curvas de costo total e ingresos, cuya intersección da origen al punto de equilibrio y la cantidad de unidades con las que se alcanza este objetivo.

Tabla 3.5 Tabla de estimación de punto de equilibrio [Elaboración propia, 2019]

Costos Fijos Anuales	
Rubros	Cantidad
Salarios	\$ 67,694.80
Depreciación de equipos	\$ 2,676.30
Total CF	\$ 70,371.10
Costos Variable por Unidad	
Rubros	Cantidad
Materia Prima	\$ 0.420
Suministros	\$ 0.006
Total CV	\$ 0.420
PVP	\$ 1.500
Cantidad de Equilibrio	103,770
Punto de equilibrio	\$ 155,654.00

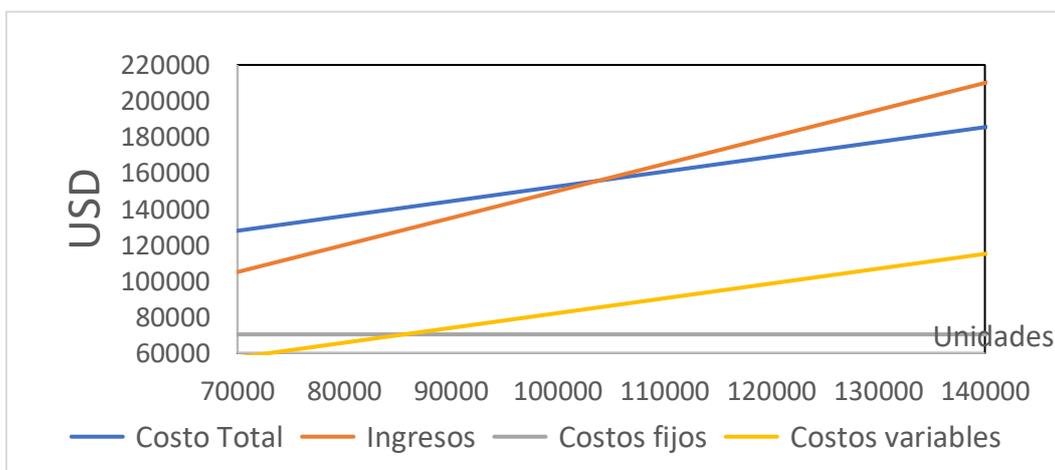


Figura 3.12 Estimación del punto de equilibrio [Elaboración propia, 2019]

3.6.2 Análisis Financiero

Para el análisis financiero se consideraron todos los costos de producción y la inversión inicial cuyo valor incluye la compra de equipos y el capital de trabajo, todo esto proyectado a cinco años con una demanda que crece anualmente un 7%. Con una demanda de tiempo de 5 años para la recuperación de la inversión, el proyecto resulta con un TIR del 46% (Apéndice M).

$$\textit{Período de recuperación} = 2 + \frac{\textit{Valor de recuperación}}{\textit{Flujo de caja}} \quad (3.1)$$

$$\textit{Período de recuperación} = 2 + \frac{-86.763,00}{28.997,17}$$

$$\textit{Período de recuperación} = 5 \text{ años}$$

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se demostró que la propuesta de incluir yogur en las masas para la elaboración de pan tipo hamburguesa es factible, dado que la respuesta de la evaluación sensorial fue positiva por parte de los panelistas no entrenados.
- La incorporación de 0,5% más de levadura respecto a la fórmula patrón en el proceso de fermentación a 39 °C y una humedad relativa de 89%, ayuda a disminuir los tiempos de proceso y el consumo energético, aumentando la capacidad de producción de la línea a 6 batches.
- En el aspecto económico se obtiene un costo estimado de USD 1.50/ funda el producto con la fórmula desarrollada. El cálculo de flujo de caja muestra un TIR del 46% y un VAN de USD 127,585.40.

4.2 Recomendaciones

- En base a los resultados de cohesividad obtenidos, se comprobó que al incorporar como ingrediente al yogur se puede suavizar la miga del pan y darle una textura apetecible, no obstante, se necesitan más estudios para comprobar su aseveración.
- Utilizar aditivos para mejorar las características organolépticas (oxidantes y reductores) del producto o extender su vida útil (emulsificantes), sin embargo, se necesita realizar un estudio de vida útil para obtener resultados concretos sobre la vida de anaquel del producto formulado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alimentarius, C. (2007). *Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales*. Roma.
- Bell, E. (2 de 10 de 2019). *Baker's Journal*. Obtenido de Baker's Journal: <https://www.bakersjournal.com/news/bread-trends-for-2019-7674?jij=1570038938254>
- Bon's Red Mill. (4 de 10 de 2019). Obtenido de Bon's Red Mill: <https://www.bobsredmill.com/blog/baking-101/what-is-shortening/>
- Calverl, R., Wirtz, R. L., & MaGuire, J. J. (2001). *The Taste of Bread*. Estados Unidos: ASPEN.
- Carson, L. (4 de 10 de 2019). *BakerPedia*. Obtenido de BakerPedia: <https://bakerpedia.com/ingredients/honey/>
- Cobos, S. G. (2 de 10 de 2019). *Gestión Digital*. Obtenido de Gestión Digital: <https://revistagestion.ec/index.php/economia-y-finanzas-analisis/la-informalidad-perjudica-al-sector-panadero>
- Corriher, S. (4 de 10 de 2019). *Fine Cooking*. Obtenido de Fine Cooking: <https://www.finecooking.com/article/yeasts-crucial-roles-in-breadbaking>
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (10 de 7 de 2019). Obtenido de Departamento de Agricultura de Estados Unidos: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174078/measures>
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2019 de 1 de 4). Obtenido de Departamento de Agricultura de Estados Unidos: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171304/nutrients>
- Enriquez, C. (10 de 10 de 2019). *Revista Líderes*. Obtenido de Revista Líderes: <https://www.revistalideres.ec/lideres/pan-preferido-consumo-economia-ecuador.html>
- Gisslen, W. (2009). *Professional Baking*. Estados Unidos: Le Cordon Bleu.

- Graça, C., Raymundo, A., & Sousa, I. (2019). *Wheat Bread with Dairy Products—Technology, Nutritional, and Sensory Properties*. Lisbon: Applied Sciences.
- Haegens, N. (10 de 4 de 2019). *Class of Foods*. Obtenido de Class of Foods : http://www.classoffoods.com/page1_2.html
- Hill, L. G. (1974). *Yogurt-Containing Dough Composition and Baked Product Made Therefrom*. Estados Unidos.
- Hoseney, R. C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. St. Paul: ACRIBIA S.A.
- Jácome, E. (15 de 07 de 2018). En la capital, el pan es el líder de la mesa. *El Comercio*.
- Joe Pastry. (4 de 10 de 2019). Obtenido de Joe Pastry: <https://joepastry.com/2015/on-the-many-benefits-of-milk-powder/>
- Kent, N. L. (1987). *Technology of cereals. An introduction for students of food science and agriculture*. Zaragoza: ACRIBIA S.A.
- M. Majzoobi1, S. F. (2012). *Properties of Dough and Flat Bread Containing Wheat Germ*. Iran.
- McGregor, R. (20 de 03 de 2015). *Food Quality and Safety*. Obtenido de Food Quality and Safety: <https://www.foodqualityandsafety.com/article/compression-and-tension-in-measuring-physical-properties/?singlepage=1>
- Merrick, P. J. (2006). *The Management of Food Service and Operations*. Inglaterra: Thomson.
- Rathnayake, H. A., Navaratne, S. B., & Navaratne, C. M. (2018). *Porous Crumb Structure of Leavened Baked Products*. Sri Lanka: International Journal of Food Science.
- Sharafi, S., Yousefi, S., & Fajari, A. (2017). *Developing an innovative textural structure for semi-volume breads based on interaction of spray-dried yogurt powder and jujube polysaccharide*. Iran: Elsevier.
- Vaclavik, V. A., & Christian, E. W. (2008). *Essentials of Food Science*. Texas: Springer.

Virtuous Bread. (4 de 10 de 2019). Obtenido de Virtuous Bread:
<https://www.virtuousbread.com/bread-and-conversation/what-is-malt-and-how-is-it-used-in-baking-bread/>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Prueba de normalidad para los tratamientos del diseño de mezcla [Elaboración propia, 2019]

Variables	Tratamientos	Media	Desv. Estándar	N	AD	Valor p
Dureza	T1	442	125	5	0.18	0.826
	T2	309.1	96.6	5	0.341	0.321
	T3	169.1	61.53	5	0.286	0.462
	Patrón	321.7	67.73	5	0.399	0.215
Cohesividad	T1	0.746	0.0555	5	0.271	0.506
	T2	0.758	0.0563	5	0.2544	0.0544
	T3	0.782	0.04207	5	0.269	0.509
	Patrón	0.759	0.05527	5	0.229	0.631
Elasticidad	T1	7.323	0.1044	5	0.244	0.574
	T2	7.286	0.07861	5	0.181	0.824
	T3	7.332	0.07328	5	0.38	0.245
	Patrón	7.354	0.1176	5	0.206	0.726

APÉNDICE B

Análisis de varianza para el diseño de mezclas [Elaboración propia, 2019]

Variable Respuesta	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dureza	Factor	3	175387	58462	7.66	0.002
	Error	16	122107	7632		
	Total	19	297495			
Cohesividad	Factor	3	0.003	0.001	0.41	0.75
	Error	16	0.04	0.002		
	Total	19	0.05			
Elasticidad	Factor	3	0.01	0.004	0.44	0.73
	Error	16	0.15	0.009		
	Total	19	0.16			

APÉNDICE C

Prueba de normalidad para los tratamientos del diseño unifactorial [Elaboración propia, 2019]

Variables	Tratamientos	Media	Desv. Estándar	N	AD	Valor p
Dureza	T1	270	64.38	4	0.26	0.49
	T2	308.3	114.7	4	0.25	0.51
	T3	290.1	80.18	4	0.286	0.40
Cohesividad	T1	0.72	0.07	4	0.477	0.09
	T2	0.74	0.04	4	0.29	0.39
	T3	0.74	0.03	4	0.258	0.49
Elasticidad	T1	7.4	0.09	4	0.29	0.39
	T2	7.38	0.10	4	0.425	0.15
	T3	7.36	0.13	4	0.3	0.36

APÉNDICE D

Análisis de varianza para el diseño unifactorial [Elaboración propia, 2019]

Variable Respuesta	Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dureza	Factor	2	2885	1443	0.18	0.836
	Error	9	70871	7875		
	Total	11	73756			
Cohesividad	Factor	2	0.001137	0.000569	0.21	0.816
	Error	9	0.024663	0.00274		
	Total	11	0.0258			
Elasticidad	Factor	2	0.003954	0.001977	0.17	0.848
	Error	9	0.105669	0.011741		
	Total	11	0.109623			

APÉNDICE E

Panel Sensorial de Aceptación y Preferencia

Nombre: _____

Edad: _____

Guayaquil, 19 de diciembre del 2019

Panelista # _____

Por favor, beba un sorbo de agua antes de comenzar la prueba a manera de limpiar su boca. Frente a usted se encuentra 3 muestras codificadas de pan de yogurt, pruebe las muestras de izquierda a derecha y beba un sorbo de agua después de haber degustado cada muestra. Escoja una de las opciones que se muestran en la tabla de acuerdo con su opinión general de cada muestra codificada y al final escoja el producto que más prefiere. Por favor no escupir en el lavabo ni llevarse las muestras de pan.

Muestra de grado de aceptabilidad	Muestra 1973	Muestra 5907	Muestra 2846
Me gusta extremadamente			
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			
Me disgusta extremadamente			

Encierre en un círculo la muestra que más prefiere

Muestra 1973

Muestra 5907

Muestra 2846

Comentarios: _____

Gracias por su participación

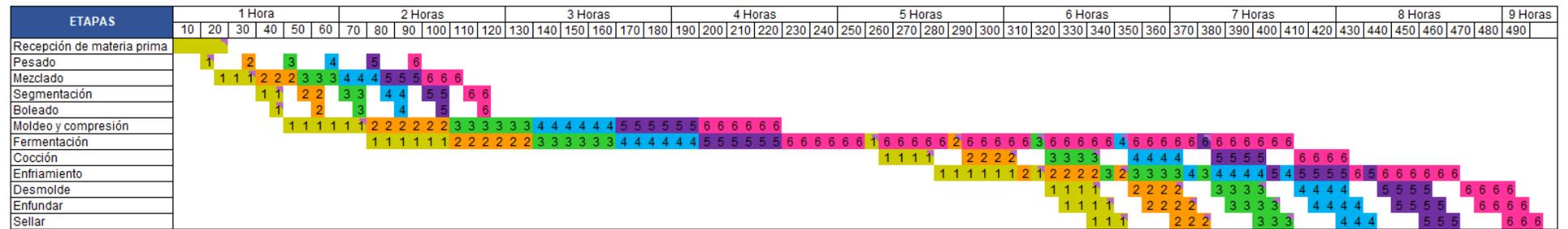
APÉNDICE F

Tabla de necesidades de espacio [Elaboración propia, 2019]

	Actividad	Equipo	Ss (ESTATICA)		Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Stotal Ss+Sg+Se
			Volumen	Área	# Lados usados	Área	Coeficiente K	Área	
			m3	m2		m ²		m ²	
1	Recepción de materia prima	-	56	16	1	16	1.5	48	80
2	Cámara almacenamiento M. P	-	105	30	2	30	3	180	240
3	Pesado	Balanza	1.98	1.5	2	1.5	3	9	12
4	Mezclado y amasado	Amasadora	1.46	1.08	1	1.08	3	6.48	8.64
5	Segmentación de masa	Balanza	0.63	0.38	1	0.3844	3	2.3064	3.0752
6	Boleado	Boleadora	2.64	3.3	2	3.3	3	19.8	26.4
7	Moldeado y compresión	Mesas	13.70	5.83	1	5.831	3	34.986	46.648
8	Fermentación	Cámara de fermentación	9.40	4.09	1	4.085	3	24.51	32.68
9	Horneado	Horno	0.83	0.45	1	0.45	3	2.7	3.6
10	Enfriamiento	Coches	2.30	2.88	1	2.88	3	17.28	23.04
11	Empacado	Mesas	80.64	23.04	1	23.04	3	138.24	184.32
12	Almacenamiento refrigerado	Pallets	45.9	15.3	1	15.3	1.5	45.9	76.5
13	Vestuarios y sanitarios	-	12	4	1	4	1.5	12	20
14	Productos de limpieza	-	12	4	1	4	1.5	12	20
15	Área administrativa	-	21	6	2	6	1.5	18	30
						117.8504			806.9032

APÉNDICE G

Diagrama de Gantt [Elaboración propia, 2019]



APÉNDICE H

Costos de materia prima y material de empaado [Elaboración propia, 2019]

Materia Prima Ingredientes	Costo MP (\$/Kg)	Costo Batch
Harina de trigo	0.67	22.02
Yogur	1.30	12.21
Manteca	1.43	2.01
Levadura	2.21	2.43
Conservante	2.65	0.36
Sal	0.26	0.17
Mejorador	7.70	1.24
Agua	0.00	0.00
Azúcar	0.69	1.96
Material empaquete		
Funda PEBD	2.60	2.75

APÉNDICE I

Costos de mano de obra directa e indirecta [Elaboración propia, 2019]

Mano de Obra Directa	Total Operarios	Costo Mensual (\$)	Costo 13 ero (\$)	Costo 14to (\$)	Costo Aportaciones (\$)	Costo Anual (\$)	Costo Total Anual (\$)	Costo Total Mes (\$)	Costo Total Día (\$)	Costo Total Batch (\$)
Recepción, Pesado y Mezclado	1	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 583.20	\$ 4,800.00	\$ 6,183.20	\$ 515.27	\$ 25.76	\$ 4.29
División de masa y Boleado	1	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 583.20	\$ 4,800.00	\$ 6,183.20	\$ 515.27	\$ 25.76	\$ 4.29
Compresión y Moldeado	4	\$1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 2,332.80	\$ 19,200.00	\$ 24,732.80	\$ 2,061.07	\$ 103.05	\$ 17.18
Leudado, Horneado y Enfriamiento	1	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 583.20	\$ 4,800.00	\$ 6,183.20	\$ 515.27	\$ 25.76	\$ 4.29
Empacado y Almacenamiento	3	\$1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,749.60	\$ 14,400.00	\$ 18,549.60	\$ 1,545.80	\$ 77.29	\$ 12.88
Total	10	\$4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 5,832.00	\$ 48,000.00	\$ 61,832.00	\$ 5,152.67	\$ 257.63	\$ 42.94

Mano de Obra Indirecta	Total Personal Administrativo	Costo Mensual (\$)	Costo 13 ero (\$)	Costo 14to (\$)	Costo Aportaciones (\$)	Costo Anual (\$)	Costo Total Anual (\$)	Costo Total Mes (\$)	Costo Total Día (\$)	Costo Total Batch (\$)
Gerente General	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 396.00	\$ 3,645.00	\$ 30,000.00	\$ 36,541.00	\$ 3,045.08	\$ 152.25	\$ 25.38
Jefe de Producción	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 396.00	\$ 2,187.00	\$ 18,000.00	\$ 22,083.00	\$ 1,840.25	\$ 92.01	\$ 15.34
Supervisor Bodegas y Distribución	1	\$ 600.00	\$ 600.00	\$ 396.00	\$ 874.80	\$ 7,200.00	\$ 9,070.80	\$ 755.90	\$ 37.80	\$ 6.30
Total	3	\$ 4,600.00	\$ 4,600.00	\$ 1,188.00	\$ 6,706.80	\$ 55,200.00	\$ 67,694.80	\$ 5,641.23	\$ 282.06	\$ 47.01

APÉNDICE J

Costo de servicios básicos y consumo energético por equipo [Elaboración propia, 2019]

Servicios	Unidad	Consumo por batch	Costo/Unidad	Costo por batch (\$)	Costo por Día (\$)	Costo por Semana (\$)	Costo por Mes (\$)	Costo por Año (\$)
Energía eléctrica	kw-h	2.6433	0.10	0.26	1.55	5.18	20.72	248.69
Agua	m3	0.14	2.92	0.41	2.45	8.18	32.70	392.45
Total			3.02	0.67	4.01	13.36	53.43	641.13

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)	Costo (\$/kWh)	Tiempo de operación batch (min)	Tiempo de operación batch (h)	kWh por batch	Costo por batch (\$/batch)	Costo por día (\$/día)	Costo por semana (\$/semana)	Costo por mes (\$/mes)	Costo por año (\$/año)
Báscula	1	0.22	0.10	2.0	0.033	0.01	0.00	0.00	0.02	0.09	1.03
Balanza	2	0.01	0.20	4.0	0.067	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.19
Mezcladora	2	1.50	0.20	12.0	0.200	0.30	0.06	0.35	1.76	7.06	84.67
Boleadora	1	1.30	0.10	4.8	0.080	0.10	0.01	0.06	0.31	1.22	14.68
Cámara de fermentación	1	2.53	0.10	186.0	3.100	7.86	0.77	4.62	23.09	92.38	1,108.55
Horno	2	12.99	0.20	42.0	0.700	9.09	1.78	10.70	53.48	213.90	2,566.80
Selladora	1	0.80	0.10	16.2	0.270	0.22	0.02	0.13	0.64	2.54	30.48
TOTAL							2.64	15.86	79.30	317.20	3,806.41

APÉNDICE K

Costos de equipos y su depreciación [Elaboración propia, 2019]

Activo	Valor de compra	Cantidad	Valor de compra total	Vida Útil Contable	Depreciación Anual	Años de depreciación	Valor en Venta	Depreciación Acumulada	Valor en Libros
Báscula de sobresuelo	\$ 98.00	1	\$ 98.00	10	\$ 9.80	5	\$ 9.80	\$ 49.00	\$ 49.00
Balanza	\$ 40.00	2	\$ 80.00	10	\$ 8.00	5	\$ 8.00	\$ 40.00	\$ 40.00
Mezcladora	\$ 1,600.00	2	\$ 3,200.00	10	\$ 320.00	5	\$ 320.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
Boleadora	\$ 2,500.00	1	\$ 2,500.00	10	\$ 250.00	5	\$ 250.00	\$ 1,250.00	\$ 1,250.00
Cámara de fermentación	\$ 5,000.00	1	\$ 5,000.00	10	\$ 500.00	5	\$ 500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Horno	\$ 5,300.00	1	\$ 5,300.00	10	\$ 530.00	5	\$ 530.00	\$ 2,650.00	\$ 2,650.00
Selladora	\$ 35.00	1	\$ 35.00	10	\$ 3.50	5	\$ 3.50	\$ 17.50	\$ 17.50
Coches	\$ 300.00	6	\$ 1,800.00	10	\$ 180.00	5	\$ 180.00	\$ 900.00	\$ 900.00
Bandejas	\$ 35.00	216	\$ 7,560.00	10	\$ 756.00	5	\$ 756.00	\$ 3,780.00	\$ 3,780.00
Mesas de Trabajo	\$ 170.00	7	\$ 1,190.00	10	\$ 119.00	5	\$ 119.00	\$ 595.00	\$ 595.00
Total	\$ 15,078.00	238	\$ 26,763.00		\$ 2,676.30		\$ 2,676.30		\$ 13,381.50

	USD
Ventas	\$ 2,676,30
Valor en Libros	\$ 13,381,50
Utilidad	\$ -10,705,20
Impuesto (12%)	\$ -1,284,62
Utilidad Neta	\$ -9,420,58
Valor en Libros	\$ 13,381,50
Valor de Desecho	\$ 3,960,92

APÉNDICE L

Proyección de Ingresos y Costos Variables [Elaboración propia, 2019]

Proyección de Ingresos					
Año	1	2	3	4	5
Unidades Anuales	155520	166406	178055	190519	203855
Precio de Venta	\$ 1.50	\$ 1.61	\$ 1.72	\$ 1.84	\$ 1.97
Producción	155520	166406	178055	190519	203855
Ventas	\$ 233,280	\$ 267,082	\$ 305,782	\$ 350,090	\$ 400,818
Inflación anual	7%				

Proyección de Costos Variables					
Año	1	2	3	4	5
Unidades Anuales	155520	166406	178055	190519	203855
Costo Producción	\$ 0.82	\$ 0.88	\$ 0.94	\$ 1.01	\$ 1.08
Producción	155520	166406	178055	190519	203855
Costo Var Total	\$ 127,814.41	\$ 146,334.72	\$ 67,538.62	\$ 91,814.97	\$ 219,608.96
Inflación anual	7%				

APÉNDICE M

Flujo de caja neto y Periodo de recuperación [Elaboración propia, 2019]

	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas anuales		\$ 233,280.00	\$ 267,082.27	\$ 305,782.49	\$ 350,090.38	\$ 400,818.47
Gastos desembolsables						
Costos Variables		\$ 127,814.41	\$ 146,334.72	\$ 167,538.62	\$ 191,814.97	\$ 219,608.96
Costos Fijos		\$ 67,694.80	\$ 67,694.80	\$ 67,694.80	\$ 67,694.80	\$ 67,694.80
Gastos no desembolsables						
Depreciación		\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30
Utilidad antes de Impuestos		\$ 35,094.49	\$ 50,376.45	\$ 67,872.77	\$ 87,904.31	\$ 110,838.42
Impuesto a la renta (25%)		\$ 8,773.62	\$ 12,594.11	\$ 16,968.19	\$ 21,976.08	\$ 27,709.60
Utilidad neta estimada		\$ 26,320.87	\$ 37,782.34	\$ 50,904.58	\$ 65,928.23	\$ 83,128.81
Inversión						
Activos	\$ 26,763.00					
Capital de Trabajo	\$ 60,000.00					\$ 30,000.00
Depreciación		\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30	\$ 2,676.30
Valor de Desecho Comercial						\$ 22,802.08
Flujo Neto de Efectivo	\$ -86,763.00	\$ 28,997.17	\$ 40,458.64	\$ 53,580.88	\$ 68,604.53	\$ 108,607.19
Tasa de Descuento		10%				
VAN	\$ 127,585.40					
TIR		46%				

PAYBACK NOMINAL						
Año	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto	\$ -86,763.00	\$ 28,997.17	\$ 40,458.64	\$ 53,580.88	\$ 68,604.53	\$ 108,607.19
Flujo Acumulado	\$ -86,763.00	\$ -57,765.83	\$ -17,307.19	\$ 36,273.68	\$ 104,878.22	\$ 213,485.41