

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Diseño de un producto a partir de masa de plátano verde que produce  
una empresa local

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero de Alimentos**

Presentado por:

Fabiana Andrea Bautista

Gustavo Alfonso Delgado Loor

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi mama por ser mi mejor  
amiga y apoyarme en todo.

Fabiana Bautista

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi abuelito quien me enseñó a valorar la educación desde que tengo memoria.

Fabiana Bautista

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Fabiana Andrea Bautista* y *Gustavo Alfonso Delgado Loor* 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"



Fabiana Andrea

Bautista



Gustavo Alfonso

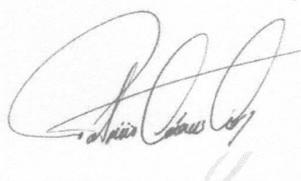
Delgado Loor

## EVALUADORES



**M.Sc. Haydeé Torres Camba**

PROFESOR DE LA MATERIA



**Ph.D. Patricio Cáceres C.**

PROFESOR TUTOR

Digitally signed by Patricio  
Caceres  
DN: cn=Patricio Caceres,  
o=ESPOL, ou=FIMCP,  
email=pcaceres@espol.edu.ec,  
c=EC  
Date: 2021.02.26 10:32:50 -05'00'

## RESUMEN

Una empresa local cuenta con rechazo proveniente de la línea de tostones congelados los cuales desea reprocessar en una masa de plátano verde y desarrollar un producto nuevo. El presente trabajo tiene como objetivo reformular un producto elaborado a partir de masa de plátano verde para mejorar sus características sensoriales. La propuesta está dirigida a determinar la formulación adecuada de unos deditos fritos congelados cambiando los porcentajes de plátano crudo, tostones de rechazo y cúrcuma. Se estableció un diseño de mezclas donde se evaluaron los parámetros ya mencionados. Estos fueron evaluados mediante un panel sensorial con panelistas entrenados pertenecientes a la empresa, donde se evaluaron los atributos de apariencia general, color, olor, sabor y textura de 10 formulaciones diferentes. Los datos se analizaron utilizando 2 softwares estadísticos, MINITAB 19 y STATISTICA 7. Se obtuvo que la formulación óptima contiene 71.25% de plátano verde crudo, 22.15% de tostón de rechazo y 1% de cúrcuma. Finalmente, se procedió al análisis de costos y análisis de sensibilidad económica de producción, donde se encontraron análisis satisfactorios con respecto al TIR y VAN, teniendo un aporte de 1032% y \$2'900445.78.

**Palabras Clave:** plátano verde, tostones de rechazo, cúrcuma, evaluación sensorial

## **ABSTRACT**

*A local company has rejection coming from the frozen plantain line, which it wants to reprocess into a green banana mass and develop a new product. The present work aims to reformulate a product made from green banana dough to improve its sensory characteristics. The proposal is aimed at determining the appropriate formulation for frozen fried fingers by changing the percentages of raw plantain, rejection tostones and turmeric. A mix design was established where the aforementioned parameters were evaluated. These were evaluated through a sensory panel with trained panelists belonging to the company, where the attributes of general appearance, color, smell, taste and texture of 10 different formulations were evaluated. The data were analyzed using 2 statistical softwares, MINITAB 19 and STATISTICA 7. It was obtained that the optimal formulation contains 71.25% raw green banana, 22.15% rejection tostón and 1% turmeric. Finally, we proceeded to the cost analysis and economic sensitivity analysis of production, where satisfactory analyzes were found with respect to the IRR and NPV, having a contribution of 1032% and 2'900445.78.*

*Keywords: green plantain, tostones rejected, turmeric, sensory evaluation*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Justificación del problema .....	1
1.3    Objetivos .....	1
1.3.1    Objetivo General .....	1
1.3.2    Objetivos Específicos.....	2
1.4    Marco teórico.....	2
CAPÍTULO 2.....	9
2.    Metodología .....	9
2.1    Diseño de mezclas y experimentación .....	9
2.1.1    Experimentación: Textura y Color.....	9
2.2    Evaluación sensorial.....	11
2.2.1    Evaluación: Textura y color.....	11
2.3    Distribución de la planta de elaboración de deditos fritos congelados .....	11
2.4    Requerimientos legales del producto .....	14
2.4.1    NTE INEN 2724: Norma para las patatas fritas congeladas rápidamente. 14	
2.4.2    CPE INEN-CODEX 8:2013: Elaboración y manipulación de los alimentos congelados rápidamente. ....	14
2.5    Evaluación de costos.....	14
2.5.1    Estimación de costos de producción.....	14
2.5.2    Análisis de sensibilidad económica de la producción .....	15
CAPÍTULO 3.....	17
3.    Resultados Y ANÁLISIS .....	17
3.1    Diseño de mezclas y experimentación .....	17
3.1.1    Resultados del diseño de mezclas.....	17
3.2    Predicción y deseabilidad.....	25

3.3	Distribución de la planta de elaboración de deditos fritos congelados .....	26
3.4	Requerimientos legales del producto .....	28
3.4.1	NTE INEN 2724: Norma para las patatas fritas congeladas rápidamente. 28	
3.4.2	CPE INEN-CODEX 8:2013: Elaboración y manipulación de los alimentos congelados rápidamente. ....	29
3.5	Evaluación de costos.....	29
3.5.1	Estimación de costos de producción.....	29
3.5.2	Análisis de sensibilidad económica de la producción .....	30
CAPÍTULO 4.....		31
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	31
4.1	Conclusiones.....	31
4.2	Recomendaciones.....	32
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## **ABREVIATURAS**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

VAN Valor actual neto

TIR Tasa interna de retorno

PVP Precio de Venta al Público

INEN Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización

CPE Código de Práctica Ecuatoriano

CORELAP Computerized Relationship Layout Planning

## SIMBOLOGÍA

g	Gramo
mg	Miligramo
m	Metro
\$	Dólar estadounidense
mm	Milímetro
°C	Grados Celcius
$m^2$	Metros cuadrados
%	Porcentaje

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de tratamiento térmico en el tejido de un producto rico en almidón	5
Figura 1.2. Proceso de elaboración de los deditos fritos congelados.....	7
Figura 2.1. Figura 2.1 Actividades de flujo y no flujo .....	12
Figura 3.1. Probabilidad normal para todos los resultados de las pruebas sensoriales	18
Figura 3.2. Prueba Kruskal – Wallis en apariencia general .....	19
Figura 3.3. R cuadrado.....	20
Figura3.4. Diagrama de árbol óptimo para resultados de apariencia general .....	20
Figura 3.5. Prueba Kruskal – Wallis en color.....	21
Figura 3.6. Prueba Kruskal – Wallis en olor.....	22
Figura 3.7. Prueba Kruskal – Wallis en textura.....	23
Figura 3.8. Prueba Kruskal – Wallis en sabor.....	24
Figura 3.9. Prueba Kruskal – Wallis en textura.....	24
Figura 3.10. Predicción y deseabilidad de formulaciones sin cúrcuma .....	25
Ilustración 3.11. Predicción y deseabilidad de formulaciones con 1% de cúrcuma ...	26
Figura 3.12. Tabla Relacional de Actividades.....	27
Figura3.13. Layout de la planta .....	27
Ilustración 3.14. Interpretación del layout asignado por Corelap .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Fórmula general de la masa .....	6
Tabla 2.1. Variación de plátano verde crudo y tostones fritos para cada uno de los dos experimentos diferentes. ....	10
Tabla 2.2. Tabla de valoración y motivo entre actividades .....	13
Tabla 2.3. Escala de valoración de la Tabla de relación de actividades.....	13
Tabla 3.1. Prueba Kruskal-Wallis .....	18
Tabla 3.2. Asignación de actividades por medio del software Corelap.....	28

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Una empresa exportadora de productos de la línea de congelados, a base de plátano verde, maduro y yuca está desarrollando un nuevo producto a base de masa de verde que complemente la línea de congelados, debido a que el consumo del plátano verde en Estados Unidos se ha incrementado. La empresa cuenta con la capacidad instalada y con materia prima suficiente por lo que se busca aprovecharla trabajando con deditos fritos de plátano verde que cumplan con las especificaciones de sabor, color y cocción en el interior.

### 1.2 Justificación del problema

La empresa exporta la mayor parte de sus productos principalmente a Estados Unidos debido al amplio mercado constituido por personas con raíces latinoamericanas. Por esta razón, la empresa necesita tener una amplia cartera de productos para sobresalir sobre la competencia. Uno de los productos nuevos en desarrollo por la empresa son deditos fritos elaborados a base de masa de plátano verde, el cual ha tenido problemas de cocción, color y sabor. Este proyecto busca reformular el producto, mejorando las características organolépticas y estableciendo los parámetros de proceso adecuados que se ajusten a los equipos ya existentes en la planta.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Determinar la fórmula y las condiciones de proceso para la obtención de un producto congelado a partir de masa de plátano verde cumpliendo con especificaciones del mercado.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Levantar información de condiciones actuales de proceso y fórmula base
2. Plantear las variables de experimentación para la nueva fórmula
3. Diseñar la línea de proceso.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Plátano**

El plátano, *Musa paradisiaca*, es uno de los alimentos tradicionales de los países latinoamericanos. Se lo cultiva y consume tanto verde como maduro. Su composición consta de 32% de carbohidratos, 2% fibra dietética, 15% azúcar y 1% proteína y aporta 122 kcal por cada 100 gramos de porción (Nasrin, Noomhorn, & Kumar, 2014). Principalmente se lo hierva o fríe. Se lo utiliza como base para la elaboración de diversos productos, siendo el tostón, patacón o chifle el más común de ellos.

En el Ecuador se cultivan dos variedades de plátanos. El “Dominico” destinado para consumo interno y el “Barraganete” destinado para exportación. Ecuador exporta aproximadamente 90000 toneladas anuales (INIAP, 2011).

### **1.4.2 Cúrcuma**

La cúrcuma, *Cúrcuma longa*, es una planta rizomatosa herbácea nativa del Sur de Asia, cultivada actualmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Sus principales usos son medicinales y para la preparación de alimentos. Su principal compuesto activo es la curcumina, la cual es un compuesto fenólico de coloración amarillo intenso. Debido a esta coloración intensa, se la utiliza como colorante natural (Li, Yuan, Deng, Wang, Yang, Aggarwal, 2011).

### **1.4.3 Fritura**

La fritura es un proceso térmico en el cual un alimento es introducido en aceite a altas temperaturas para alterar sus características organolépticas y eliminar la carga microbiana reduciendo la actividad de agua, extendiendo así el tiempo de vida útil

(Fellows, 2000). Por lo tanto, se lo puede definir como una operación unitaria multifuncional de transferencia de calor y masa (Bassama, Brat, Bohuon, Hocine, Boulanger, Gunata, 2011)

La temperatura y tiempo de fritura se relacionan inversamente entre sí. Menor temperatura requiere mayor tiempo de cocción y viceversa. El uso de altas temperaturas (180°C) puede generar características sensoriales agradables en un alimento, pero también efectos negativos como pérdida de vitaminas o la formación de moléculas tóxicas como las acrilamidas (Rojas-Gonzales, Avallone, Brat, Trystram, & Bohuon, 2006). Un método común de fritura es la doble fritura, donde el alimento se cocina a una menor temperatura por largo tiempo para asegurar su cocción en el interior, seguido de una fritura a altas temperaturas por un tiempo muy corto para generar una apariencia y textura más agradable en el exterior (Eshetu, Bekele, 2014).

#### **1.4.4 Congelación**

Uno de los métodos utilizados para la conservación de alimentos es la congelación, el cual permite conservar las características sensoriales e inocuidad del producto por largos periodos de tiempo. Durante la congelación, el agua dentro del producto cambia a estado sólido formando cristales de hielo. Estos cristales, si se forman en gran tamaño, son capaces de alterar la estructura celular del producto ocasionando daños y disminuyendo así la calidad. La calidad del producto congelado va a depender del método y la velocidad de congelación (Singh, 2009). Para garantizar una alta calidad del producto, se requiere realizar una congelación rápida la cual garantiza la formación de cristales de hielo de poco tamaño.

#### **1.4.5 Aspectos cualitativos sensoriales**

##### **1.4.5.1 Color y apariencia**

En presencia de calor, los azúcares reductores del plátano verde reaccionarán con las proteínas y aminoácidos libres existentes dando así una reacción de Maillard, lo que implica una formación de color e intensificación del sabor (Loon, 2005). De la fritura se desarrolla un típico color dorado a marrón que son los compuestos nitrogenados de alto peso molecular, llamadas melanoidinas.

Sin embargo, cantidades excesivas de estas melanoidinas dan como resultado un producto oscuro con sabor amargo. En el caso del plátano verde, en su composición hay

más carbohidratos que proteínas por lo que el calentamiento intenso y prolongado puede resultar en resultados de acrilamida (Omotosho, et al., 2016). Esta se puede formar mediante la reacción Maillard o mediante la oxidación de ácidos grasos, es decir que se puede originar en el aceite de freír por degradación de lípidos. Es por eso que la inmersión prolongada en pirofosfato dará como resultado un sabor amargo. Por lo que es sustancial que las variables de proceso estén claramente detalladas con respecto a tiempo y temperatura de contacto para el correcto resultado organoléptico del producto.

#### **1.4.5.2 Textura**

La textura de los productos a base de plátano es un parámetro sensorial importante que determina no sólo la aceptabilidad y si no que también la estabilidad en almacenamiento (Ali, 2012).

Dado que es una de las características sensoriales más importantes para garantizar la calidad y aceptación por el consumidor, debe hacerse una gran diferencia entre la textura interior y exterior de un producto congelado frito.

El exterior debe consistir en una cubierta crujiente, mientras que el interior debe ser suave y llegar al punto de cocción adecuado (Mba, 2013). La cubierta crujiente es formada en el paso de la fritura donde según estudios dice que forma un grosor aproximado de 1 mm en papas fritas congeladas (Ali, 2012).

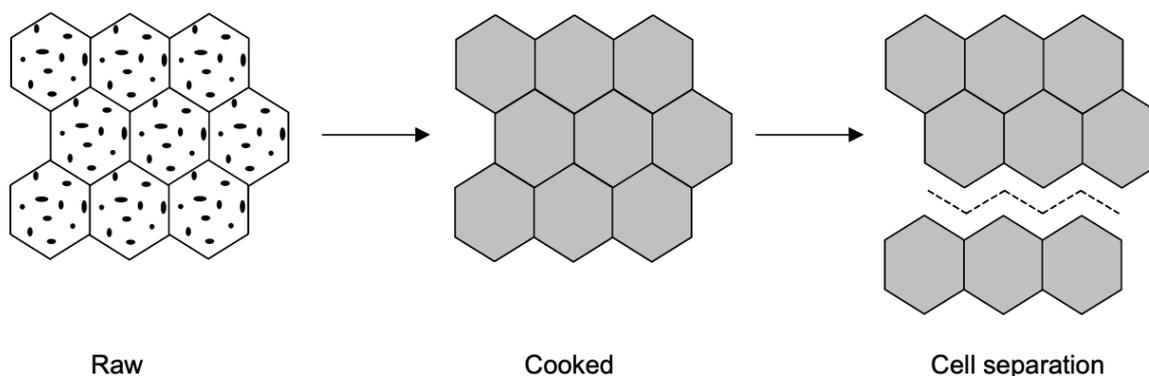
Con respecto a la firmeza, el escaldado de los productos a temperaturas de 50-70 ° C, dan como resultado una mejor característica de firmeza luego de este pretratamiento (Prabhudev et al., 2020).

Esto es posible dado a que la enzima pectina metilesterasa hidroliza los enlaces éster metílicos de los grupos carboxilatos disponibles, lo que provoca que exista disponibilidad de los iones Calcio y Magnesio (+2) para interactuar y estas interacciones tengan un efecto notorio en la firmeza del producto, mejorando así la resistencia contra la degradación térmica (Jae, 2006).

La estructura celular también permanece intacta en la corteza dada por un simple proceso en que las células se encogen, arrugan y se enrollan alrededor del almidón gelificado seco (Diaz et al., 1999).

En el caso de las papas gritas, aproximadamente el 80% del volumen de la cubierta de la papa está conformada por espacios vacíos. Donde el interior consiste en células

cocidas como se evidencia en la figura 1.1 (donde el color gris denota una estructura cocida y ligeramente deshidratada). Este tejido blando interno queda suave por la degradación de los polisacáridos de la pared celular. Pero como la pared celular es mucho más gruesa que la laminilla media entre las células ocurre la separación de las células en lugar de la ruptura celular, es ahí donde gana porosidad (Ali, 2012).



**Figura 1.1. Proceso de tratamiento térmico en el tejido de un producto rico en almidón**  
**Elaborado por:** Loon, 2005

La fritura muestra una etapa inicial en la que el tejido de un producto como la papa se ablanda y se cocina (representado por el color gris), y una etapa posterior en la que comienza la formación de costra y se endurece progresivamente (comienza la separación de las células).

### 1.4.5.3 Efectos del aceite

La absorción de aceite está asociada específicamente a la porosidad del producto y evidencia de costras. La formación de una estructura porosa por otro lado depende claramente de la composición y densidad del producto alimenticio. El plátano, es una fuente rica en carbohidratos por lo que el comportamiento del almidón frente a la fritura va a ser muy significativa (Jae, 2006). La cocción también es una causa que puede ser afectada en la formación de la estructura porosa debido a la gelatinización.

Es decir que la mayor absorción de aceite durante la fritura profunda de plátanos puede atribuirse a cambios en la porosidad y la redistribución del tamaño molecular a medida que aumenta el contenido de azúcar de los plátanos (Loon, 2005).

Los productos tienden a absorber cantidades de aceites por la cantidad de carbohidratos presentes (Pedreschi et al., 2005). Es así como varios pretratamientos se han implementado a los diferentes procesos para mejorar este aspecto en común. Freír en

aceite se caracteriza por las altas de temperaturas (alrededor de 160 y 180 C), donde la estructura que tenga contacto con el aceite será deshidratada y sufrirá velocidades muy altas de secado.

Muy aparte del escaldado que reduce algunos casos la absorción de aceite por gelatinización del almidón de la superficie, el remojo del producto en Cloruro de Sodio (NaCl) reduce sustancialmente la absorción de aceite después de freír (Omotosho et al., 2016).

#### **1.4.6 Formulación y proceso de elaboración de los deditos fritos congelados.**

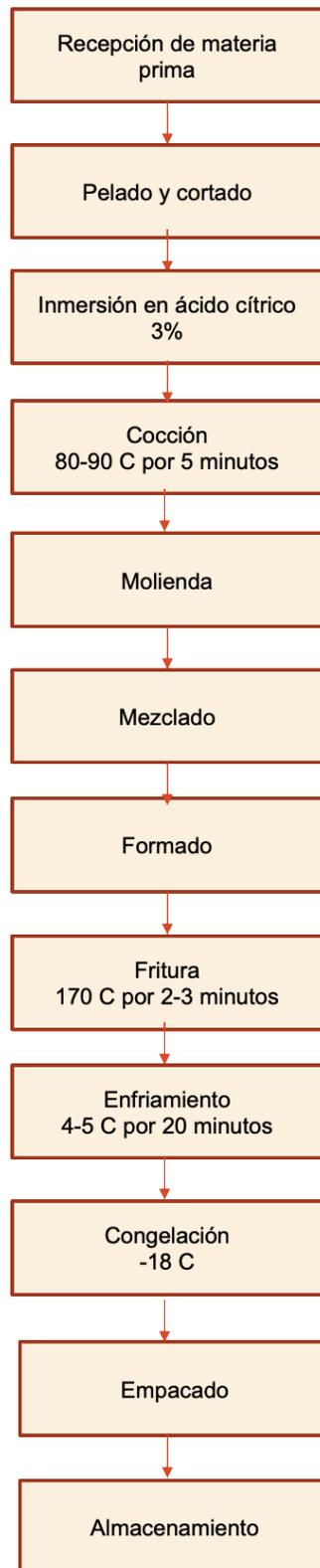
El plátano crudo se corta en rodajas de aproximadamente 3 cm de diámetro y se sumergen en una solución de ácido cítrico al 3% por 6 minutos. Se cocina en agua hirviendo por 5 minutos. Una vez cocinado, se pasa las rodajas cocinadas junto con los tostones a un molino para reducir su tamaño. Se incorpora el almidón de yuca al 2%, la sal al 1.5%, cúrcuma, aceite y lecitina de soya al 1% cada una, y se procede a mezclar hasta obtener una masa homogénea. Se elabora bastones de aproximadamente 8 cm de largo y se fríen a 170° C por 3 minutos.

**Tabla 1.1. Fórmula general de la masa**

Ingredientes	Porcentaje
Mezcla de plátano	93.5
Almidón de yuca	2
Sal	1.5
Cúrcuma	1
Aceite	1
Lecitina de soya	1

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 1.2 se detalla el proceso para la obtención de los deditos fritos congelados:



**Figura 1.2. Proceso de elaboración de los deditos fritos congelados.**

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### **1.4.6.1 Recepción de materia prima**

Se recibe el plátano barraganete y los tostones fritos, provenientes del rechazo de otra línea de producción de la misma planta, junto con la sal, la cúrcuma en polvo y el almidón de yuca.

#### **1.4.6.2 Pelado y cortado**

El plátano crudo es pelado manualmente con cuchillos y se corta en rodajas de aproximadamente 3 cm de diámetro.

#### **1.4.6.3 Inmersión**

Las rodajas de plátano se sumergen en una solución de ácido cítrico al 3% por 6 minutos.

#### **1.4.6.4 Cocción**

Las rodajas de plátano se cocinan en una marmita en agua a 100° C por 5 minutos.

#### **1.4.6.5 Molienda**

Se utiliza un molino de martillo (capacidad 30 kg/min) para reducir el tamaño de partícula de las rodajas de plátano cocido junto con los tostones fritos.

#### **1.4.6.6 Mezclado**

En una mezcladora se incorporó la mezcla de plátano molido junto con la sal, el almidón de yuca, la cúrcuma, aceite vegetal y lecitina de soya hasta formar una masa homogénea.

#### **1.4.6.7 Formado**

Utilizando una formadora se elaboró bastones de aproximadamente 8 cm de largo a partir de la masa.

#### **1.4.6.8 Fritura**

Los bastones se fríen a 170° C por 3 minutos hasta alcanzar una corteza dorada.

#### **1.4.6.9 Enfriamiento**

Se realiza un enfriamiento previamente a la congelación.

#### **1.4.6.10 Congelación**

Se realizó un congelamiento rápido para evitar la formación de cristales de hielo de gran tamaño utilizando un congelador de túnel.

#### **1.4.6.11 Empacado**

El producto es empacado en fundas de Polietileno de baja densidad (PEBD).

#### **1.4.6.12 Almacenamiento**

El producto se almacena en cámaras de congelación a -18° C

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este proyecto se inició con una revisión bibliográfica para considerar las fases más importantes para el desarrollo de los deditos fritos congelados.

Dado que el problema principal del proyecto radicaba en los aspectos sensoriales finales del producto se evaluaron algunos aspectos con respecto a la formulación y procesos previos al procesamiento.

Los deditos fritos se elaboraron a partir de una masa de verde que consta de plátano verde crudo, tostones fritos de rechazo provenientes de otra línea de producción, sal, almidón de yuca, aceite, cúrcuma y lecitina de soya. En la tabla 1.1 se observan los ingredientes con su respectivo porcentaje. Una vez aclarado esto, se procedió a continuar con la metodología, que radica en lo siguiente:

- Obtención de la formulación y procesos de elaboración.
- Diseño de mezclas y las fases de la experimentación.
- Evaluación sensorial para aceptación y liberación de producto.

### 2.1 Diseño de mezclas y experimentación

#### 2.1.1 Experimentación: Textura y Color

Para el experimento se desarrolló un diseño de mezclas en el cual se variaron tres ingredientes (plátano verde crudo, tostones provenientes de otra línea de producción y cúrcuma) a tres niveles diferentes mientras que los demás ingredientes (sal, almidón de yuca y lecitina de soya) permanecieron constantes. Esto se observa en la tabla 2.1.

Los deditos se elaboraron de acuerdo con lo descrito previamente y por duplicado.

Una vez formuladas las mezclas se procedió a la incorporación de cúrcuma en dos niveles diferentes, 1 y 2%. Teniendo el siguiente diseño de mezclas:

**Tabla 2.1. Variación de plátano verde crudo y tostones fritos para cada uno de los dos experimentos diferentes.**

<b>Experimento</b>	<b>Ingredientes</b>	<b>% Mezcla</b>	<b>% Cúrcuma</b>
<b>A1</b>	Plátano crudo	50	1
	Tostones fritos	50	
<b>A2</b>	Plátano crudo	50	0
	Tostones fritos	50	
	<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>	
<b>B1</b>	Plátano crudo	75	1
	Tostones fritos	25	
<b>B2</b>	Plátano crudo	75	0
	Tostones fritos	25	
	<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	Plátano crudo	25	1
	Tostones fritos	75	
<b>C2</b>	Plátano crudo	25	0
	Tostones fritos	75	

**Fuente:** Elaboración Propia.

Dado que todo el experimento se realizó por duplicado, se obtuvieron 12 masas de los cuales se elaboraron los deditos fritos que pasaron a la etapa final de evaluación sensorial.

## **2.2 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial la realizaron los expertos del área de calidad e innovación y gerencia administrativa.

Para poder determinar la formulación más eficiente se realizaron 2 rondas, una ronda con el objetivo de descartar muestras inaceptables y la otra con el objetivo de evaluar la más cercana al gusto del consumidor.

### **2.2.1 Evaluación: Textura y color**

Se realizó una evaluación afectiva de aceptabilidad general del producto con una escala de 7 puntos a 5 panelistas entrenados. Las muestras fueron aleatorizadas para evitar sesgos y resguardar la objetividad. Esta prueba de 7 puntos fue desde 1 como “Me disgusta mucho” hasta 7 con “Me gusta mucho”.

Estos datos fueron luego evaluados en un software estadístico para seleccionar las muestras que fueron las que obtuvieron un mayor puntaje en la escala de aceptabilidad. Al finalizar esta fase, se seleccionaron las 2 formulaciones con mayor votación de acuerdo con el consenso de aceptabilidad.

Dado que la calidad de un producto está dada por los distintos sentidos, los atributos relacionados a estos fueron evaluados teniendo así los atributos de apariencia, color, olor, textura y sabor.

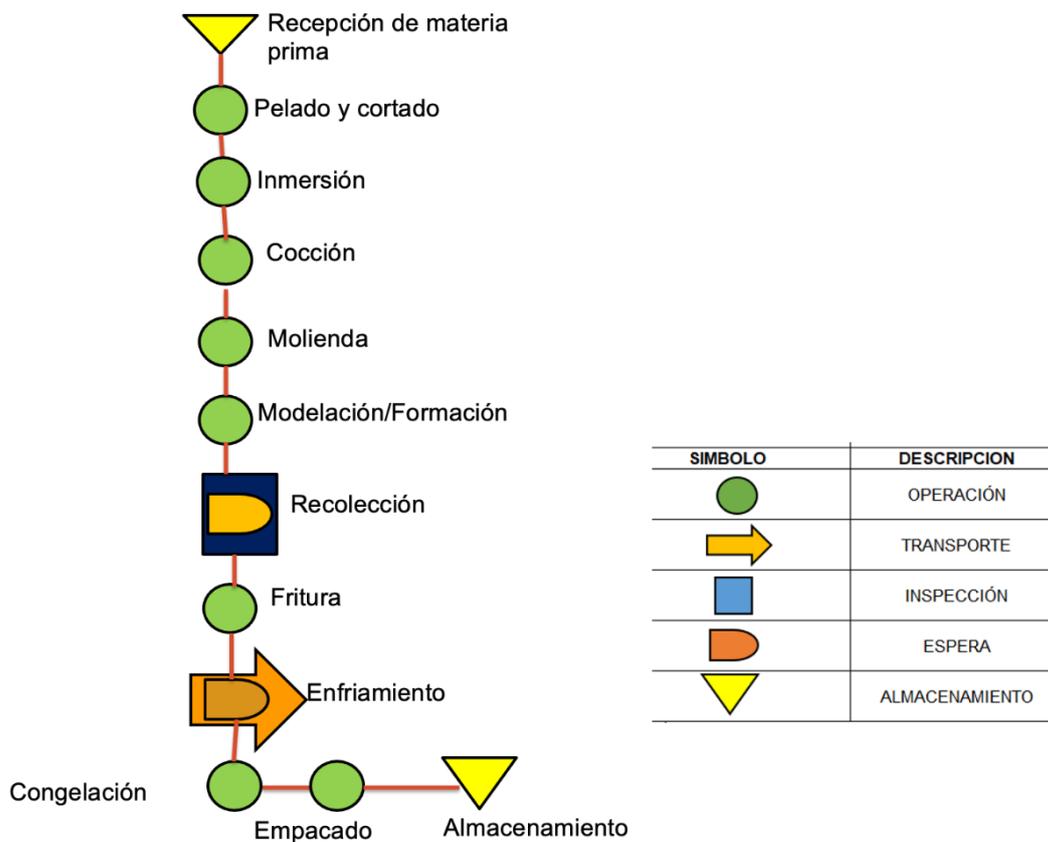
Las muestras fueron presentadas de manera aleatoria a los 5 panelistas con código de 3 dígitos en platos blancos. Además, se utilizó agua y galletas de soda entre cada muestra, sin necesidad de usar transportador con el fin de no desviar al panelista con otros sabores y olores externos a la evaluación del producto.

## **2.3 Distribución de la planta de elaboración de deditos fritos congelados**

El proyecto también ejecutó un plan de distribución en la cual se optimice el proceso de producción de los deditos fritos congelados. Para esto se usó el algoritmo CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) que permitió desarrollar una implementación adecuada de los equipos y procesos involucrados en la planta. Creando una matriz de las diferentes secciones de que determina no sólo la

importancia de cercanía, sino también la necesidad, flujo de materia prima, materiales y personal.

Antes de utilizar el programa se realizó una lista de las actividades involucradas, así como los equipos, una aproximación de las dimensiones de los equipos utilizados en la producción y así un diagrama básico de procesos, de recorrido sencillo y diagrama relacional de actividades.



**Figura 2.1. Figura 2.1 Actividades de flujo y no flujo**

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 2.2. Tabla de valoración y motivo entre actividades**

<b>VALORACIÓN</b>	<b>MOTIVO</b>
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores/ruidos
6	Seguridad del producto
7	Utilización de material común
8	Accesibilidad

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 2.3. Escala de valoración de la Tabla de relación de actividades**

<b>CÓDIGO</b>	<b>CRITERIO DE PROXIMIDAD</b>	<b>COLOR ASOCIADO</b>
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente necesaria	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	rechazable	Marrón

**Fuente:** Elaboración Propia.

A partir de estas tablas y las actividades involucradas en el proceso expuestas anteriormente, se procedió a realizar el diagrama relacional de actividades con el objetivo de dimensionar cada área o proceso y ubicar de manera óptima su cercanía frente a otro proceso. De esta manera se incluyeron todas las mediciones necesarias para la determinación de una estimación del espacio total. Este mismo fue dado por la superficie que los equipos e instalaciones requieren de por sí (superficie estática),

la que es ocupada por el operador y material para la operación (superficie de gravitación) la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$S_g = S_s \cdot N \quad (2.1)$$

Donde  $S_s$  es la superficie dada por los equipos denominada como superficie estática. Y finalmente, la que se reserva entre los puestos de trabajo para el mantenimiento de las máquinas y el desplazamiento del mismo personal a las otras actividades que es la superficie de evolución calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$S_e = (S_s + S_g) \cdot K \quad (2.2)$$

Donde  $K$  es un coeficiente adimensional de acorde al proyecto y  $S_g$  es la superficie de gravitación.

## **2.4 Requerimientos legales del producto**

### **2.4.1 NTE INEN 2724: Norma para las patatas fritas congeladas rápidamente.**

Esta norma se utilizó para establecer en que categoría cae el producto según la dimensión de su superficie más ancha. Esta puede ser pequeña, media, corte grueso, o extra gruesa.

### **2.4.2 CPE INEN-CODEX 8:2013: Elaboración y manipulación de los alimentos congelados rápidamente.**

Esta norma se usó como base para la correcta manipulación de las materias primas durante el proceso de producción de los deditos fritos congelados.

## **2.5 Evaluación de costos**

### **2.5.1 Estimación de costos de producción**

Para el análisis de costos de producción se tomaron en cuenta los costos variables o directos que incluye desde la materia prima, envases o material de empaque hasta

suministros importantes (Zugarramurdi & Parín, 1998). De la misma manera se calculó la inversión de los costos fijos que implica la depreciación, impuestos, sueldos y otros gastos generales.

Esta producción se realizó en base a 5 horas laborales por 20 días al mes dado que la empresa como tal trabaja en base a pedidos de sus clientes. Y el promedio de estos pedidos para un producto nuevo sería ligeramente bajo al principio, además que es una producción trabajada por batch.

## 2.5.2 Análisis de sensibilidad económica de la producción

Este estudio permitió comprender más sobre la viabilidad del producto. Esto permitió indagar de manera más detallada si el proyecto fue efectivamente aceptable o rechazable. Por lo que se realizó una proyección de 5 años del flujo de caja para analizar el “Valor Actual Neto” (V.A.N.) que corresponde a la utilidad en moneda (\$ US Dollars) que queda luego de descontar la inversión inicial. La obtención del VAN constituyó ser una herramienta fundamental en el análisis financiero para la evaluación de proyecto en general. Y fue calculada mediante la siguiente fórmula (Pasqual, 2007).

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n} \quad (2.3)$$

Donde:

N: representó el número de períodos

$I_n - E_n$ : los flujos aproximados de la caja por cada período evaluado

$i$ : la tasa de interés

Por otro lado, para evaluar la rentabilidad relativa del proyecto se evaluó la “Tasa Interna de Retorno”, la tasa que hace que el valor actual neto (V.A.N.) sea igual a cero (Torres Sánchez, Prado Vázquez, & Rivera Espinoza, 2010). El cual se lo calculó mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1 + TIR)^i} = 0 \quad (2.4)$$

Donde:

I: representa la inversión inicial

Qi: el flujo de la caja por cada período

N: la cantidad de períodos considerados (5 años)

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados de las experimentaciones y subtemas relacionados y mencionados en el capítulo 2. Inicialmente se presentan los resultados de las pruebas sensoriales realizadas a 5 panelistas entrenados que pertenecen a la empresa y conocen el producto, distribuyéndose así entre: personal del área de calidad (2) y administrativos (3).

### 3.1 Diseño de mezclas y experimentación

Dado que el objetivo es determinar la fórmula que mejor cumpla con los parámetros de aceptabilidad del consumidor se procedió a levantar formulaciones de control que llevan los extremos del 100% de plátano verde crudo o 100% de tostones de rechazo, las cuales se pueden ver reflejadas en los Apéndices A y B junto con los resultados obtenidos de los 5 atributos a consideración: apariencia general, color, olor, textura y sabor. Como se observa en el Apéndice C, las pruebas fueron realizadas con la escala hedónica de 7 puntos, siendo 1 “Me disgusta extremadamente” y 7 “Me gusta extremadamente”, evaluación que fue realizada vía Google forms.

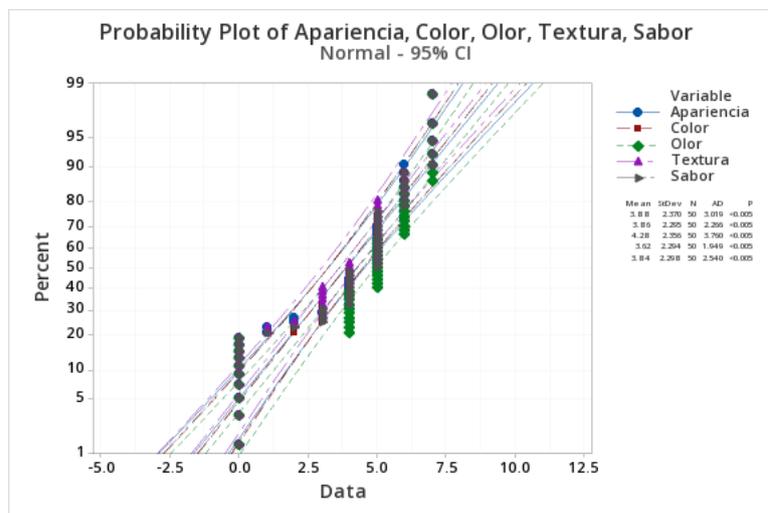
Las formulaciones 438, 325, 616 y 284 correspondientes a 100% plátano verde crudo y 100% tostones de rechazo con 0 y 1% de cúrcuma se realizaron con el fin de presentar muestras de control para que sean evaluadas de igual manera para poder realizar de manera eficaz el perfil predictivo de valores y deseabilidad.

#### 3.1.1 Resultados del diseño de mezclas

Para el análisis del diseño de mezclas se procedió a usar dos programas estadísticos. Se usó Minitab 19 para asociar las variables dependientes vs. Las formulaciones para evidenciar si las percepción y evaluación sensorial difiere entre una y otra formulación. A partir de esto, se utilizó el programa Statistica 7, para buscar la mejor formulación de acuerdo con los criterios de aceptabilidad del consumidor.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras**

Se realizó un análisis de prueba de normalidad para determinar si las muestras corresponden a una distribución normal. Para lo cual se utilizó el programa Minitab 19, el cual determinó con un 95% de confiabilidad que los resultados de las 10 formulaciones corresponden a una prueba no paramétrica como se puede observar en la figura 3.1. Dado que los valores p de la gráfica son menores a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las respuestas de las evaluaciones sensoriales corresponden a una distribución normal.



**Figura 3.1. Probabilidad normal para todos los resultados de las pruebas sensoriales**

**Fuente:** Elaboración Propia.

Comprobado que las respuestas de las evaluaciones siguen una distribución no paramétrica, se procede a evaluar los datos con la prueba de Kruskal – Wallis. Para lo cual se procede a evaluar las variables de apariencia general, color, olor, textura y sabor de manera que se aplique la hipótesis que denota la tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Prueba Kruskal-Wallis**

Prueba de hipótesis	Valor p
$H_0: n_1 = n_2 = n_3 = \dots = n_{10}$	$p > 0.05$
$H_1: n_1 = n_2 = n_3 = \dots = n_{10}$	$p < 0.05$

**Fuente:** Elaboración Propia.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras: Apariencia general**

Aclarada la tendencia de normalidad que tienen los atributos, se procedió a evaluar con Kruskal – Wallis si existen diferencias significativas entre las formulaciones. En la figura 3.2 se detallan los valores Z individuales de cada formulación y por consiguiente el valor p de la prueba no paramétrica que determina que existe un grado de significancia y se acepta la hipótesis alterna de que la apariencia general es un atributo que sí difiere significativamente entre formulaciones. Al observar los resultados de la tendencia del panel entrenado, se puede visualizar que las formulaciones con menor puntaje son efectivamente las que involucran un porcentaje significativo de los tostones de rechazo como la formulación 504 y 812, que justamente comprenden una composición del 50% y 25% a un nivel del 0% en cúrcuma. Entre los comentarios de las pruebas sensoriales uno de los panelistas exclamó la diferencia de colores y la no uniformidad que tenían las muestras con las mezclas entre plátano.

Kruskal-Wallis Test: Apariencia versus Formulaciones

**Descriptive Statistics**

Formulaciones	N	Median	Mean Rank	Z-Value
136	5	0	5.5	-3.23
284	5	5	36.0	1.70
325	5	5	28.1	0.42
349	5	5	32.5	1.13
438	5	6	39.9	2.33
472	5	6	38.3	2.07
504	5	4	18.4	-1.15
616	5	5	29.2	0.60
741	5	0	5.5	-3.23
812	5	4	21.6	-0.63
Overall	50		25.5	

**Test**

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal  
 Alternative hypothesis H<sub>a</sub>: At least one median is different

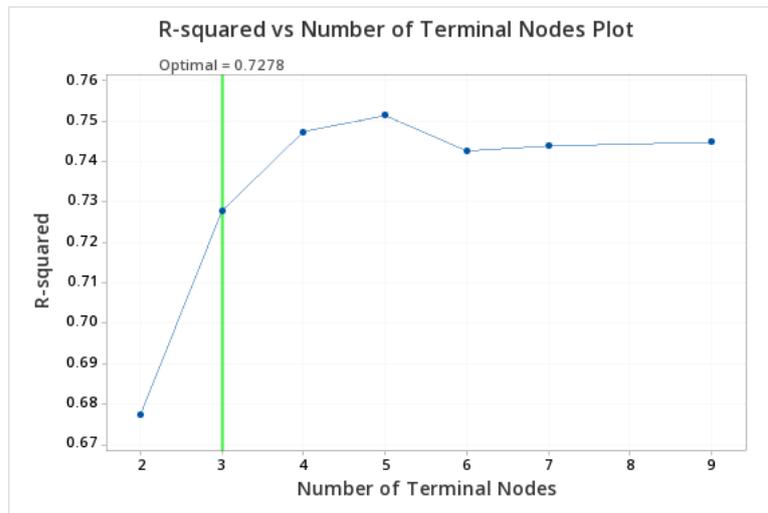
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	9	33.33	0.00012
Adjusted for ties	9	34.64	0.00007

**Figura 3.2. Prueba Kruskal – Wallis en apariencia general**

**Fuente:** Elaboración Propia.

\*La interpretación de los códigos de las formulaciones están dadas en el Apéndice B

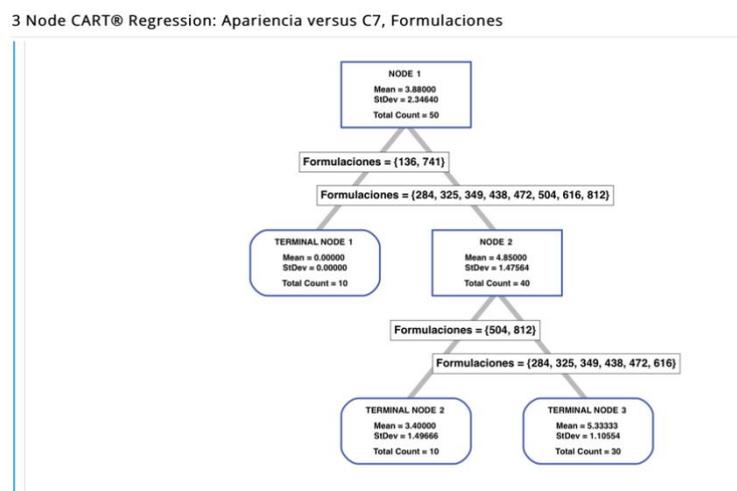
La figura 3.3 denota el R-cuadrado frente al número de nodos terminales para un árbol con 3 nodos. Minitab muestra una gráfica de un valor R2 contra la cantidad de nodos terminales en el árbol para que pueda seleccionar un árbol para evaluar más.



**Figura 3.3. R cuadrado**

**Fuente:** Elaboración Propia.

El diagrama de árbol muestra el árbol óptimo en la figura 3.4. La vista detallada del árbol incluye la media, la desviación estándar y el recuento total de cada nodo. La vista dividida de nodo muestra la variable que divide los datos en cada nodo.



**Figura3.4. Diagrama de árbol óptimo para resultados de apariencia general**

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por lo que se puede apreciar que, a partir de los datos sensoriales retribuidos a apariencia general, descartan 4 de las 10 formulaciones aduciendo que sus resultados

en promedio son mucho mayores y supone una discriminación con una desviación estándar de 1.11. Favoreciendo así, a las formulaciones 284, 325, 349, 438, 472 y 616.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras: Color**

De la misma manera se procedió a evaluar las medianas de las 10 formulaciones, y se observa que las formulaciones con mayor empatía hacia el consumidor son las formulaciones 349 y 438 con una escala de 6 de “Me gusta moderadamente” y que corresponden a la formulación 100% plátano verde crudo con 0% de cúrcuma y la formulación 75-25% con 1% de cúrcuma. \*Nótese: que el primer porcentaje siempre reflejará el contenido porcentual del plátano verde crudo y el otro el porcentaje de tostones de rechazos usados. Con respecto a los resultados presentados, se denota que el consumidor si refleja un cambio significativo en el color dependiendo de la formulación presentada. Por lo cual en la gráfica 3.5, se registra un valor p por debajo del nivel de significancia.

Kruskal-Wallis Test: Color versus Formulaciones

Descriptive Statistics				
Formulaciones	N	Median	Mean Rank	Z-Value
136	5	0	5.5	-3.23
284	5	5	30.5	0.81
325	5	4	22.4	-0.50
349	5	6	35.8	1.67
438	5	6	42.4	2.73
472	5	5	31.0	0.89
504	5	5	25.2	-0.05
616	5	5	33.0	1.21
741	5	0	5.5	-3.23
812	5	4	23.7	-0.29
Overall	50		25.5	

Test			
Null hypothesis	H <sub>0</sub> : All medians are equal		
Alternative hypothesis	H <sub>1</sub> : At least one median is different		
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	9	30.97	0.00030
Adjusted for ties	9	32.06	0.00019

**Figura 3.5. Prueba Kruskal – Wallis en color**

Fuente: Elaboración Propia.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras: Olor**

Siendo el valor  $P=0.00216$ , menor al grado de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, y por lo tanto quiere decir que existen diferencias significativas entre las medianas de las muestras presentadas en olor, lo cual también se puede ver en la figura 3.6. En este estudio, se atribuyen valores de “Me gusta moderadamente” a las formulaciones 349 y 438 que llevan en su composición de 75-100% de plátano verde crudo, realizando la frescura del producto.

### Kruskal-Wallis Test: Olor versus Formulaciones

#### Descriptive Statistics

Formulaciones	N	Median	Mean Rank	Z-Value
136	5	0	5.5	-3.23
284	5	5	31.0	0.89
325	5	5	26.4	0.15
349	5	6	35.6	1.63
438	5	6	35.0	1.54
472	5	5	27.0	0.24
504	5	5	27.0	0.24
616	5	5	33.3	1.26
741	5	0	5.5	-3.23
812	5	5	28.7	0.52
Overall	50		25.5	

#### Test

Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal  
 Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	9	25.86	0.00216
Adjusted for ties	9	27.04	0.00138

**Figura 3.6. Prueba Kruskal – Wallis en olor**

**Fuente:** Elaboración Propia.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras: Textura**

Una de las formulaciones peor situadas fue la 504, con respecto a textura con un porcentaje de 25% rechazo de tostones y 75% plátano crudo al 0% de cúrcuma. Entre las respuestas de los panelistas, decían que la muestra presentaba una gran cantidad de aceite tanto en el interior como en el exterior. Esto se debe a algo más que la formulación, dado que en los ensayos hubo muchas fluctuaciones de temperatura en el

aceite, para tratar de mantenerlo a la misma temperatura. Evidentemente, temperaturas entre 150 ° C y 180 ° C no tienen efecto significativo en proceso de absorción de fritura, pero en ocasiones la temperatura decaía hasta 136 ° C, es así como este puede ser uno de los factores que afecten a esta formulación (Montes, et al., 2016). Dado que cuando menor sea la temperatura, un exceso en la absorción de aceite es más probable en la superficie.

#### Kruskal-Wallis Test: Textura versus Formulaciones

##### Descriptive Statistics

Formulaciones	N	Median	Mean Rank	Z-Value
136	5	0	5.5	-3.23
284	5	5	32.2	1.08
325	5	5	30.9	0.87
349	5	5	33.8	1.34
438	5	5	39.9	2.33
472	5	5	33.2	1.25
504	5	2	17.0	-1.37
616	5	5	32.7	1.16
741	5	0	5.5	-3.23
812	5	3	24.3	-0.19
Overall	50		25.5	

##### Test

Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal  
 Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	9	31.41	0.00025
Adjusted for ties	9	32.62	0.00016

**Figura 3.7. Prueba Kruskal – Wallis en textura**

**Fuente:** Elaboración Propia.

- **Prueba estadística para más de 2 muestras: Sabor**

Finalmente, los resultados de las pruebas sensoriales con respecto al sabor no fueron las mejores. Dado que se observa que las medianas máximas alcanzadas denotan en una escala de 5/7. Este parámetro describe el “Me gusta moderadamente” pero también se encuentra en un “Me gusta poco”.

## Kruskal-Wallis Test: Sabor versus Formulaciones

### Descriptive Statistics

Formulaciones	N	Median	Mean Rank	Z-Value
136	5	0	5.5	-3.23
284	5	5	36.4	1.76
325	5	5	34.2	1.41
349	5	5	33.0	1.21
438	5	5	38.7	2.13
472	5	4	25.0	-0.08
504	5	4	21.8	-0.60
616	5	5	27.3	0.29
741	5	0	5.5	-3.23
812	5	4	27.6	0.34
Overall	50		25.5	

### Test

Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal  
 Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

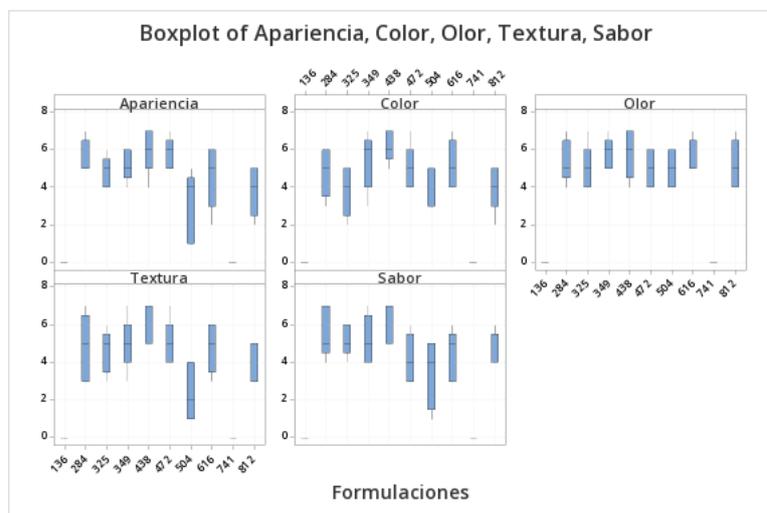
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	9	29.33	0.00057
Adjusted for ties	9	30.51	0.00036

**Figura 3.8. Prueba Kruskal – Wallis en sabor**

Fuente: Elaboración Propia.

## Diagrama de cajas de los diferentes atributos

Para las diferentes formulaciones y atributos, el diagrama de cajas permite visualizar el rango en el cual dicha fórmula ha sido evaluada según los panelistas.

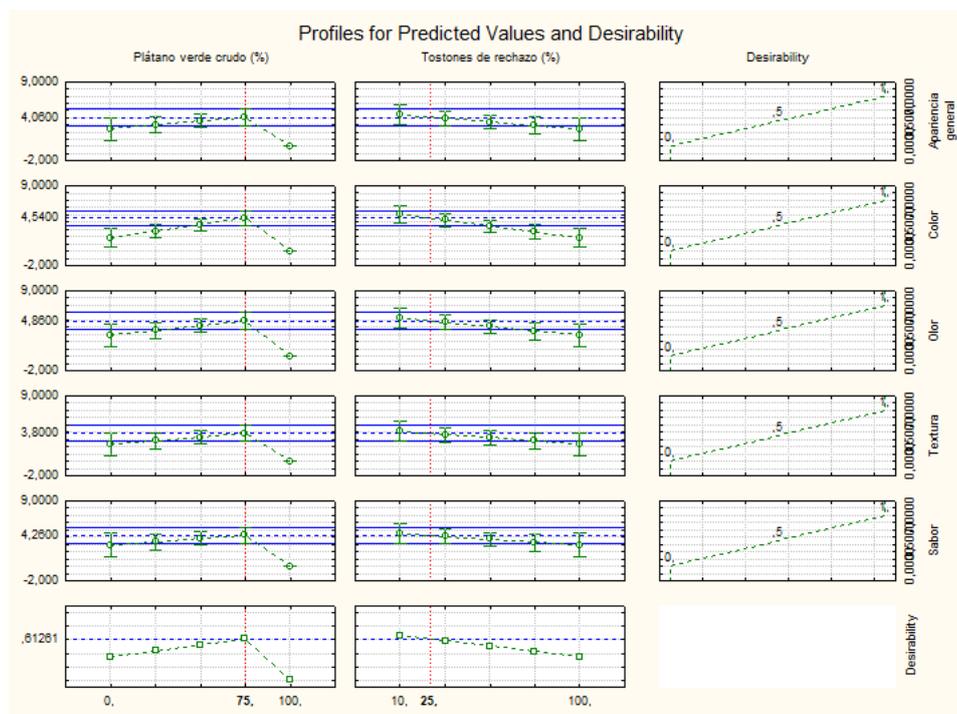


**Figura 3.9. Prueba Kruskal – Wallis en textura**

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2 Predicción y deseabilidad

Los siguientes perfiles de predicción y deseabilidad fueron realizados en el software estadístico STATISTICA 7, el cual fue configurado con un 95% de confiabilidad para el procesamiento de las diferentes corridas estadísticas. En la figura 3.10 se detallan las corrientes predictivas de un perfil sensorial con especificaciones mayores a 4 puntos en escala hedónica para los atributos de color, apariencia general, olor y sabor que está conectado a formulación 504 compuesto por 75% de plátano crudo y 25% de tostones de rechazo con 0% de cúrcuma. Esto quiere decir que el producto con esta formulación cuenta con un 61.26% de aprobación y deseabilidad, cuidando la escala hedónica en no menor a “Ni me gusta ni me disgusta”.

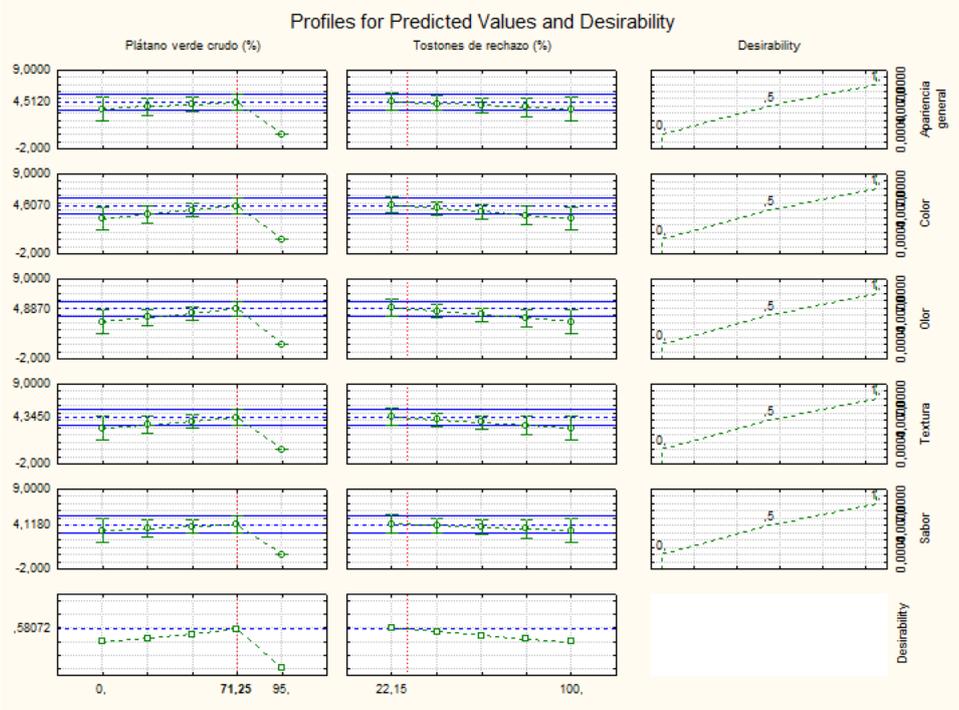


**Figura 3.10. Predicción y deseabilidad de formulaciones sin cúrcuma**

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por otro lado, al analizar las formulaciones al 1% de cúrcuma se puede visualizar que el software arroja del diseño de mezclas de la figura 3.11, la mejor combinación con respecto a las respuestas de las evaluaciones sensoriales, denotando que la mejor combinación es usar en la formulación alrededor de 70% de plátano verde crudo y 30%

tostones de rechazo al 1% de cúrcuma. Dado que las respuestas sensoriales están muy bien alineadas con el perfil mayor a 4 puntos de la escala hedónica.



**Ilustración 3.11. Predicción y deseabilidad de formulaciones con 1% de cúrcuma**  
**Fuente:** Elaboración Propia.

**3.3 Distribución de la planta de elaboración de deditos fritos congelados**

En la figura 3.12 se detalla la relación entre cada actividad de flujo del proceso de elaboración de los deditos fritos según la tabla 2.2 y 2.3

Actividades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Recepción												
2	Pelado y Cortado	E 8											
3	Inmersión	A 1	I 1										
4	Cocción		O 1										
5	Molienda			O 1									
6	Mezclado				O 1								
7	Formado					O 1							
8	Fritura						O 1						
9	Enfriamiento							O 1					
10	Congelación								O 1				
11	Empacado									O 1			
12	Almacenamiento										O 1		

**Figura 3.12. Tabla Relacional de Actividades**  
Fuente: Elaboración Propia.

Se ingresó los valores de relación entre actividades al software Corelap 1.0 obteniendo un diseño de planta de distribución de marcha hacia adelante y producción en “s” el cual se observa en la figura 3.14. Las numeraciones observadas en la figura 3.13 corresponden a la importancia que asignó el software Corelap a cada actividad lo cual se detalla en la tabla 3.2. La interpretación del layout se observa en la figura 3.14.



**Figura3.13. Layout de la planta**  
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 3.2. Asignación de actividades por medio del software Corelap.**

1	Congelación
2	Enfriamiento
3	Empacado
4	Fritura
5	Formado
6	Mezclado
7	Almacenamiento
8	Molienda
9	Cocción
10	Inmersión
11	Pelado y Cortado
12	Recepción

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Ilustración 3.14. Interpretación del layout asignado por Corelap**

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se necesita un mínimo de 233.51 m<sup>2</sup> disponibles en la planta para distribuir cada actividad. En el Apéndice A se detalla el dimensionamiento de cada área ya descrita.

### 3.4 Requerimientos legales del producto

#### 3.4.1 NTE INEN 2724: Norma para las patatas fritas congeladas rápidamente.

Se elaboraron los deditos fritos congelados con un peso unitario de 20g y un ancho de 16mm designando al producto como “extra grueso”.

### **3.4.2 CPE INEN-CODEX 8:2013: Elaboración y manipulación de los alimentos congelados rápidamente.**

Los deditos fritos congelados se elaboraron con la correcta manipulación de las materias primas durante todo el proceso de producción.

## **3.5 Evaluación de costos**

### **3.5.1 Estimación de costos de producción**

#### **3.5.1.1 Costos variables**

Los costos de materia prima, material de empaque, servicios básicos y suministros son considerados en los costos variables.

En las 5 horas que trabaja la línea, se obtuvo 2631 unidades de 400g, las cuales representan un costo de \$184.586,13 el cual se detalla en el Apéndice E.

El costo anual de los suministros, detallado en el Apéndice F que representa la energía eléctrica, el gas y el agua fue de \$5.865,12.

#### **3.5.1.2 Costos fijos**

Se consideró como costos fijos la mano de obra directa e indirecta, costo de mantenimiento de quipos y transporte.

En el Apéndice F se detallan los costos fijos, donde tomando como referencia el sueldo básico unificado de \$400 establecido por el Ministerio de Trabajo, se obtiene un total de \$185.296,00 anuales.

#### **3.5.1.3 Depreciación de equipos**

Se calculó una depreciación de \$8.713,50 al año en toda la maquinaria utilizada en la producción y transporte de los deditos fritos congelados, detallado en el Apéndice G junto con el balance de equipos.

#### **3.5.1.4 Punto de equilibrio**

Estableciendo un P.V.P de \$2,50 junto con el costo unitario de \$1,08 y los costos fijos ya descritos, se calcula un punto de equilibrio de 130 490 unidades. Esto se detalla en el Apéndice H.

#### **3.5.2 Análisis de sensibilidad económica de la producción**

Considerando un aumento de demanda anual del 5% se calculó el flujo de caja el cual se muestra en el Apéndice I. Se obtuvo un VAN de \$2.900.445,78 por lo que se considera que el proyecto es económicamente factible. Así mismo se calculó un TIR de 1032%.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

En este capítulo las conclusiones que presentaremos serán en base al trabajo de investigación llevado en esta área de estudio de la industria alimentaria. Una vez obtenidos los resultados y posteriormente analizados, se concluye que:

- La fórmula desarrollada a base de plátano verde crudo y tostones de la línea de rechazo permiten obtener un producto de primer nivel que disminuyen los procesos de destrucción y contaminación por parte de la industria alimentaria al usar este rechazo como parte de una nueva línea de producto.
- El análisis del diseño experimental de mezclas permite visualizar, que mientras mayor sea el contenido de plátano verde crudo mayor es la aceptación de las diferentes características sensoriales, entre esas el color y la apariencia general ya que ayudan a disimular el pardeamiento enzimático de los tostones de rechazo que han salido de otra línea de producción, pero aun así se logró que la participación de estos tostones sea entre 25 y 30% en masa representando un dato satisfactorio en cuanto la aceptación general.
- A través de las pruebas sensoriales, se pudo determinar que la muestra 349 y 472 fueron las que recibieron mayor puntaje en los atributos color, sabor y textura y apariencia general.
- Se obtuvo que la formulación óptima contiene 71.25% de plátano verde crudo y 22.15% de tostón de rechazo considerando un 100% de masa y 1% de cúrcuma.

- Mediante un análisis de relación de actividades se pudo determinar que la disposición ideal de producción de deditos fritos congelados es en doble S, ya que permite una distribución de  $233.51 m^2$  dentro de la fábrica.
- El costo unitario de producción es de \$1.08 por cada empaque de 400 g de producto que contiene aproximadamente 20 deditos congelados.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Realizar análisis físico-químicos de textura para estandarizar el nivel de crujencia del producto.
- Efectuar un estudio de tiempo de vida útil al producto para obtener un dato preciso del tiempo de deterioro del producto bajo condiciones de almacenamiento.
- Analizar el efecto de otras especias y saborizantes para cambiar el perfil de sabor y color del producto.
- Se recomienda realizar un flujo de caja específico con las condiciones de exportación dadas por el fabricante de la empresa.

# BIBLIOGRAFÍA

- Ali, M. (2012). Towards an approach to assess critical quality points (CQPs) in food production systems: A case study on French fries production. Chapter 3: 50-74  
<https://edepot.wur.nl/197132>
- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R., & Günata, Z. (2011). Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*, 44(5), 1452–1458.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.018>
- Diaz, A., Trys, G., Vitrac, O., Dufour, D. & Raoult-Wack, A. (1999). Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. *J Sci Food Agric* 79:291–299. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/Platano%20chips.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Platano%20chips.pdf)
- Eshetu, B., & Tola, Y. B. (2014). Quality evaluation of selected plantain varieties.pdf. In *American Journal of Food Technology* (Vol. 9, Issue 6, pp. 325–329).
- Fellows, P. (1993). *Tecnología del procesamiento de los Alimentos*. (p. 5).
- Heldman, S. &. (2009).” Introducción a la Ingeniería de Alimentos”. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Jae, K. (2006). Firmness Of Thermal Processed Onion As Affected By Blanching. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(6), 659–669. doi:10.1111/j.1745-4549.2006.00096.x
- Li, S., Yuan, W., Deng, G., Wang, P., Yang, P., Aggarwal, B. (2011). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma long L.*).  
[https://scholarworks.sfasu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=agriculture\\_facultypubs](https://scholarworks.sfasu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=agriculture_facultypubs)
- Loon, W. (2005). Process innovation and quality aspects of French fries.  
<https://edepot.wur.nl/121683>
- INIAP. (2011). *Banano, plátano y otras musáceas*.  
<http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Mba, Ogan. (2013). Effect of ripening stages on basic deep-fat frying qualities of plantain chips. *Journal of Agricultural Science and Technology A*. 3. 341-348.

[https://www.researchgate.net/publication/272418969 Effect of ripening stages on basic deep-fat frying qualities of plantain chips](https://www.researchgate.net/publication/272418969_Effect_of_ripening_stages_on_basic_deep-fat_frying_qualities_of_plantain_chips)

Montes O. N., Millar M. I., Provoste L. R., Martínez M.N., Fernández Z. D., Morales I. G., & Valenzuela B. R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 87-91. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>

Nasrin, T. A. A., Noomhorm, A., & Anal, A. K. (2015). Physico-Chemical Characterization of Culled Plantain Pulp Starch, Peel Starch, and Flour. *International Journal of Food Properties*, 18(1), 165–177. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.828747>

Omotosho, O., Omini, J., Oloruntola, A. & Omotosho, V. (2016). Reduction Of Acrylamide Formation In Fried Plantain (*Musa x paradisiaca*) using NaCl [https://doi.org/10.1096/fasebj.30.1\\_supplement.lb163](https://doi.org/10.1096/fasebj.30.1_supplement.lb163)

Pasqual, J. (2007). Los criterios Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rendimiento. e-pública: Revista electrónica sobre la enseñanza de la economía pública, ISSN 1885-5628, N°. 2, 2007, pags. 1-11.

Pedreschi, F., & Moyano, P. (2005). Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*, 70(4), 557–563. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.10.010

Prabhudev, H., & Sneharani, A. H. (2020). Extraction and characterization of pectin methylesterase from muskmelon biowaste for pectin remodeling. *Journal of Food Biochemistry*. doi:10.1111/jfbc.13237

Rojas-Gonzalez, J., Avallone, S., Brat, P., Trystram, G., & Bohuon, P. (2006). Effect of deep-fat frying on ascorbic acid, carotenoids and potassium contents of plantain cylinders. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(1–2), 123–136. <https://doi.org/10.1080/09637480600658393>

Surco, J. A., & Alvarado, J. A. (2011). Estudio Estadístico De Pruebas Sensoriales De Harinas Compuestas Para Panificación. *Revista Boliviana De Química*, 28(2), 79-82.

- Torres Sánchez, G., Prado Vázquez, V. H., & Rivera Espinoza, M. P. (2010). Análisis de sensibilidad de la producción de caña de azúcar con dos tecnologías de riego (goteo y gravedad) en Zapotiltic, Jalisco. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 26, 193-201
- Zugarramurdi, A., & Parín, M. (1998). *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. FAO DOCUMENTO TECNICO DE PESCA 351. Mar del Plata, Argentina.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

**Tabla de resultados de evaluación sensorial de las 10 formulaciones**

Código de formulación	Panelista	Apariencia general	Color	Olor	Textura	Sabor
438	PAN 1	6	6	6	7	7
438	PAN 2	7	7	7	7	7
438	PAN 3	4	6	5	5	5
438	PAN 4	7	7	4	5	5
438	PAN 5	6	5	7	5	5
325	PAN 1	6	5	5	4	6
325	PAN 2	5	5	5	5	6
325	PAN 3	5	4	4	5	4
325	PAN 4	4	2	4	6	5
325	PAN 5	4	3	7	3	5
136	PAN 1	0	0	0	0	0
136	PAN 2	0	0	0	0	0
136	PAN 3	0	0	0	0	0
136	PAN 4	0	0	0	0	0
136	PAN 5	0	0	0	0	0
812	PAN 1	3	5	6	5	4
812	PAN 2	2	2	4	3	4
812	PAN 3	5	4	5	3	4
812	PAN 4	5	5	4	5	6
812	PAN 5	4	4	7	3	5
504	PAN 1	4	5	4	4	5
504	PAN 2	1	3	4	1	4
504	PAN 3	5	5	5	2	2
504	PAN 4	4	5	6	4	5
504	PAN 5	1	3	6	1	1
616	PAN 1	6	7	7	6	5
616	PAN 2	6	5	6	6	6
616	PAN 3	5	6	5	5	5
616	PAN 4	4	4	5	4	3
616	PAN 5	2	4	5	3	3

284	PAN 1	7	6	7	7	7
284	PAN 2	5	4	5	6	7
284	PAN 3	5	5	5	5	5
284	PAN 4	6	6	6	3	5
284	PAN 5	5	3	4	3	4
741	PAN 1	0	0	0	0	0
741	PAN 2	0	0	0	0	0
741	PAN 3	0	0	0	0	0
741	PAN 4	0	0	0	0	0
741	PAN 5	0	0	0	0	0
472	PAN 1	6	5	5	4	6
472	PAN 2	7	7	6	7	5
472	PAN 3	5	4	4	4	3
472	PAN 4	6	5	6	5	3
472	PAN 5	5	4	4	5	4
349	PAN 1	6	6	5	5	6
349	PAN 2	6	7	7	7	7
349	PAN 3	5	5	5	5	5
349	PAN 4	5	6	6	5	4
349	PAN 5	4	3	6	3	4

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE B

### Interpretación de los códigos de las diferentes formulaciones

Plátano verde crudo (%)	Tostones de rechazo (%)	Cúrcuma (%)	Código de formulación
100	0	0	438
100	0	0	438
100	0	0	438
100	0	0	438
100	0	0	438
0	100	0	325
0	100	0	325
0	100	0	325
0	100	0	325
0	100	0	325
25	75	0	136
25	75	0	136
25	75	0	136
25	75	0	136
25	75	0	136
50	50	0	812
50	50	0	812
50	50	0	812
50	50	0	812
50	50	0	812
75	25	0	504
75	25	0	504
75	25	0	504
75	25	0	504
75	25	0	504
100	0	1	616
100	0	1	616
100	0	1	616
100	0	1	616

100	0	1	616
0	100	1	284
0	100	1	284
0	100	1	284
0	100	1	284
0	100	1	284
25	75	1	741
25	75	1	741
25	75	1	741
25	75	1	741
25	75	1	741
50	50	1	472
50	50	1	472
50	50	1	472
50	50	1	472
50	50	1	472
75	25	1	349
75	25	1	349
75	25	1	349
75	25	1	349
75	25	1	349

**Fuente:** Elaboración propia.

# APÉNDICE C

## Formulario de evaluación sensorial

### Evaluación sensorial deditos fritos de verde

Hola, bienvenido al form de evaluación sensorial.

Muestra 438

#### Apariencia general \*

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta moderadamente
- 5 Me gusta poco
- 4 No me gusta ni me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta moderadamente
- 1 Me disgusta mucho

#### Color \*

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta moderadamente
- 5 Me gusta poco
- 4 No me gusta ni me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta moderadamente
- 1 Me disgusta mucho

Olor \*

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta moderadamente
- 5 Me gusta poco
- 4 No me gusta ni me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta moderadamente
- 1 Me disgusta mucho

Textura \*

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta moderadamente
- 5 Me gusta poco
- 4 No me gusta ni me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta moderadamente
- 1 Me disgusta mucho

Sabor \*

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta moderadamente
- 5 Me gusta poco
- 4 No me gusta ni me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta moderadamente
- 1 Me disgusta mucho

**Fuente:** Elaboración propia.

# APÉNDICE D

## Dimensionamiento de los departamentos

Departamento o Actividad	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (ESTÁTICA)			Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Stotal Ss+Sg+Se	Área total por departamento
			Medidas		Área	# Lados usados	Área m <sup>2</sup>	Coeficiente K	Área m <sup>2</sup>		
			Largo (m)	Ancho (m)	m <sup>2</sup>						
1	4 0,75	4 1,5	4	4	16	1	16	0,05	1,6	33,6	40,69
			3,75	7,5	1,125	5	5,625	0,05	0,3375		
2	4	1	4	1	4	1	4	0,05	0,4	8,4	8,40
								0,05			
								0,05			
3	4,2	2,1	4,2	2,1	8,82	1	8,82	0,05	0,882	18,522	18,52
								0,05			
								0,05			
4	2	1,5	2	1,5	3	1	3	0,05	0,3	6,3	6,30
5	2	1,5	2	1,5	3	1	3	0,05	0,3	6,3	6,30
								0,05			
								0,05			
6	2	2	2	2	4	1	4	0,05	0,4	8,4	8,40
								0,05			
7	2	2	2	2	4	1	4	0,05	0,4	8,4	8,40
8	4	4	4	4	16	2	32	0,05	2,4	50,4	50,40
9	3	2	3	2	6	1	6	0,05	0,6	12,6	12,60
10	3	2	3	2	6	1	6	0,05	0,6	12,6	12,60
11	2	2	2	2	4	1	4	0,05	0,4	8,4	8,40
12	5	5	5	5	25	1	25	0,05	2,5	52,5	52,50

Fuente: Elaboración propia.

## APÉNDICE E

Materia Prima	Porcentaje (%)	Gramos	Costo por kilo (\$)	Costo por gramo (\$)	Costo en formula (\$)
Plátano verde	67%	268	0,33	0,00033	0,08844
Tostones de rechazo	27%	106	0,33	0,00033	0,03498
Sal	2%	6	0,5	0,0005	0,003
Almidón de Yuca	2%	8	3,18	0,00318	0,02544
Cúrcuma en Polvo	1%	4	7	0,007	0,028
Aceite Vegetal	1%	4	2,3	0,0023	0,0092
Lecitina de soya	1%	4	8	0,008	0,032
<b>TOTAL</b>		400			<b>0,22106</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>Peso unidad(g)</b>	400,00
<b>Unidades producidas anualmente</b>	631440,00
<b>Costo anual m.p</b>	\$139.586,13
<b>Costo anual de empaque</b>	\$ 45.000,00
<b>Total</b>	<b>\$184.586,13</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE F

Suministros	Unidad	Costo unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía eléctrica	Kwh	0,08	\$ 3.165,12	\$ 3.323,38	\$ 3.489,54	\$ 3.664,02	\$ 3.847,22
Gas	Kg	0,25	\$ 2.250,00	\$ 2.362,50	\$ 2.480,63	\$ 2.604,66	\$ 2.734,89
Agua	m3	0,5	\$ 450,00	\$ 472,50	\$ 496,13	\$ 520,93	\$ 546,98
<b>Total</b>			<b>\$ 5.865,12</b>	<b>\$ 6.158,38</b>	<b>\$ 6.466,29</b>	<b>\$ 6.789,61</b>	<b>\$ 7.129,09</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE G

Mano de obra Indirecta						
Concepto	Total de obreros	Costo por mes	Décimo tercer sueldo	Décimo cuarto	Aportaciones	Costo anual
Gerente General	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 2.394,00	\$ 27.594,00
Jefe de producción	1	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.463,00	\$ 16.863,00
Jefe de calidad	1	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.463,00	\$ 16.863,00
Analista de calidad	1	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 1.197,00	\$ 13.797,00
Jefe de mantenimiento	1	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 931,00	\$ 10.731,00
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>\$ 5.600,00</b>	<b>\$ 5.600,00</b>	<b>\$ 5.600,00</b>	<b>\$ 7.448,00</b>	<b>\$ 85.848,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Mano de obra Directa						
Actividad	obreros	Costo por mes	Décimo tercer sueldo	Décimo Cuarto	Aportaciones	Costo anual
Pelado -Cortado	6	\$ 2.400,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.660,00	\$ 36.260,00
Inmersión	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Cocción	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Molienda	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Mezclado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Formado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Fritura	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Congelación	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Envasado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
Almacenamiento	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 532,00	\$ 6.132,00
<b>Total</b>						<b>\$ 91.448,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Costos Fijos	
Mano de obra	\$ 177.296,00
Mantenimiento	\$ 5.000,00
Transporte	\$ 3.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 185.296,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE H

Activo	Valor de Compra	Vida Contable	Depreciación anual	Años de depreciación	Despreciación acumulada	Valor de salvamento	Utilidad Total
Balanza electrónica Digital Industrial	\$85,00	10	\$8,50	5	\$42,50	\$59,50	\$17,00
Mezclador comercial	\$2.000,00	10	\$200,00	5	\$1.000,00	\$1.400,00	\$400,00
Molino de martillo	\$2.000,00	10	\$200,00	5	\$1.000,00	\$1.400,00	\$400,00
Marmita	\$2.500,00	10	\$250,00	5	\$1.250,00	\$1.750,00	\$500,00
Formadora	\$2.250,00	10	\$225,00	5	\$1.125,00	\$1.575,00	\$450,00
Freidora	\$14.200,00	10	\$1.420,00	5	\$7.100,00	\$9.940,00	\$2.840,00
Envasadora horizontal	\$4.800,00	10	\$480,00	5	\$2.400,00	\$3.360,00	\$960,00
Congelador de túnel	\$17.300,00	10	\$1.730,00	5	\$8.650,00	\$12.110,00	\$3.460,00
Camiones	\$42.000	10	\$4.200,00	5	\$21.000,00	\$29.400,00	\$8.400,00
	<b>\$87.135,00</b>		<b>\$8.713,50</b>		<b>\$43.567,50</b>	<b>\$60.994,50</b>	<b>\$17.427,00</b>
					Impuesto a la renta	22%	\$3.833,94
					Utilidad neta		\$13.593,06
					<b>Ingreso por venta de activos</b>		<b>\$57.160,56</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE I

Costos fijos	\$ 185.296,00
P.V.P	\$ 2,50
Costo de venta unitario	\$ 1,08
Punto equilibrio	130490,1408

**Fuente:** Elaboración propia.

## APÉNDICE J

Flujo de caja	Año 0	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
<b>Unidades vendidas</b>		<b>631440</b>	<b>663012</b>	<b>696162</b>	<b>730970</b>	<b>767518</b>
Ventas		\$1.578.600,00	\$1.657.530,00	\$1.740.405,00	\$1.827.425,00	\$1.918.795,00
Costos variables		\$ 184.586,13	\$ 187.170,34	\$ 189.790,72	\$ 192.447,79	\$ 195.142,06
Costos fijos		\$ 185.296,00	\$ 185.296,00	\$ 185.296,00	\$ 185.296,00	\$ 185.296,00
Depreciación		\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$1.200.004,37</b>	<b>\$1.276.350,16</b>	<b>\$1.356.604,78</b>	<b>\$1.440.967,71</b>	<b>\$1.529.643,44</b>
Impuestos(22%)		\$ 264.000,96	\$ 280.797,04	\$ 298.453,05	\$ 317.012,90	\$ 336.521,56
<b>Utilidad Neta</b>		<b>\$ 936.003,41</b>	<b>\$ 995.553,13</b>	<b>\$ 1.058.151,73</b>	<b>\$ 1.123.954,81</b>	<b>\$ 1.193.121,88</b>
Depreciación		\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50	\$ 8.713,50
<b>Inversión</b>						
Máquinas/Equipos/ Herramientas	\$ 87.135,00					
Permisos varios	\$ 5.000,00					
<b>Flujo(-)</b>	<b>\$-92.135,00</b>	\$ 944.716,91	\$1.004.266,63	\$1.066.865,23	\$1.132.668,31	\$1.201.835,38
<b>Flujo acumulado</b>		\$ 852.581,91	\$1.948.983,54	\$2.071.131,86	\$2.199.533,54	\$2.334.503,70
<b>VAN</b>		\$2.900.445,78				
<b>TIR</b>		1032%				

**Fuente:** Elaboración propia.