

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Antecedentes

En Bolivia las galletas tienen un lugar muy destacado en las preferencias alimenticias de los bolivianos. En 2013, el consumo anual de galletas en Bolivia fue de 5 kg/persona, cifra que está por encima del promedio en América Latina. Hay una gran inclinación de los clientes tanto (por las galletas) dulces como por las saladas, que se disfrutan principalmente en el desayuno, las meriendas y otras comidas de forma complementaria. Entre las galletas dulces con gran predilección por los bolivianos están las wafer y las galletas rellenas. La línea de queques también ha alcanzado gran preferencia (La Razón, 2013).

Según (El Periódico, 2021), La empresa de galletas Mabel's se ubica entre las diez empresas de alimentos más importantes de Bolivia. El informe ratifica que Mabel's se consolida como la marca de galletas más demandada por los bolivianos, especialmente, por la variedad de sus productos, sabores y presentaciones con los que se presenta en el mercado local.

Bolivia muestra un potencial destino para productos dulces, siendo que el 30% de las empresas bolivianas se dedican a la venta al por mayor y menor, con un crecimiento anual del 4%, los canales comerciales continúan creciendo a través de centros comerciales, supermercados, y tiendas de marcas específicas; la población boliviana cada vez se concentra cercanamente hacia las ciudades principales y existe más facilidades de acceso a variedad de productos cercanos a los hogares (IBCE, 2015).

A nivel de la provincia de Cercado Tarija podemos decir que no se encuentran empresas que elaboren galletas de manera industrial, pero si podemos indicar que hay empresas panaderas que además de elaborar pan elaboran galletas, totalmente artesanales de diferentes formas y sabores; tales empresas: El Mazapán, Palacio de las Masas, Zona pastelería y confiterías, Panadería y repostería Viena. Así también; existen pequeñas distribuidoras de empresas como ser: San Grabiél, Gustosi, Mabels' y Ferrari Chezzi.

que elaboran variedades de galletas y otros productos, de manera industrial; distribuidas en el departamento de Tarija (El Día, 2014).

En Bolivia el género Prosopis (algarrobo), se pueden encontrar en los valles secos interandinos, esta unidad forma un conjunto de bosques secos, chaparrales, matorrales y tierras erosionadas, que se extiende desde el norte de La Paz hasta el sur de Tarija, estos presentan un interesante potencial por los productos que de él se pueden extraer (Killeen, 1993).

El incremento del consumo de panes enriquecidos en fibra dietética abre un interesante campo de aplicación para la pulpa de algarrobo, por su alto contenido en fibra. Para tal fin puede utilizarse harina de algarrobo sin tratamiento (32,2% de fibra) o con extracción previa de azúcares (67,6% de fibra), usaron harina como ingrediente de panificación, encontrando aceptable hasta un 10% de la harina de trigo (Grados, 2004).

## **1.2 Justificación**

- El presente trabajo de investigación, pretende elaborar galletas dulces con harina de algarrobo y avena con la finalidad que exista otra alternativa en consumo de galletas para la población del departamento de Tarija.
- Las galletas tienen mayor aceptación y consumo en niños, adultos; donde se pretende mejorar la composición nutricional de las galletas dulces sustituyendo de forma parcial la harina de trigo por harina de algarrobo y avena instantánea, con el fin de aprovechar sus propiedades nutricionales que presentan calcio, hierro, fibra, proteína, etc.
- El propósito del presente trabajo de investigación, es incorporar al mercado un producto novedoso; debido que en mercado local de Tarija no existe la presencia de una galleta que sea elaborada con la harina de algarrobo y avena instantánea.
- Se desea utilizar harina de algarrobo y avena instantánea en la elaboración de galletas, con el fin de incorporar fibra que coadyuve en la función de la

digestión, estreñimiento e hinchazón intestinal en las personas intolerantes al gluten.

### **1.3 Objetivos**

A continuación, se detallan los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación:

#### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar galletas dulces con harina de algarrobo y avena, mediante la aplicación de la tecnología de cereales; con la finalidad de obtener un producto de calidad para la provincia Cercado de Tarija.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de algarrobo, avena instantánea y trigo 0000, con el fin de conocer su composición.
- Realizar la evaluación sensorial de las pruebas preliminares de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, para determinar la muestra ideal con mayor aceptación por los jueces.
- Aplicar el diseño factorial  $2^3$  en la etapa de dosificación, con el fin de establecer las variables a las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.
- Realizar la evaluación sensorial para valorar las muestras experimentales e ideal con el fin de obtener el producto final.
- Aplicar el diseño factorial  $2^2$  en la etapa del horneado, para establecer la temperatura y tiempo de cocción de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena

- Realizar un control de la vida útil de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena durante el almacenamiento.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas a las galletas dulces con de harina de algarrobo y avena con la finalidad de establecer su calidad nutricional.
- Realizar balance de materia y energía a nivel experimental al proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena con la finalidad de conocer el rendimiento del proceso.

#### **1.4 Objeto de estudio**

El objeto de estudio es la aplicación de la tecnología de cereales para elaborar galletas dulces, para el departamento de Tarija.

#### **1.5 Campo de acción**

Para realizar el siguiente trabajo de investigación propuesto, se delimitó los siguientes campos de acción:

- **Espacial**

El campo espacial donde se realizó el presente trabajo de investigación fue en la Ciudad de Tarija

- **Temporal**

El campo temporal en que se desarrolló el presente trabajo de investigación en las gestiones 2023-2024

- **Institución**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

## **1.6 Planteamiento del problema**

En el departamento de Tarija en el mercado local de la provincia Cercado existe variedades de galletas, pero no hay galletas que sean enriquecidas con harina de algarrobo y avena por lo tanto se desea aprovechar estas harinas que son ricas en calcio, hierro, fibra, proteína, etc. Así mismo, permitirá aprovechar harinas de origen vegetal que puede ayudar a mejorar la dieta alimentaria.

La aplicación de tecnología de cereales permite de alguna manera incorporar mezclas de harinas con el fin de mejorar la dosificación en la elaboración de un producto nutritivo; como las galletas dulces enriquecidas con harina de algarrobo y avena que pueden ser introducido al mercado local ya que no hay ninguna empresa que se dedique a elaborar galletas con esta formulación.

## **1.7 Formulación de problema**

¿Cuál será el proceso de tecnología de cereales a ser aplicado en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena; con el fin obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija?

## **1.8 Hipótesis**

El proceso de tecnología de cereales a ser aplicado para la elaboración de galletas con harina de algarrobo y avena permitirá obtener un producto de calidad para la provincia Cercado de Tarija.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEORICO**

## **2.1 Origen de la galleta dulce**

Según (Heinrich, 2007), los egipcios se dedicaron en mayor medida al cultivo de trigo ya que la cebada fermentaba mal. Se puede decir que el pueblo egipcio consolidó las técnicas de panificación y creó los primeros hornos para cocer el pan, en este sentido en el año 4000 A.C. fue desenterrado un horno en las excavaciones próximas a Babilonia.

Según (Cajamarca & Criollo, 2012), el término galleta se tomó de un alimento de Francia, la cual era una especie de crepe plana llamada "galette", esta se mojaba con leche o agua y así se comía.

## **2.2 Definición de la galleta dulce**

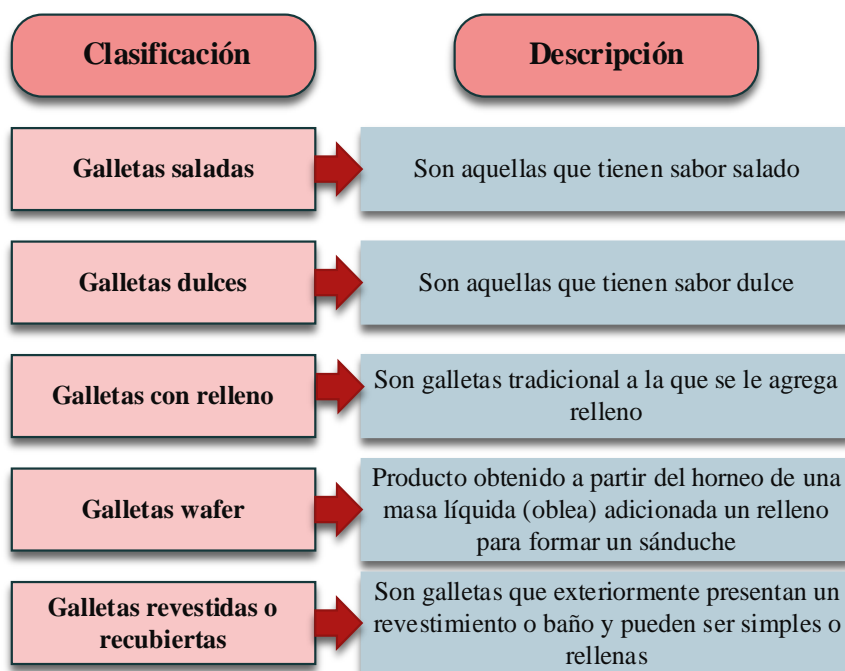
Según el (Codex Alimentarius, 1995), "Producto obtenido mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, ácida o semi ácida), de las figuras formadas del amasado de derivados del trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para el consumo humano".

Las galletas dulces son definidas como el producto obtenido de la mezcla de harina de trigo, azúcar, grasa vegetal hidrogenada o aceite vegetal refinado, huevo, mantequilla, sal y otros ingredientes, la cual es sometida al proceso de moldeado o troquelado y horneado (Hernández, 2014).

## **2.3 Clasificación de las galletas en general**

En la figura 2.1, se muestra la gran variedad de galletas: saladas o dulces, simples o rellenas, o con diferentes agregados como frutos secos, chocolate, mermeladas, etc. Se clasifican en los siguientes tipos.





**Fuente:** NTE INEN, 2005

**Figura 2.1:** Clasificación de las galletas en general

#### 2.4 Propiedades fisicoquímicas de las galletas en general

En la tabla 2.1, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la galleta común contiene principalmente cereales y estos son la base de nuestra alimentación por su alto contenido de hidratos de carbono.

**Tabla 2.1**

##### Propiedades fisicoquímicas de galletas en general

Parámetros	Unidades	Valor
Humedad	%	0,41
Ceniza	%	1,56
Proteína	%	8,15
Grasa	%	9,42
Fibra dietaría	%	9,07
Calorías	Kcal/100g	439,22

**Fuente:** Román, 2006

En general, las galletas están compuestas por harina, grasas, agua, azúcar y otros ingredientes como especias, aromas, condimentos o aditivos. La composición

nutricional varía según el tipo de galleta (dulce o salada) y la presencia de coberturas, rellenos o ingredientes adicionales (Marquina, 2013).

## **2.5 Valor nutricional de las galletas dulces**

El consumo de galletas dulces forma parte de una dieta equilibrada, gracias al aporte energético de sus macronutrientes y vitaminas, minerales. La ventaja de las galletas dulces es que su aporte energético es fácilmente modulable. Ello permite elegir la cantidad que se toma en cada momento. Por eso son ideales solas o combinadas con alimentos: leche, yogures, frutas, zumos, confituras o chocolate (Padilla, 2005).

## **2.6 Aplicación de la galleta en el ser humano**

Son utilizados como snack o merienda para niños, adultos y persona mayores. Comúnmente se las consume en cualquier momento del día, cuando se tiene hambre en el desayuno, cena, después de salidas. También son utilizadas en las recetas para la elaboración de postres (García, 2013)

### **2.6.1.1 Materias primas en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena**

Las materias primas utilizadas para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, se detallan a continuación:

#### **2.6.2 Harina de algarrobo**

La harina de algarrobo, que más se ha caracterizado es la del algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*) que actualmente se emplea para la alimentación animal, bien directamente o como un componente de los piensos compuestos, aunque también se utiliza en alimentación humana después de una serie de tratamientos como deshidratación, tostado del producto y molienda fina, con los que se obtiene un producto de aspecto y sabor similar al polvo de cacao (Tamayo, 2008).

La harina de algarrobo es soluble en líquidos, por lo cual puede mezclarse rápidamente con agua o leche, puede tomar el lugar del chocolate en la preparación de tortas, postres y galletas. Aunque la harina de algarrobo tiene un sabor dulce su aroma es fuerte por lo que no conviene abusar de ella (González, 2017).

### 2.6.2.1 Composición fisicoquímica de la harina de algarrobo

En la tabla 2.2, se muestra la composición fisicoquímica que proporciona la harina de algarrobo.

**Tabla 2.2**

#### *Composición fisicoquímica de la harina de algarrobo*

Componentes	Unidad	valor
Proteína	%	11,08
Ceniza	%	10,55
Grasa	%	3.06
Materia seca	%	99,99
Fibra	%	30,01

**Fuente:** AGROLAB, 2016

### 2.6.2.2 Valor nutricional de la harina de algarrobo

El porcentaje en grasa de la harina de algarroba es bajo. Contiene fibra importante para el sistema digestivo. Esta clase de fibra regula la función intestinal y puede lograr reducir los niveles de colesterol (Vijande, 2019).

El consumo de la harina de algarrobo muestra actividad anti proliferativa y apoptótica contra las células cancerosas, se utiliza como antidiarreico, tiene efectos anti-hiperlipidemia y antidiabéticos gracias a sus altos antioxidantes, polifenoles y presencia de fibras. En la actualidad muchas empresas usan la harina de algarrobo en sus productos dietéticos, además la harina no contiene gluten (Kokkinofta & Papaefstathiou, 2018). En la tabla 2.3, se muestra propiedades nutricionales de la harina de algarrobo.

Tabla 2.3

*Valor nutritivo de la harina de algarrobo*

Componentes	Descripción
<b>Azúcar</b>	40 – 50% de azúcares naturales (fructuosa, glucosa, maltosa y sacarosa). Esto evita la adición de azúcar en la preparación del producto terminado.
<b>Minerales</b>	Posee hierro (más que el hígado vacuno), calcio (más que la leche), magnesio, zinc, silicio, manganeso y cobre, destacándose por su gran contenido de potasio y bajo contenido de sodio.
<b>Proteínas</b>	Contiene un 11%, siendo muy rica en triptófano.
<b>Vitaminas</b>	Presencia de A, B1, B2, B3 C y D.
<b>Grasa</b>	Posee 2% de grasa.
<b>Gluten</b>	No posee gluten (apto para celíacos)

Fuente: Ortega, 2013

### 2.6.3 Harina de avena

Se considera harina de avena, al producto resultante de la molienda del grano de avena; maduro, limpio, entero y seco de la especie *Avena sativa*; y que además está libre de sus envolturas celulósicas, ayuda a visualizar los productos derivados de la avena. Hay dos tipos de harina de avena, la harina obtenida de escamas cruda y la harina de hojuelas precocida (FAO, 2008).

#### 2.6.3.1 Composición fisicoquímica de la harina de avena

En la tabla 2.4, se muestra la composición fisicoquímica de la harina de avena.

Tabla 2.4

*Composición fisicoquímica de la harina de avena*

Componentes	Cantidades	valor
Proteína	%	6.40
Ceniza	%	1.20
Fibra	%	4.03
Humedad	%	3.50
Almidón total	%	67.20

Fuente: Flores, 2013

### 2.6.3.2 Valor nutricional de la harina de avena

En la tabla 2.5, se detalla el valor nutricional que proporciona la harina de avena.

**Tabla 2.5**

#### *Valor nutricional de la harina de avena*

Componentes	Unidad	valor
Vitamina	mg	1.349
Calcio	mg	54
Magnesio	mg	177
Fosforo	mg	523
potasio	mg	429

**Fuente:** La revista, 2020

### 2.6.4 Harina de trigo

La harina de trigo es considerada un producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (Romo & Leroux, 2015). Dentro de la industria alimenticia esta harina es aplicada para la elaboración de fideos y pastas, pan y productos de pastelería, obleas, galletas dulces y saladas, alimentos balanceados, también es utilizada en productos no alimenticios como en la producción de 6 bioplásticos, biomateriales y pegamentos (Chaquilla et al.,2017)

#### 2.6.4.1 Composición fisicoquímica de la harina de trigo

En la tabla 2.6, se muestra la composición fisicoquímica de la harina de trigo.

**Tabla 2.6**

#### *Composición fisicoquímica de la harina de trigo*

Componentes	Cantidades	valor
Humedad	%	10,0
Almidón	%	70,0
Proteína	%	8,0
Fibra	%	1,5
Grasa	%	1,5
Azucares	%	1,0
Ceniza	%	0,5

**Fuente:** León, 2019

#### 2.6.4.2 Valor nutricional de la harina de trigo

En la tabla 2.7, se detalla el valor nutricional que proporciona la harina de trigo.

**Tabla 2.7**

##### *Valor nutricional de la harina de trigo*

Componentes	Unidad	valor
Calcio	mg/100 g	24-54
Magnesio	mg/100 g	390-640
Fosforo	mg/100 g	900-1500
Potasio	mg/100 g	1182-1900
Hierro	mg/100 g	2.5-19
Zinc	mg/100 g	20.5-14
Manganeso	mg/100 g	4-14
Sodio	mg/100 g	2-41

**Fuente:** Curti et al., 2013

### 2.7 Caracterización de los insumos utilizados en la elaboración de galletas dulces de harina de algarrobo y avena

Los insumos alimenticios necesarios para la elaboración de galleta dulces de harina algarrobo y avena, se detallan a continuación:

#### 2.7.1 Azúcar blanca refinada

Según el (Codex alimentarius, 1999), se entiende por azúcar blanca, dextrosa anhidra, dextrosa mono hidrato y fructosa: El azúcar blanca es sacarosa purificada y cristalizada (sucrosa). La principal función del azúcar en las galletas es proporcionar el sabor y dulzor a la masa, coloración del producto, produce una textura más suave, también le confiere la dureza en el momento de enfriado, influye sobre su gluten, ablandándolo y haciéndolo más extensible la masa de galleta. (Martz, 2015).

### **2.7.2 Margarina vegetal**

Según (Bailey, 1984), Es un producto alimenticio que se obtiene exclusivamente de la leche o nata o de ambas con sal común y con o sin materia colorante adicional. Debe contener no menos del 80% de grasa de leche.

La margarina tiene la función de ablandar y humedecer la masa de la galleta que se forma por la mezcla del agua con la harina y azúcar. Cuando la masa se cuece en el horno, la grasa se derrite y libera las partículas de aire que transporta en su interior, constituyendo así al esponjamiento, textura y sabor del producto (Cánovas, 1998).

### **2.7.3 Polvo de hornear**

Proporciona un sistema completo de fermentación en un solo producto. Está compuesto por bicarbonato de sodio, uno o más ácidos de levadura y un diluyente, típicamente almidón o carbonato de calcio. La mezcla de almidón u otros componentes inertes con componentes reactivos individuales tiende a mantener la separación de los componentes reactivos para prevenir una reacción prematura durante el almacenamiento (Brodie & Godber, 2007).

Su principal función en la masa de galletas es ampliar las burbujas creadas en la grasa durante el amasado con el azúcar hace que la masa aumente su volumen, evitando el apelmazamiento y darle la esponjosidad y el sabor a la masa. Existe dos tipos de polvo de hornear de acción única y acción doble. El polvo de hornear de acción única requiere solo humedad para liberar gases y el polvo de hornear de acción doble reacciona con la humedad y el calor del horno esto permite que se pueda mezclar con antelación y hornear después si es necesario (Yáñez, 1998).

### **2.7.4 Almidón de maíz (maicena)**

El almidón de maíz, consiste en un polvo blanco y sedoso, que se consigue con el molino muy fino del tejido interno del maíz seco (endospermo). El almidón de maíz es doblemente espesante que la harina de maíz. Al calentarse el almidón sus cadenas

moleculares se desenredan y se ligan con otras cadenas, provocando el espesamiento de la receta en cuestión (Lozada,2013)

En la industria de alimentos el almidón, tiene un papel importante en la textura de varios preparados al aportar palatabilidad y aceptabilidad. Actúa como protector contra la humedad, de diversos productos en polvo como azúcares pues los almidones adsorben humedad sin apelmazarse. En la mezcla con harinas cumple la función de bajar el contenido de proteínas y da la fuerza del gluten en panaderías. En la fabricación de galletas tiene la función de aumentar su propiedad de extenderse y crujir, además de ablandar la textura y aumentar el sabor (Sánchez, 2016)

### **2.7.5 Huevo de gallina**

El huevo es de mayor importancia en la fabricación de productos de panadería y repostería que tiene la capacidad de actuar como emulsificantes y propiedades espesantes y de unión de los ingredientes (Solano, 2009. Pág. 26).

Los huevos son agentes de crecimiento y aumentan el volumen de la masa, suavizando y mejorando el valor nutritivo dando sabor y color a las galletas; la yema (lecitina) proporciona sabor y suavidad, además ayuda a retener el líquido y la clara (albumina) esponja y dan volumen a las galletas (Padilla, 2001).

## **2.8 Proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de galletas en general**

Las operaciones tecnológicas de transformación de harinas, para la elaboración de galletas en general fueron: operación de amasado, laminado y horneado:

### **2.8.1 Amasado**

El amasado de la masa consiste en mezclar bien ciertos ingredientes (harina, almidón, azúcar, mantequilla, leche, entre otros), para conseguir una distribución apropiada de los ingredientes, aumentar la absorción del agua por parte de la masa en condiciones adecuadas, como resultado obtendremos una masa homogénea, lisa y flexible. El tiempo



de amasado determina ciertas propiedades de la masa como ser el sabor y la textura de la masa (Fernández, 2017).

### **2.8.2 Laminado**

La masa proveniente pasa aun laminador industrial o semi industrial que la convierte en una lámina fina, más fácil de manejar con la finalidad que el producto final mantenga su forma y uniformidad (Fernández, 2017).

### **2.8.3 Horneado**

El horneado es una instancia clave para los productos de panadería, durante la cual la masa inicial es transformada en un material sólido poroso y a su vez, se desarrollan los sabores y aromas característicos de los productos. En consecuencia, el proceso debe ser cuidadosamente controlado (Fernández, 2017).

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.1 Desarrollo de la parte experimental**

La parte experimental del presente trabajo de investigación "galletas dulces con harina de algarrobo y avena", se realizará en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), y Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); pertenecientes a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### **3.2 Tipos de intervención experimental**

El presente trabajo de investigación considera metodología para la elaboración de galletas con harina de algarrobo y avena, utilizando una metodología experimental de laboratorio con el fin de desarrollar un producto en base de los siguientes métodos y análisis:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico de harina de algarrobo, avena instantánea y trigo 0000.
- Análisis de diseño factorial  $2^3$  en la etapa de dosificación de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.
- Análisis de diseño factorial  $2^2$  en la etapa de horneado de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.
- Análisis fisicoquímico y microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.
- Operacionalización de las variables en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

### **3.3 Investigación experimental**

Según (Valdes & Tena, 2007), la investigación experimental es un enfoque científico de la investigación, en el que se manipulan una o varias variables independientes y se aplican a una o varias variables dependientes para medir su efecto sobre estas últimas (pág. 15). El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir

determinadas variables de estudio manipuladas por el para controlar el aumento o la disminución de esas variables y sus efectos en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas (Rodríguez, 2005).

### **3.4 Paradigma positivista**

Según Ricoy (2006), el “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Por tanto, el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica. Según (Quesada, 2007. Pág. 35), Desde el punto de vista positivista la realidad se presenta como simple, tangible, convergente, y fragmentable. Esta concepción la legitimidad de estudiar la realidad en sus manifestaciones externas, con la posibilidad de observar y medir sus elementos.

### **3.5 Enfoque de investigación**

Según (Cuenya & Ruetti, 2010), afirma: “Actualmente la investigación cuantitativa suele ser de mayor aplicación, esto en razón de su alto alcance explicativo y predictivo, así como su rigurosa postura para tener presente el error propio de toda inferencia” (pág. 12). La investigación de tipo cuantitativo utiliza la recopilación de información para poner a prueba o comprobar las hipótesis mediante el uso de estrategias estadísticas basadas en la medición numérica, lo cual permitiría al investigador proponer patrones de comportamiento y probar los diversos fundamentos teóricos que explicarían dichos patrones (Hernández et al., 2010).

### **3.6 Métodos técnicas e instrumentos**

Métodos y técnicas de investigación son fundamentales e indispensables para el desarrollo de un estudio de cualquier cualidad. Los métodos indican el camino que se seguirá y son flexibles, mientras que las técnicas muestran cómo se recorrerá ese

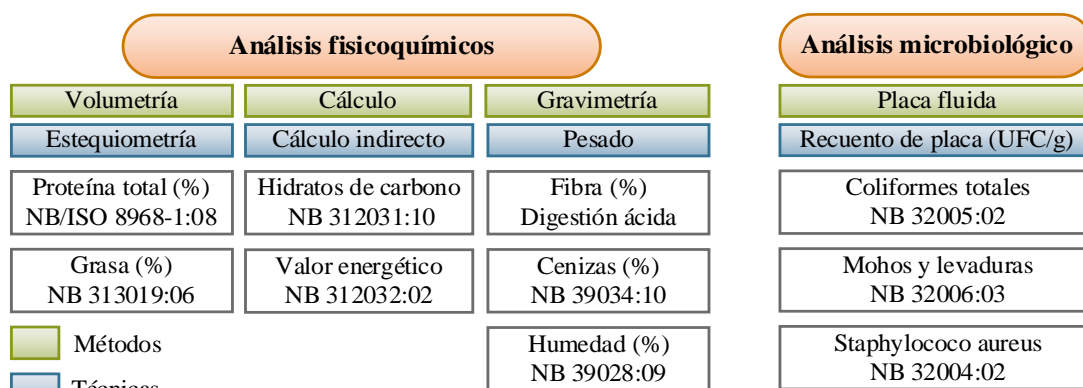
camino y son rígidas (Ramos, 2009). El método, al plantear que se realizan acciones se vincula a la técnica, entendida como el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer relación con el objeto o sujeto de la investigación, es decir las normas y criterios que rigen la producción, manipulación y control de los hechos; así, pueden señalarse como ejemplo, las técnicas de muestreo, técnicas estadísticas, etc. (Kuprian, 1978).

### 3.7 Análisis fisicoquímicos y análisis microbiológicos de la harina de algarrobo, avena instantánea, trigo 0000 y galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Las técnicas y métodos que se realizaron en el CEANID para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de algarrobo, harina de avena instantánea y galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

#### 3.7.1 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de algarrobo

Las técnicas y métodos que se utilizaron para el control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de algarrobo, se detallan en la figura 3.1

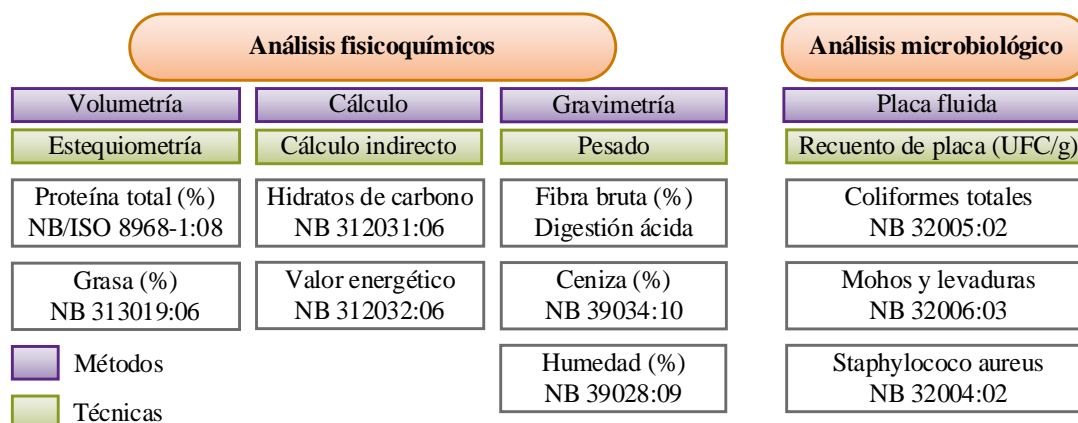


Fuente:(CEANID,2023)

**Figura 3.1:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de algarrobo

### 3.7.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de avena instantánea

Las técnicas y métodos que se utilizaron para el control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de avena instantánea, se detallan en la figura 3.2:

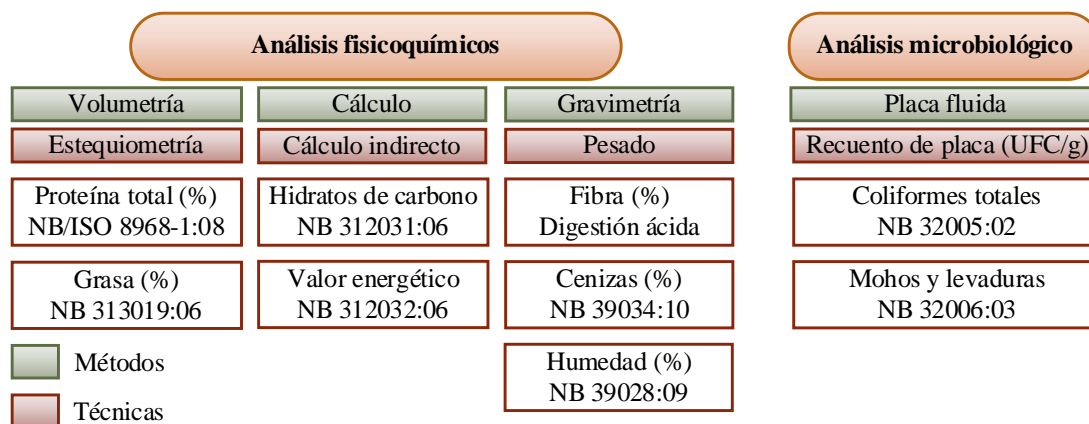


Fuente: (CEANID, 2023)

**Figura 3.2:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de avena instantánea

### 3.7.3 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de trigo 0000

Las técnicas y métodos que se utilizaron para el control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo 0000, se detallan en la figura 3.3:



Fuente: (CEANID, 2024)

**Figura 3.3:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de la harina de trigo 0000

### 3.7.4 Análisis fisicoquímico y microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Las técnicas y métodos que se utilizaron para el control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, se detallan en la figura 3.4:

Análisis fisicoquímicos			Análisis microbiológico
Volumetría	Cálculo	Gravimetría	Placa fluida
Estequiometría	Cálculo indirecto	Pesado	Recuento de placa (UFC/g)
Proteína total (%) NB/ISO 8968-1:08	Hidratos de carbono NB 312031:06	Fibra (%) NB 39034:10	Coliformes totales NB 32005:02
Grasa (%) NB 313019:06	Valor energético NB 312032:06	Ceniza (%) NB 39034:10	Mohos y levaduras NB 32006:03
		Humedad (%) NB 39028:09	Staphylococcus aureus NB 32004:02

Métodos  
 Técnicas

**Fuente:** (CEANID, 2023)

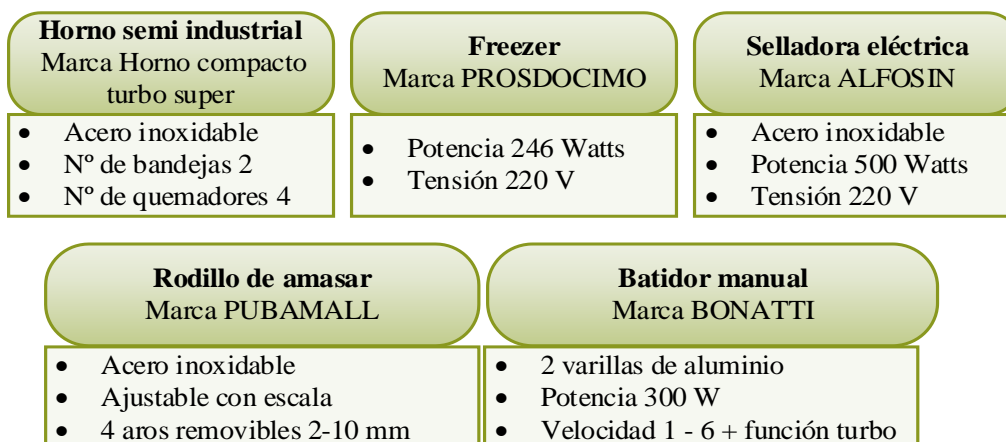
**Figura 3.4:** Análisis fisicoquímico y microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena instantánea

### 3.8 Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se utilizaron equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina, los cuales se describen a continuación:

#### 3.8.1 Equipos en el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena instantánea

En la figura 3.5, se muestra los equipos que se utilizaron en el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

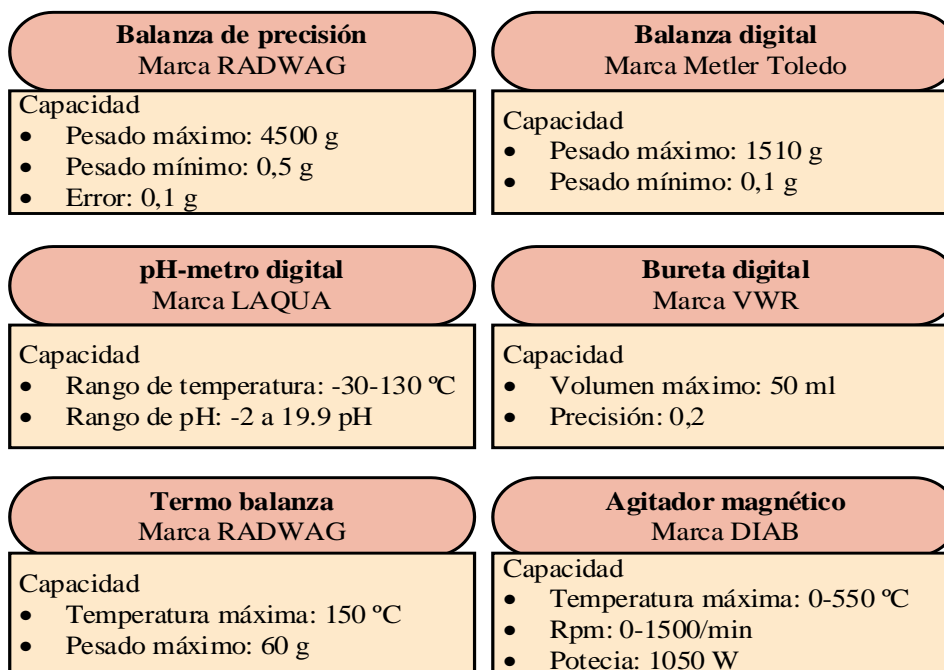


Fuente: LTA, 2023

**Figura 3.5:** Equipos en el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

### 3.8.2 Instrumentos de laboratorio utilizados en la elaboración de galletas dulces de harina de algarrobo y avena instantánea

En la figura 3.6, se detallan los instrumentos de laboratorio utilizados en el presente trabajo de análisis de las galletas dulces de harina de algarrobo y avena.



Fuente: LACIA, 2023

**Figura 3.6:** Instrumentos en el proceso de análisis de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.



### 3.8.3 Material de laboratorio utilizados en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Los materiales de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

- **Espátula:** tamaño mediano de metal.
- **Varilla:** tamaño mediano de acero inoxidable.
- **Mortero con mazo:** capacidad mediana de porcelana.
- **Vaso precipitado:** capacidad de 250 ml de vidrio.
- **Matraz Erlenmeyer:** capacidad de 250 ml de vidrio.
- **Matraz aforado:** capacidad de 250 ml de vidrio.
- **Probeta:** capacidad de 100 ml de vidrio.
- **Embudo:** capacidad mediana de vidrio.
- **Pizeta:** tamaño mediano con agua destilada.

### 3.8.4 Utensilio de cocina utilizados en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

A continuación, se describen los utensilios que se utilizaron en el presente trabajo de investigación experimental para la obtención de galletas:

- **Fuentes:** medianos de acero inoxidable
- **Vasos:** capacidad de 120 ml de plástico
- **Cucharilla:** mediano de acero inoxidable
- **Cuchillo:** tamaño mediano de acero inoxidable.
- **Mesa:** grande de acero inoxidable
- **Jarra:** mediano de plástico
- **Envases:** pequeño de plástico
- **Molde circular:** mediano de acero inoxidable
- **Espátula:** mediano de plástico
- **Papel film:** mediano de plástico

- **Colador:** tamaño mediano de aluminio
- **Repasadores:** medianos de algodón

### 3.9 Materias primas, insumos alimentarios y reactivos químicos

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se utilizaron materias primas, insumos alimentarios y reactivos químicos, los cuales se describen a continuación:

#### 3.9.1 Materias primas utilizadas en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 3.7, se muestra las especificaciones de las materias primas utilizadas en la elaboración de galletas dulces de harina de algarrobo y avena.

Harina de algarrobo	Harina de trigo	Harina de avena
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca Granel frutos secos</li> <li>• Industria Boliviana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina 0000</li> <li>• Marca FLORENCIA</li> <li>• Industria Argentina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina instantánea</li> <li>• Marca Granel frutos secos</li> <li>• Industria Boliviana</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.7:** Materias primas utilizadas en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

#### 3.9.2 Reactivos químicos de laboratorio

En la figura 3.8, se detallan los reactivos químicos que se utilizaron para determinar humedad, acidez y pH en la elaboración de galletas dulces.

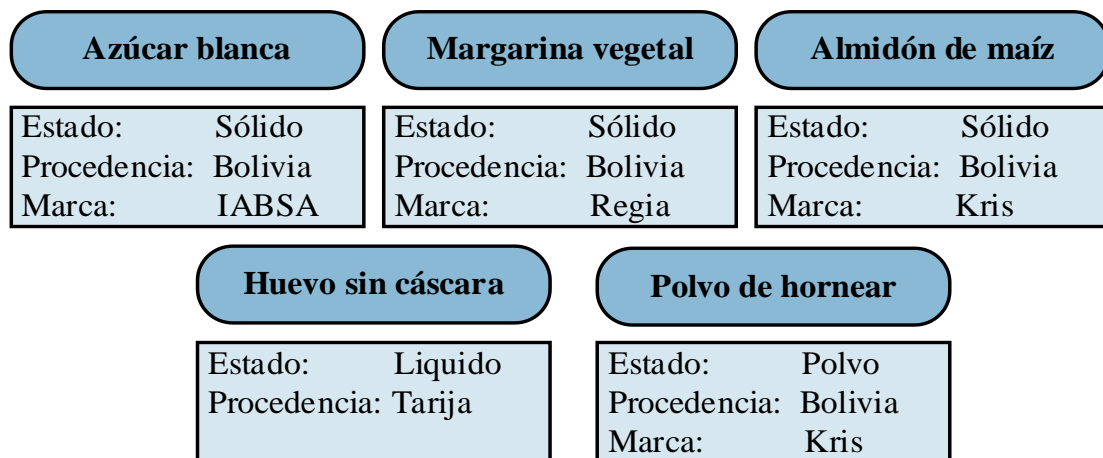
Hidróxido de sodio	Fenofaleina
Concentración: 0,1 N Procedencia: Bolivia Marca: Biopack	Concentración: 0,1 % Procedencia: Bolivia Marca: Biopack

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.8:** Reactivos químicos

### 3.9.3 Insumos alimenticios que se utilizaron en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 3.9, se muestran los Insumos alimenticios que se utilizaron en el presente trabajo de investigación experimental para la obtención de galletas dulces:

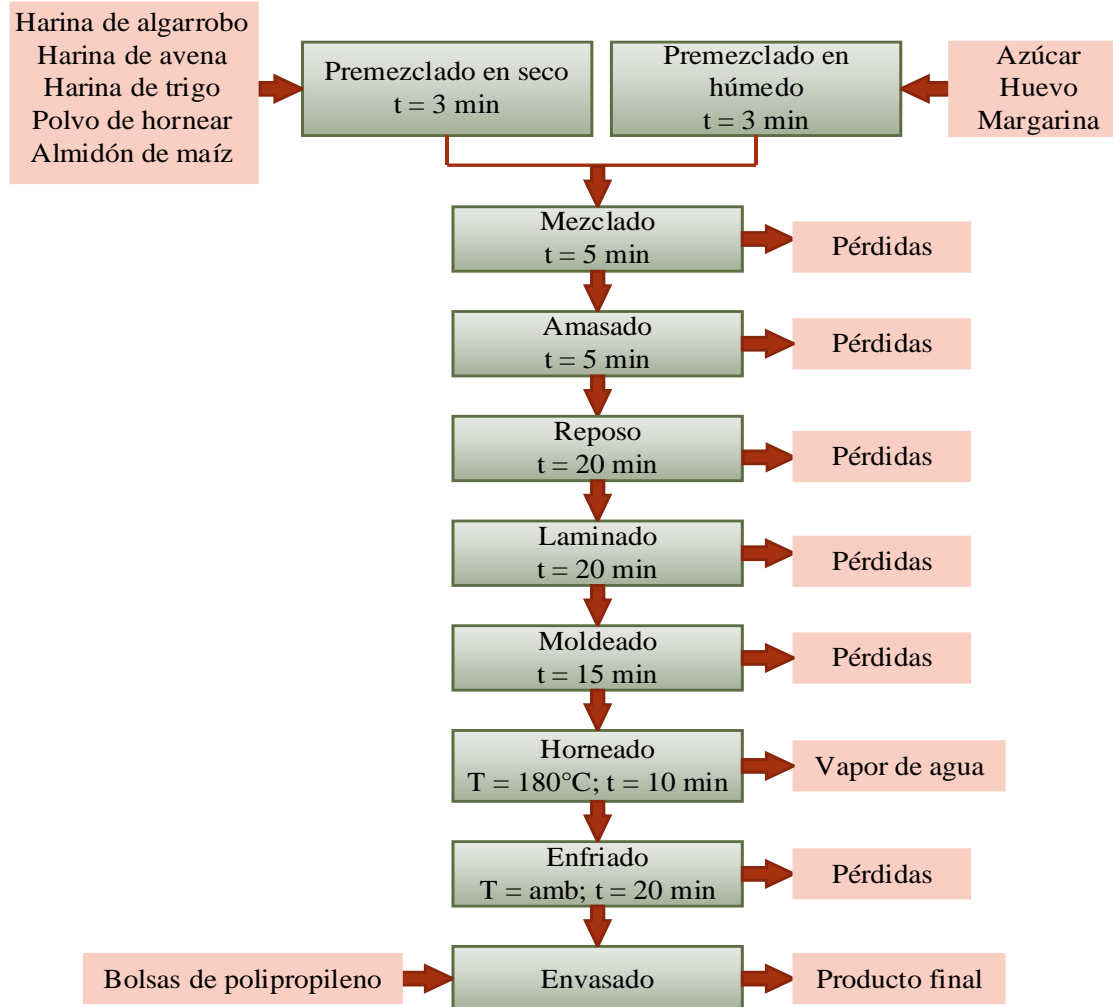


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.9:** Insumos en el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

### 3.10 Diagrama del proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 3.10, se muestra el diagrama del proceso para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.10:** Diagrama del proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

#### 3.10.1 Descripción del diagrama de proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

A continuación, se describen las etapas implicadas para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena:

### 3.10.1.1 Premezclado en seco

El premezclado de ingredientes en seco se realizó tamizando en un bol de acero inoxidable 6 % harina de algarrobo, 15 % harina de avena instantánea, 21 % harina de trigo, 9 % almidón de maíz y 0,8 % polvo de hornear a través de un colador de aluminio. Esto se realizó con el fin de eliminar grumos en la harina el proceso fue de tres minutos.



Fuente: Elaboración propia

*Figura 3.11:* Proceso de premezclado en seco

### 3.10.1.2 Premezclado en húmedo

El premezclado húmedo se mezcló con una batidora eléctrica manual con los siguientes ingredientes húmedos fueron; azúcar 10 %, huevo 9,2 %, margarina vegetal 29 %, con el fin de hacer emulsión a velocidad media de dos por un tiempo de tres minutos, para obtener el cremado se comenzó mezclando el azúcar con la margarina hasta formar una crema suave de a poco se va agregando el huevo hasta obtener una crema suave y homogénea.



Fuente: Elaboración propia

*Figura 3.12:* Proceso de premezclado en húmedo

### 3.10.1.3 Mezclado

Por último, se le añade el premezclado en seco para formar la masa. se agregó poco a poco se mezcló de forma manual por un tiempo de cinco minutos hasta homogenizar la masa.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.13:** Proceso de mezclado

### 3.10.1.4 Amasado

El amasado se realizó de forma manual envolvente presionando con el fin de obtener una masa suave, firme y homogénea, por tiempo de cinco minutos y evitando que se active el gluten que ocasiona una galleta dura.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.14:** Proceso de amasado

### 3.10.1.5 Reposo

Se cubre la masa con papel film en un bol de acero inoxidable y se lleva a reposo al freezer por un tiempo de 20 minutos a una temperatura de 8 a 10 °C para que adquiera una textura adecuada.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.15:** Proceso de reposo

### 3.10.1.6 Laminado

Una vez finalizado el reposo, se realiza el laminado de la masa en una mesa metálica con un rodillo de forma manual con espesor de 3 mm en papel film para evitar que se pegue en el rodillo y así obtener una masa laminada y uniforme.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.16:** Proceso de laminado

### 3.10.1.7 Moldeado

Obtenida la masa laminada se realiza el cortado de la masa con un molde circular de acero inoxidable con un diámetro de 5 cm y un espesor de 3 mm la cual es transportada en bandejas de aluminio.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.17:** Proceso de moldeado

### 3.10.1.8 Horneado

El horneado de la masa se realizó en un horno semi industrial, se procedió a calentar el horno de (10 a 15) minutos para obtener una temperatura interna de 180°C con la ayuda del termómetro de mercurio introducida en la parte posterior del horno. Luego se introdujo la bandeja con la masa cruda de galletas al horno precalentado; para realizar la cocción que dura 10 minutos, manteniendo una temperatura constante de 180°.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.18:** Proceso de horneado



### 3.10.1.9 Enfriamiento

Inmediatamente, se realizó el enfriado a temperatura ambiente de 25 °C por un tiempo de 20 minutos de las galletas ya cocidas, retirando la bandeja del horno.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.19:** Proceso de enfriamiento

### 3.10.1.10 Envasado

El envasado se realizó en bolsas de polipropileno de alta densidad (20x13) cm con el fin de proteger al producto final del medio que le rodea y conservar su calidad inicial del producto, evitando que adquiera humedad u olores extraños del ambiente, cerrando el envase con la ayuda de una maquina selladora manual.



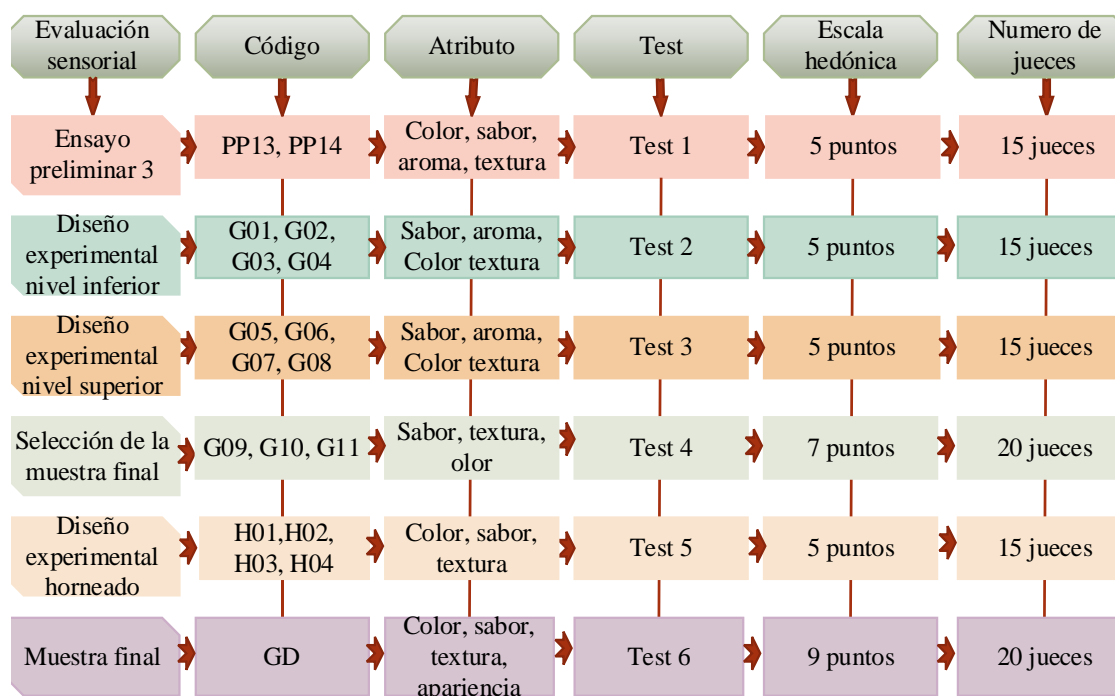
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.20:** Proceso de envasado

### 3.11 Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una actividad que la persona realiza desde la infancia y que de manera consciente o inconscientemente los lleva a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones, experimentadas al observarlos o ingerirlos. Esta puede definirse como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. Surge como la disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor (Lotufo, 2019).

En la figura 3.21, se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo de investigación para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, con el objetivo de caracterizar las propiedades organolépticas.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.21:** Evaluaciones sensoriales de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

### 3.12 Diseño experimental

Según (Montgomery, 2004), un diseño experimental es una serie de pruebas en las que se realizan cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

El diseño experimental describe las fases de identificación de factores que afectan a los resultados de un experimento. Se entiende que nos referimos a factores conocidos y controlables, minimizar el efecto de factores desconocidos o incontrolados y el análisis estadístico para separar los efectos de cada factor y describir el de otros no conocidos, obteniendo así la máxima cantidad de información (Serrano, 2003).

#### 3.12.1 Diseño factorial $2^k$

El diseño factorial  $2^k$  es un diseño de  $k$  factores, cada uno con 2 niveles y consta de  $2^k$  combinaciones. Geométricamente el diseño es un cubo, cuyas esquinas son las  $2^k$  combinaciones. Este diseño permite estimar los  $k$  efectos principales (A, B y C), las  $k(k-1)/2$  interacciones de dos factores (AB, AC, BC) y la interacción de los tres factores (ABC) (Gonzales, 2015).

El diseño factorial aplicado en la parte experimental del presente trabajo de investigación se muestra en la Ecuación 3.1

$$2^k \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

**Donde**

$2$  = número de niveles

$k$  = número de variable

Según (Gutiérrez y De la Vera, 2018), un modelo de regresión permite expresar los resultados de una variable respuesta en función de las variables independientes de forma matemática. En la ecuación 3.2, se describe el modelo de regresión a ser aplicado:

$$Y = \beta_0 + \beta_A X_A + \beta_B X_B + \beta_C X_C - \beta_{AB} X_A X_B - \beta_{AC} X_A X_C - \beta_{BC} X_B X_C + \beta_{ABC} X_A X_B X_C$$

**(Ecuación 3.2)**

Donde:

$\beta$  = Coeficiente de regresión

$X_A X_B X_C$  = Valor codificado del factor de diseño

### **3.12.1.1 Diseño factorial $2^3$ en la etapa de dosificación de galletas dulces con harina de algarrobo y avena**

El diseño experimental en la etapa de dosificación para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, se aplicó de acuerdo a la ecuación 3.3:

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ corridas/pruebas}$$

**(Ecuación 3.3)**

Para tal efecto, las variables propuestas y sus niveles de variación son los siguientes:

Harina de algarrobo **A** = 2 niveles

Almidón de maíz **B** = 2 niveles

Margarina vegetal **C** = 2 niveles

En la tabla 3.1, se muestra la matriz del diseño experimental que será aplicado en el proceso de tecnología de cereales para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, conformada por tres variables: Harina de algarrobo (A), Almidón de maíz (B), Margarina vegetal (C).

Tabla 3.1

*Matriz del diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación de galletas dulces con harina de algarrobo y avena*

Combinaciones de tratamientos	Variables			Interacciones				Variable respuesta	
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y <sub>i1</sub>	Y <sub>i2</sub>
(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
a	+	-	-	-	-	+	+	Y <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>
b	-	+	-	-	+	-	+	Y <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
ab	+	+	-	+	-	-	-	Y <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
c	-	-	+	+	-	-	+	Y <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>
ac	+	-	+	-	+	-	-	Y <sub>6</sub>	Y <sub>6</sub>
bc	-	+	+	-	-	+	-	Y <sub>7</sub>	Y <sub>7</sub>
abc	+	+	+	+	+	+	+	Y <sub>8</sub>	Y <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia

Donde

Y<sub>i</sub> = Contenido de humedad (%) en las muestras de galletas dulces

Y<sub>i</sub> = porcentaje de acidez de galletas dulces (%)

Y<sub>i</sub> = pH de galletas dulces (%)

En la tabla 3.2, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel alto y nivel bajo) a ser aplicado en la etapa de dosificación; conformado por tres variables: Harina de algarrobo (A), Almidón de maíz (B), Margarina vegetal (C).

Tabla 3.2

*Nivel de variación de los factores en la etapa de dosificación (masa)*

Variables	Unidad	Nivel alto	Nivel bajo
Harina de algarrobo	%	8	6
Almidón de maíz	%	9	7
Margarina vegetal	%	29	27

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.12.1.2 Diseño factorial $2^2$ en la etapa de horneado de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

El diseño consta del siguiente modelo  $2^2$ , compuesto por dos factores, con dos niveles de variación y cuatro combinaciones como se muestra en la Ecuación 3.4

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ corridas/pruebas} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

En la tabla 3.3, se muestra la disposición matricial de las variables que se utilizó en la etapa de horneado de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

**Tabla 3.3**

#### *Disposición matricial de variables en la etapa de horneado*

Combinación De tratamientos	Variables		Interacciones	Variable respuesta	
	A	B	A*B	$Y_{i1}$	$Y_{i2}$
(1)	-	-	+	$Y_1$	$Y_1$
A	+	-	-	$Y_2$	$Y_2$
B	-	+	-	$Y_3$	$Y_3$
AB	+	+	+	$Y_4$	$Y_4$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$Y_i$  = Contenido de humedad (%) en las muestras de galletas dulces

Para el proceso de horneado, se tomó en cuenta los factores de variación de temperatura y tiempo de horneado cada uno con dos niveles. En la tabla 3.4, se detallan los niveles de variación utilizados en el proceso de horneado de galletas.

**Tabla 3.4**

#### *Nivel de variación de los factores en la etapa de horneado*

Variables de horneado	Nivel alto	Nivel bajo
Temperatura (A)	180 °C	160 °C
Tiempo (B)	14 min	10 min

Fuente: Elaboración propia

### 3.13 Operacionalización de variables para la elaboración de galletas dulces

En la tabla 3.5, se muestra la operacionalización de las variables dependiente del presente trabajo experimental en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

**Tabla 3.5**

***Operacionalización de variables para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena***

Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores		
El proceso de tecnología de cereales a ser aplicado para la elaboración de galletas dulces con harina de algarroba y avena permitirá obtener producto de calidad para la población Cercado de Tarija	Variable independiente	Proceso de tecnología de cereales	El proceso industrial de galletas no es muy diferente de la casera, solo con algunas excepciones. La elaboración. se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado (Bardón, 2010).	Dosificación de ingredientes	%	
				Control de tiempo de horneado	Min	
				Control de temperatura de horneado	°C	
	Variable dependiente	Elaboración de galletas dulces con harina de algarroba y avena	Producto obtenido mediante el horneado apropiado de una masa (liquida, ácida o semi ácida), de las figuras formadas del amasado de derivados del trigo u otras (Codex Alimentarius, 1995. Pág 33).	Cenizas	de	%
				Fibra		
				Grasa		
				Hidratos de carbono		
				Humedad	Valor energético	Kcal/100 g
				Proteína	pH	-
				Acidez	Hierro	mg/100 g
	Zinc					
	Coliformes totales	y	UFC/g (ml)			
	Mohos					
	levadura					
	Staphylococo aureus					

**Fuente:** Elaboración propia

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**



#### 4.1 Caracterización de la harina de algarrobo, avena instantánea y trigo 0000

En la caracterización de la harina de algarrobo, avena instantánea y trigo 0000, se tomaron en cuenta los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se detallan a continuación:

##### 4.1.1 Análisis fisicoquímico de la harina de algarrobo

En la tabla 4.1, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de algarrobo de datos extraídos (Anexo A).

**Tabla 4.1**

##### *Análisis fisicoquímico de la harina de algarrobo*

Parámetros	Unidades	Valor
Ceniza	%	3,40
Fibra	%	5,41
Grasa	%	1,53
Hierro	mg/100 g	3,1
Hidratos de carbono	%	79,60
Humedad	%	5,12
Proteína total (Nx6,25)	%	10,35
Valor energético	Kcal/100 g	373,57
Zinc	mg/100 g	2,6

**Fuente:** CEANID, 2023.

En la tabla 4.1, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de algarrobo que presenta: Ceniza 3,40 %, Fibra 5,41 %, Grasa 1,53 %, Hierro 3,1 mg/100 g, Hidratos de carbono 79,60 %, Humedad 5,12 %, Proteína total (Nx6,25) 10,35 %, Valor energético 373,57 Kcal/100 g y Zinc 2,6 mg/100 g.

##### 4.1.2 Análisis microbiológico de la harina de algarrobo

En la tabla 4.2, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de algarrobo de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.2

*Análisis microbiológico de la harina de algarrobo*

Microorganismos	Unidades	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	$8,0 \times 10^2$
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	$2,0 \times 10^2$
<i>Staphylococo aureus</i>	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)

Fuente: CEANID, 2023.

En la tabla 4.2, se puede observar los resultados del análisis microbiológico de la harina de algarrobo presenta: Coliformes totales  $8,0 \times 10^2$  UFC/g, Mohos y levaduras  $2,0 \times 10^2$  UFC/g y Staphylococo aureus  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde (\*): No se observa desarrollo de colonias.

**4.1.3 Análisis fisicoquímico de la harina de avena instantánea**

En la tabla 4.3, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de avena instantánea de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.3

*Análisis fisicoquímico de la harina de avena instantánea*

Parámetros	Unidades	Valor
Ceniza	%	1,73
Fibra	%	1,21
Grasa	%	2,90
Hierro	mg/100 g	4,8
Hidratos de carbono	%	81,69
Humedad	%	2,82
Proteína total (Nx6,25)	%	10,86
Valor energético	Kcal/100 g	396,30
Zinc	mg/100 g	2,6

Fuente: CEANID, 2023.

En la tabla 4.3, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de avena instantánea, presenta: Ceniza 1,73 %, Fibra 1,21 %, Grasa 2,90 %, Hierro 4,8 mg/100 g, Hidratos de carbono 81,69 %, Humedad 2,82 %, Proteína total (Nx6,25) 10,86 %, Valor energético 396,30 Kcal/100 g y Zinc 2,6 mg/100 g.

#### 4.1.4 Análisis microbiológico de la harina de avena instantánea

En la tabla 4.4, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de avena instantánea de datos extraídos (Anexo A).

**Tabla 4.4**

##### *Análisis microbiológico de la harina de avena instantánea*

Microorganismos	Unidades	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	$7,0 \times 10^2$
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	$9,0 \times 10^2$
<i>Staphylococo aureus</i>	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)

**Fuente:** CEANID, 2023.

En la tabla 4.4, se puede observar los resultados del análisis microbiológico harina de avena instantánea presenta: Coliformes totales  $7,0 \times 10^2$  UFC/g, Mohos y levaduras  $9,0 \times 10^2$  UFC/g y Staphylococo aureus  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde (\*): No se observa desarrollo de colonias.

#### 4.1.5 Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000

En la tabla 4.5, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000 de datos extraídos (Anexo A).

**Tabla 4.5**

##### *Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000*

Parámetros	Unidades	Valor
Ceniza	%	0,34
Fibra	%	n.d
Grasa	%	0,98
Hidratos de carbono	%	76,34
Humedad	%	12,01
Proteína total (Nx5,70)	%	10,30
Valor energético	Kcal/100 g	356

**Fuente:** CEANID, 2024.

En la tabla 4.5, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000 que presenta: Ceniza 0,34 %, Fibra n.d, Grasa 0,98 %, Hidratos de carbono

76,34 %, Humedad 12,01 %, Proteína total (Nx5,70) 10,30 % y Valor energético 356 Kcal/100g.

#### 4.1.6 Análisis microbiológico de la harina de trigo 0000

En la tabla 4.6, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de trigo 0000 de datos extraídos (Anexo A).

**Tabla 4.6**

##### *Análisis microbiológico de la harina de trigo 0000*

Microorganismos	Unidades	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)

Fuente: CEANID, 2024.

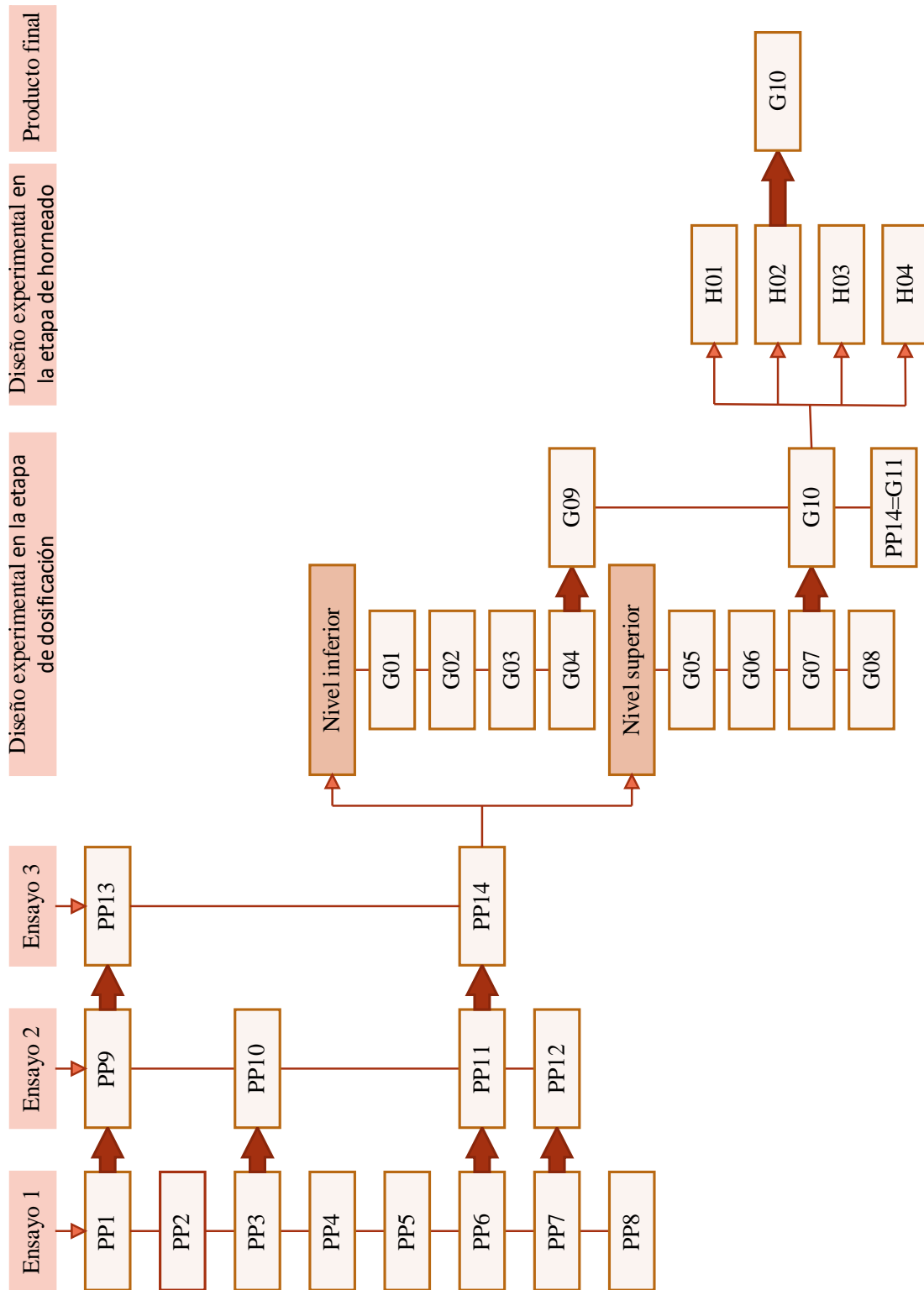
En la tabla 4.6, se puede observar los resultados del análisis microbiológico harina de trigo 0000 presenta: Coliformes totales <1,0 x 10<sup>1</sup> (\*) UFC/g y Mohos y levaduras <1,0 x 10<sup>1</sup> (\*) UFC/g. Donde (\*): No se observa desarrollo de colonias.

## 4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para la caracterización de las variables de proceso en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

### 4.2.1 Ensayos preliminares para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para desarrollar la parte experimental de elaboración de galletas dulces de harina de algarrobo y avena, se procedió a desarrollar distintos ensayos preliminares que se detalla en la figura 4.1, con el fin de obtener una metodología experimental para lo cual; se tomó en cuenta la dosificación base de galletas dulces (Ontiveros, 2021). Para tal efecto, se procedió a desarrollar diferentes pruebas como ser: ensayo 1 (adición del tipo de margarina); con la finalidad de tener una muestra ideal.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.1:** Ensayos preliminares, diseño experimental y producto final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

#### 4.2.2 Variación de la dosificación de harinas e insumos en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 1

En base a la dosificación (Ontiveros, 2021), se procedió a la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena (figura 4.1) para el ensayo 1; en donde se partieron de ocho muestras variando los porcentajes de harina de trigo, harina de algarrobo, harina de avena, almidón de maíz y materia grasa (margarina vegetal, mantequilla animal); como se detalla en la figura 4.2.

PP1	%	PP2	%	PP3	%	PP4	%
-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	25	-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	25
-Harina de algarrobo	3	-Harina de algarrobo	5	-Harina de algarrobo	3	-Harina de algarrobo	5
-Harina de avena	13	-Harina de avena	13	-Harina de avena	13	-Harina de avena	13
-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	12	-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	12
-Margarina vegetal	30	-Margarina vegetal	30	-Mantequilla animal	30	-Mantequilla animal	30
-Otros	15	-Otros	15	-Otros	15	-Otros	15

PP5	%	PP6	%	PP7	%	PP8	%
-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	25	-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	25
-Harina de algarrobo	6	-Harina de algarrobo	9	-Harina de algarrobo	6	-Harina de algarrobo	9
-Harina de avena	10	-Harina de avena	10	-Harina de avena	10	-Harina de avena	10
-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	10
-Margarina vegetal	26	-Margarina vegetal	26	-Mantequilla animal	26	-Mantequilla animal	26
-Otros	20	-Otros	20	-Otros	20	-Otros	20

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.2:** Variación de la dosificación en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 1

Las ocho muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena fueron evaluadas de manera subjetiva por el personal del Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, la valoración se muestra en la figura 4.3.

PP1	PP2	PP3	PP4
Textura crocante Sabor bajo Contenido de azúcar equilibrado	Textura poco blanda Sabor bajo Contenido de azúcar bajo	Textura crocante Sabor bajo Contenido de azúcar equilibrado	Textura grasosa Sabor bajo Contenido de azúcar bajo

PP5	PP6	PP7	PP8
Textura dura Sabor bajo Contenido de azúcar equilibrado	Textura crocante Sabor equilibrado Contenido de azúcar equilibrado	Textura dura Sabor equilibrado Contenido de azúcar equilibrado	Textura dura Sabor fuerte Contenido de azúcar equilibrado

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.3:** Valoración subjetiva en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 1

En la figura 4.3, se puede evidenciar la valoración subjetiva realizada a las muestras de galletas con harina de algarrobo y avena (PP1, PP3, PP6 y PP7) fueron la de mayor preferencia por presentar un mejor sabor, textura crujiente y textura blanda al masticar; en comparación a las muestras (PP2, PP4, PP5 y PP8) que presentaron un sabor menos dulce y no agradable, textura dura y grasosa.

#### 4.2.3 Variación de la dosificación de harinas e insumos en la elaboración de galletas dulces en el ensayo 2

Partiendo de las muestras PP1, PP3, PP6 y PP7, elegidas se detalla en la figura 4.3, se elaboraron cuatro muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena PP9, PP10, PP11 y PP12 (figura 4.4), se muestran la variación de la dosificación (harinas e insumos).

PP9	%	PP10	%	PP11	%	PP12	%
-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	29	-Harina de trigo	23	-Harina de trigo	29
-Harina de algarrobo	3	-Harina de algarrobo	3	-Harina de algarrobo	7	-Harina de algarrobo	6
-Harina de avena	13	-Harina de avena	13	-Harina de avena	14	-Harina de avena	10
-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	10	-Almidón de maíz	8	-Almidón de maíz	10
-Margarina vegetal	30	-Mantequilla animal	30	-Margarina vegetal	28	-Mantequilla animal	26
-Otros	15	-Otros	15	-Otros	20	-Otros	20

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.4:** Variación de la dosificación en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 2

Las cuatro muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena fueron evaluadas de manera subjetiva por el personal del Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, la valoración se muestra en la figura 4.5.

PP9	PP10	PP11	PP12
Textura crocante	Textura crocante	Textura crocante	Textura dura
Sabor bajo	Sabor bajo	Sabor equilibrado	Sabor equilibrado
Contenido de azúcar equilibrado	Contenido de azúcar equilibrado	Contenido de azúcar equilibrado	Contenido de azúcar equilibrado

**Fuente:** Elaboración propia.

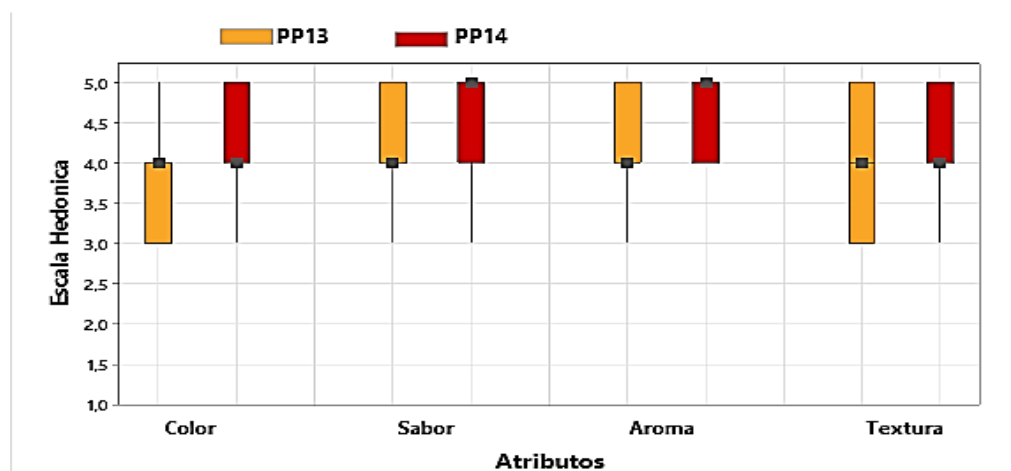
**Figura 4.5:** Valoración subjetiva en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 2

Como se observa en la figura 4.5, se puede evidenciar la valoración subjetiva realizada a las muestras de galletas de harina de algarrobo y avena (PP9, PP11) fueron la de mayor

preferencia por presentar un mejor sabor, textura crujiente y textura blanda al masticar y más dulces; en comparación a las muestras (PP10, PP12) que presentaron un sabor más saladas y no agradable, textura dura y grasosa.

#### 4.2.4 Estadístico de caja y bigote para variación de la dosificación de harinas e insumos en la elaboración de galletas dulces en el ensayo 3

En la figura 4.6, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para los atributos; color (tabla C.1.1), sabor (tabla C.2.1), aroma (tabla C.3.1) y textura (tabla C.4.1).



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.6:** Caja y bigote para variación de la dosificación en la elaboración de galletas dulces para el ensayo 3

Según la figura 4.6, se puede observar los resultados en función de las medianas para los atributos de las muestras evaluadas; color 4,0 (PP14); sabor 5,0 (PP14), 4,0 (PP13); aroma 5,0 (PP14), 4,0 (PP13); textura 4,0 (PP14). Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza no existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . de acuerdo a la evaluación sensorial realizada a las muestras de galletas con harina de algarrobo y avena, según la preferencia de los jueces indican que la muestra (PP14) presento un mejor sabor y textura.



### 4.3 Diseño factorial 2<sup>3</sup> en el proceso de dosificación de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En base a la formulación de la muestra ideal PP14, se procedió experimentalmente a realizar el diseño factorial 2<sup>3</sup> (tabla 3.1) en la etapa de dosificación para elaborar galletas dulces con harina de algarrobo y avena en el cual se tomó como variables respuestas; pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad.

#### 4.3.1 Variable respuesta pH en la etapa de dosificación de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de harina de algarrobo (A), almidón de maíz (B), margarina vegetal (C) y como variable respuesta el pH de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena, para lo cual se utilizó la metodología que se muestra en el (Anexo D.1).

En base al diseño experimental aplicado en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta pH, (tabla 4.7). En el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows, los resultados obtenidos (Anexo E.1) del (Anexo E) se detallan a continuación:

**Tabla 4.7**

#### *Análisis de variación en función de la variable respuesta pH*

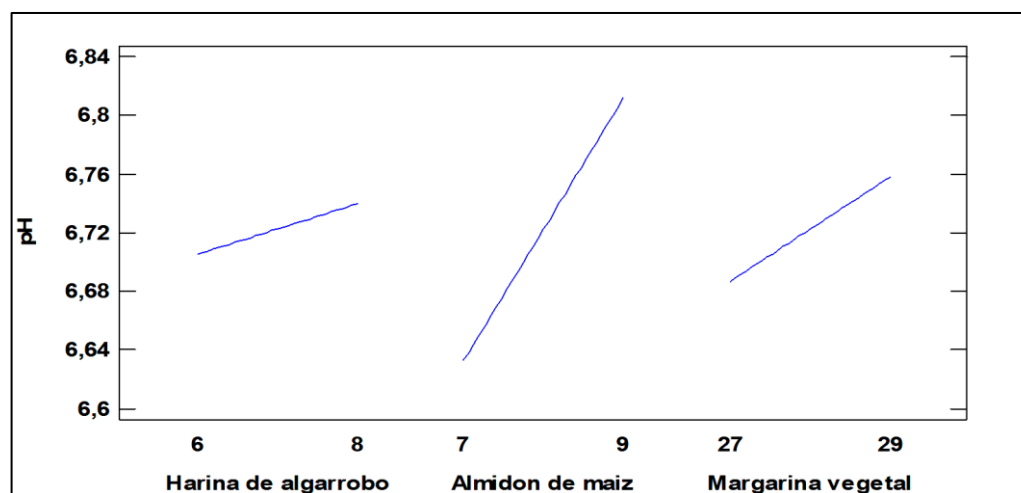
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados	Grados de libertad Gl	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A: Harina de algarrobo	0,004761	1	0,004761	0,03	0,8596
<b>B: Almidón de maíz</b>	<b>0,128881</b>	<b>1</b>	<b>0,128881</b>	<b>0,90</b>	<b>0,3697*</b>
C: Margarina vegetal	0,0203062	1	0,0203062	0,14	0,7158
<b>AB</b>	<b>0,108241</b>	<b>1</b>	<b>0,108241</b>	<b>0,76</b>	<b>0,4091*</b>
AC	0,0273903	1	0,0273903	0,19	0,6729
BC	0,0647703	1	0,0647703	0,45	0,5194
<b>ABC</b>	<b>0,16851</b>	<b>1</b>	<b>0,16851</b>	<b>1,18</b>	<b>0,3088*</b>
Error total	1,14139	8	0,142674		
Total	1,66425	15			

Fuente: Elaboración propia.

(\*) significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.7), se observa que; para los factores A, C en la interacción AC, BC, no existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por tanto, se acepta la hipótesis planteada, Sin embargo, para el factor B e interacciones AB y ABC, existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En la figura 4.7, Se muestra los efectos principales para pH de los factores: A (harina de algarrobo), B (almidón de maíz) y C (margarina vegetal) con relación a la variable respuesta pH.

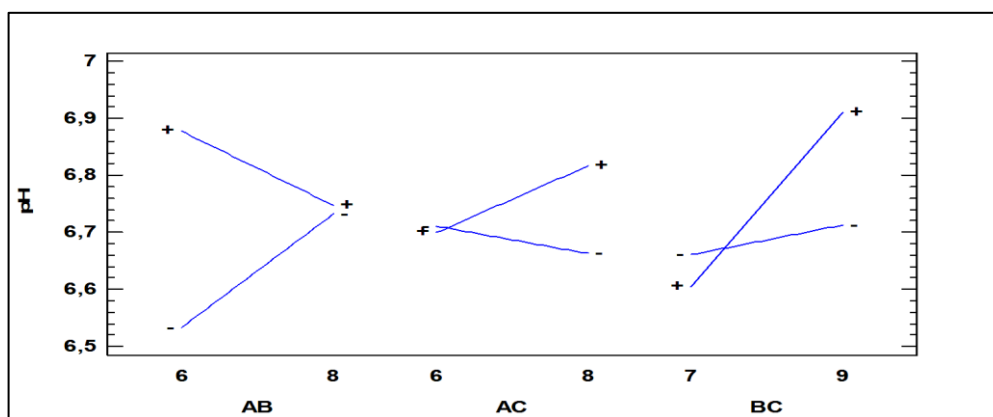


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.7:** Efectos principales de la variable respuesta pH

Según la figura 4.7, se puede observar que el factor: almidón de maíz (7 - 9) %, inciden significativamente en la variable pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo; mientras que los factores: harina de algarrobo (6 - 8) % margarina vegetal (27 - 29) % no incide significativamente en el pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.8, se muestra la interacción para los factores AB (harina de algarrobo - almidón de maíz), AC (harina de algarrobo - margarina vegetal), BC (almidón de maíz - margarina vegetal) (BC), en función a la variable respuesta pH.

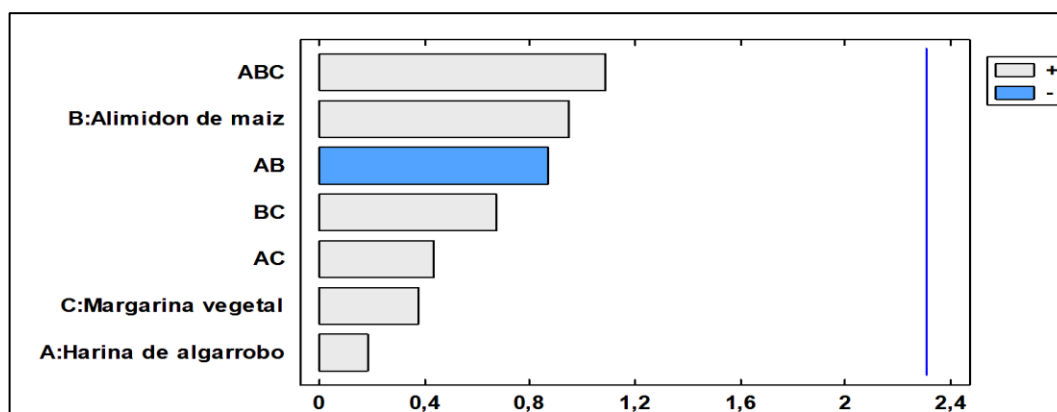


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.8:** Interacción de factores de la variable respuesta pH

En la figura 4.8, se puede observar que la interacción; harina de algarrobo -almidón de maíz (AB), estando en su nivel alto y bajo no son significativos, ya que los factores de las variables no interaccionan entre sí; mientras que las interacciones harina de algarrobo - margarina vegetal (AC), almidón de maíz - margarina vegetal (BC), estando en el nivel alto y bajo es significativa debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

En la figura 4.9, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,306, de tal manera que no exceden la línea de referencia indican que no son significativos para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.9:** Diagrama de Pareto estandarizada para pH

En la figura 4.9, se puede observar que tanto los factores ABC (harina de algarrobo - almidón de maíz - margarina vegetal), B (almidón de maíz), AB (harina de algarrobo - almidón de maíz), BC (almidón de maíz - margarina vegetal), AC (harina de algarrobo - margarina vegetal), C (margarina vegetal), A (harina de algarrobo) no sobrepasan la línea vertical de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.3.2 Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de harina de algarrobo (A), almidón (B), margarina vegetal (C) y como variable respuesta acidez (ácido láctico) de las galletas dulces de harina de algarrobo y avena, para lo cual se utilizó la norma INEN 0095, metodología que se expresa en el (Anexo D.2).

En base al diseño experimental aplicado en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.8) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo E.2) del (Anexo E).

**Tabla 4.8**

##### *Análisis de varianza en función de la variable respuesta acidez (ácido láctico)*

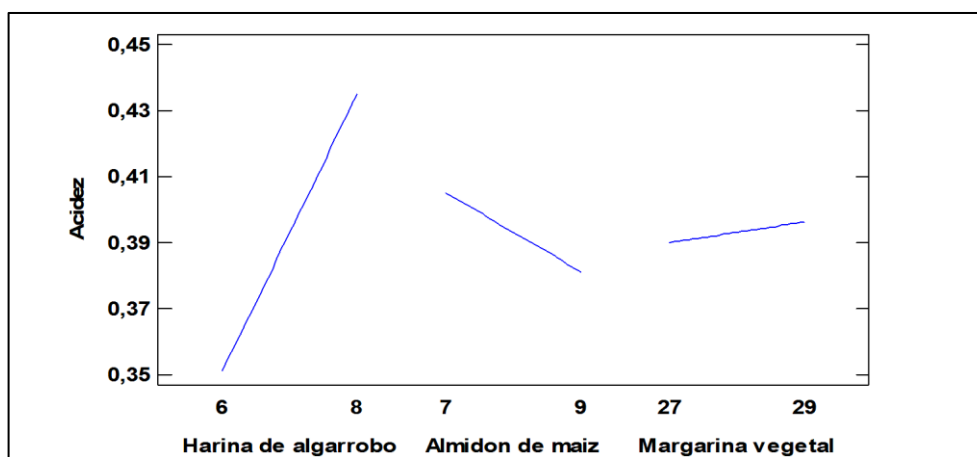
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados	Grados de libertad GI	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
<b>A: Harina de algarrobo</b>	<b>0,0280563</b>	<b>1</b>	<b>0,0280563</b>	<b>4,20</b>	<b>0,0746*</b>
B: Almidón de maíz	0,00225625	1	0,00225625	0,34	0,5772
C: Margarina vegetal	0,00015625	1	0,00015625	0,02	0,8822
<b>AB</b>	<b>0,00455625</b>	<b>1</b>	<b>0,00455625</b>	<b>0,68</b>	<b>0,4329*</b>
<b>AC</b>	<b>0,0217563</b>	<b>1</b>	<b>0,0217563</b>	<b>3,26</b>	<b>0,1088*</b>
<b>BC</b>	<b>0,00525625</b>	<b>1</b>	<b>0,00525625</b>	<b>0,79</b>	<b>0,4010*</b>
<b>ABC</b>	<b>0,0126563</b>	<b>1</b>	<b>0,0126563</b>	<b>1,89</b>	<b>0,2060*</b>
Error total	0,05345	8	0,00668125		
Total	0,128144	15			

**Fuente:** Elaboración propia

(\*) significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.8), se observa que; para los factores B, C, no existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por tanto, se acepta la hipótesis planteada, Sin embargo, para el factor A e interacciones AB, AC, BC y ABC, existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En la figura 4.10, Se muestra los efectos principales para los factores: A (harina de algarrobo), B (almidón de maíz) y C (margarina vegetal) con relación a la variable respuesta acidez (ácido láctico).

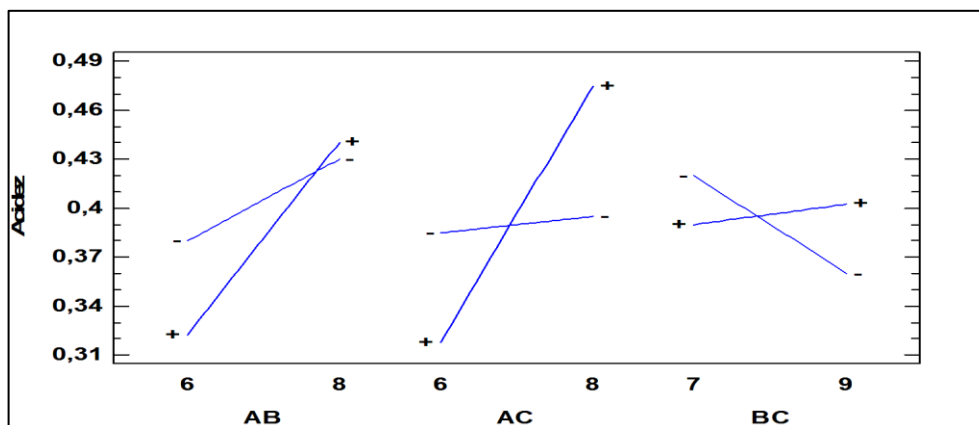


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.10:** Efectos principales para la acidez (ácido láctico)

Según la figura 4.10, se puede observar que el factor: harina de algarrobo (6 - 8) %, inciden significativamente en la variable acidez (ácido láctico) cuando se encuentran en su nivel alto y bajo; mientras que los factores almidón de maíz (7 - 9) % margarina vegetal (27 - 29) % no incide significativamente en la acidez (ácido láctico) cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.11, se muestra la gráfica de interacciones para los factores AB (harina de algarrobo -almidón de maíz), AC (harina de algarrobo - margarina vegetal), BC (almidón de maíz - margarina vegetal) (BC), en función a la variable respuesta acidez.

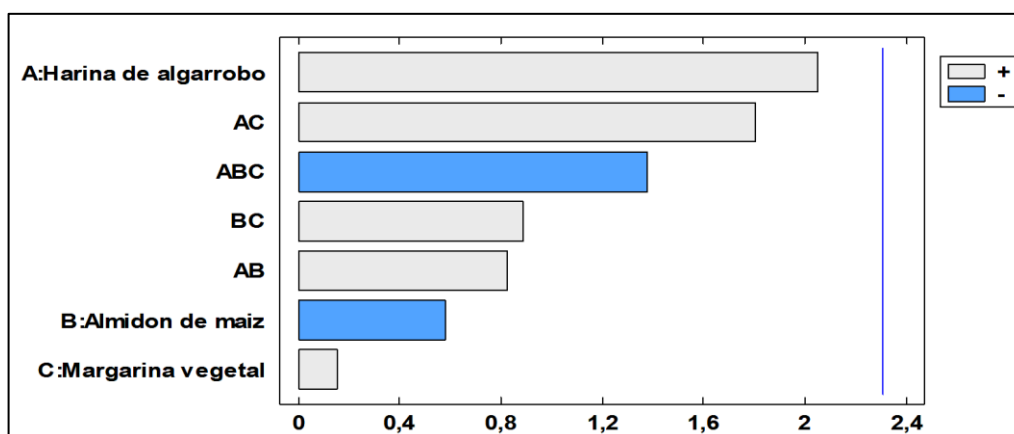


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.11:** Interacción de factores de para acidez (ácido láctico)

En la figura 4.11, se puede observar que las interacciones; harina de algarrobo -almidón de maíz (AB), harina de algarrobo - margarina vegetal (AC), almidón de maíz - margarina vegetal (BC), estando en el nivel alto y bajo son significativas debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

En la figura 4.12 Se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,306, de tal manera que no exceden la línea de referencia indican que no son significativos para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.12:** Diagrama de Pareto estandarizada para la acidez (ácido láctico)

En la figura 4.12, se puede observar que tanto los factores A (harina de algarrobo), AC (harina de algarrobo - margarina vegetal), ABC (harina de algarrobo - almidón de maíz - margarina vegetal), BC (almidón de maíz - margarina vegetal), AB (harina de algarrobo - almidón de maíz), B (almidón de maíz), C (margarina vegetal), no sobrepasan la línea vertical de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

### 4.3.3 Variable respuesta humedad en la etapa de dosificación de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes; los porcentajes de harina de algarrobo (A), almidón de maíz (B), margarina vegetal (C) y como variable respuesta humedad de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena, para lo cual se utilizó el método para lo cual se utilizó el método de la termobalanza y la metodología que se muestra en el (Anexo D.3).

En base al diseño experimental aplicado en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta contenido de humedad (tabla 4.9) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo E.3) del (Anexo E).

**Tabla 4.9**

*Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad*

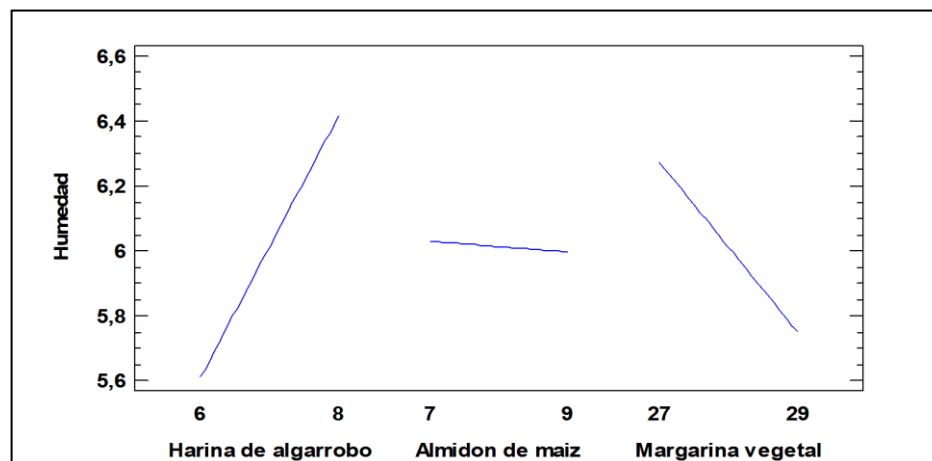
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados	Grados de libertad Gl	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
<b>A: Harina de algarrobo</b>	<b>2,57924</b>	<b>1</b>	<b>2,57924</b>	<b>2,51</b>	<b>0,1515*</b>
B: Almidón de maíz	0,00429025	1	0,00429025	0,00	0,9500
<b>C: Margarina vegetal</b>	<b>1,08681</b>	<b>1</b>	<b>1,08681</b>	<b>1,06</b>	<b>0,3335*</b>
AB	0,00931225	1	0,00931225	0,01	0,9264
<b>AC</b>	<b>3,76554</b>	<b>1</b>	<b>3,76554</b>	<b>3,67</b>	<b>0,0917*</b>
<b>BC</b>	<b>0,863041</b>	<b>1</b>	<b>0,863041</b>	<b>0,84</b>	<b>0,3859*</b>
ABC	0,146689	1	0,146689	0,14	0,7152
Error total	8,20729	8	1,02591		
Total	16,6622	15			

Fuente: Elaboración propia

(\*) significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.9), se observa que; para el factor B e interacciones AB, ABC no existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por tanto, se acepta la hipótesis planteada, Sin embargo, para los factores A, C e interacciones AC, BC, existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En la figura 4.13, Se muestra los efectos principales para los factores: A (harina de algarrobo), B (almidón de maíz) y C (margarina vegetal) con relación a la variable respuesta contenido de humedad en base húmeda.



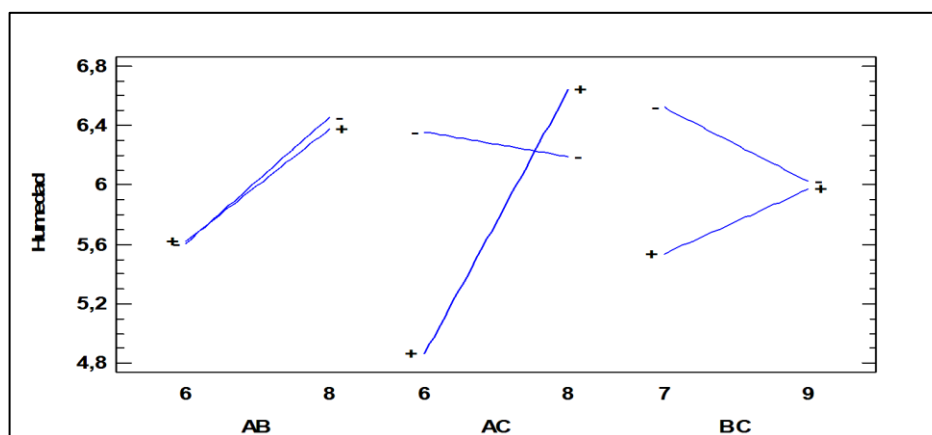
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.13:** Efectos principales para el contenido de humedad

Según la figura 4.13, se puede observar que los factores: harina de algarrobo (6 - 8) %, margarina vegetal (27 - 29) % inciden significativamente en la variable respuesta contenido de humedad cuando se encuentran en su nivel alto y bajo; mientras que el factor almidón de maíz (7 - 9) % no incide significativamente en el contenido de humedad cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.14, se muestra las interacciones para los factores AB (harina de algarrobo -almidón de maíz), AC (harina de algarrobo - margarina vegetal), BC (almidón de maíz - margarina vegetal) (BC), en función a la variable respuesta contenido de humedad en base húmeda.



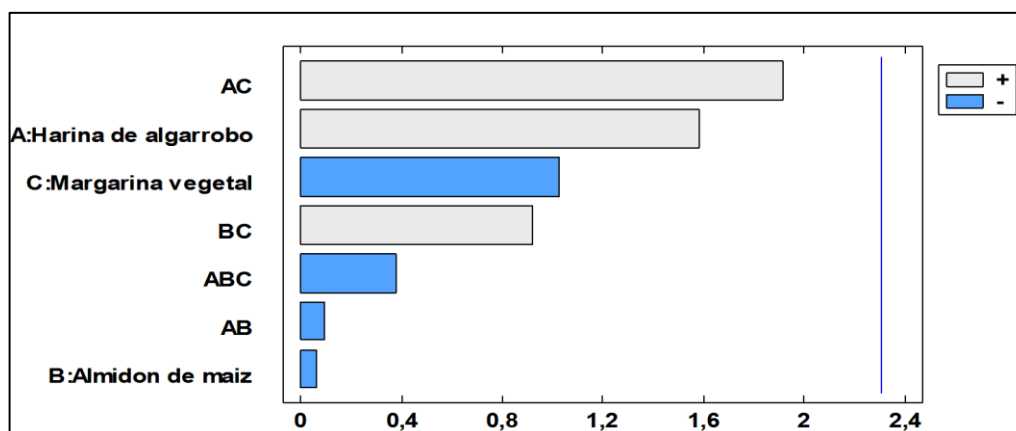


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Interacción de factores de para el contenido de humedad

En la figura 4.14, se puede observar que las interacciones; harina de algarrobo -almidón de maíz (AB), harina de algarrobo - margarina vegetal (AC), almidón de maíz - margarina vegetal (BC), estando en el nivel alto y bajo son significativas debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

En la figura 4.15, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,306, de tal manera que no exceden la línea de referencia indican que no son significativos para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Diagrama de Pareto estandarizada para el contenido de humedad

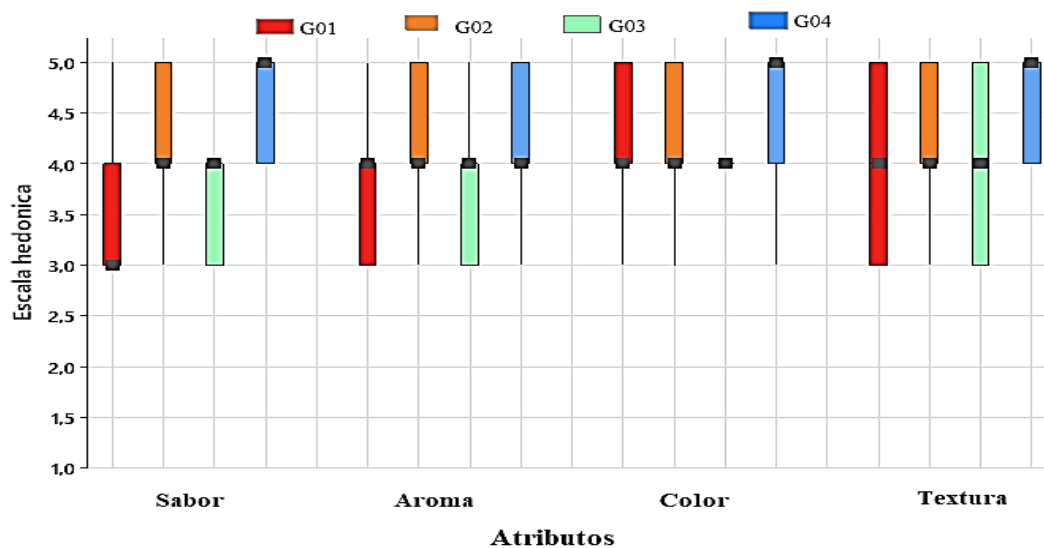
En la figura 4.15, se puede observar que tanto los factores AC (harina de algarrobo - mantequilla vegetal), A (harina de algarrobo), C (margarina vegetal), BC (almidón de maíz - margarina vegetal), ABC (harina de algarrobo -almidón de maíz - margarina vegetal), AB (harina de algarrobo - almidón de maíz), B (almidón de maíz), no sobrepasan la línea vertical de referencia, por tanto, no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### 4.3.4 Evaluación sensorial en el diseño experimental $2^3$ en la etapa de dosificación en las galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Se realizó la evaluación sensorial en el diseño experimental  $2^3$  en la etapa de dosificación separando los ocho tratamientos de las muestras en dos grupos, cuatro niveles inferiores y cuatro niveles superiores; con el fin de poder observar la variación en la formulación de las galletas.

##### 4.3.4.1 Estadístico de caja y bigote para el nivel inferior del factor C de las galletas dulces de harina de algarrobo y avena

La figura 4.16 muestra los estadísticos de caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo sabor (tabla C.5.1), aroma (tabla C.6.1), color (tabla C.7.1) y textura (tabla C.8.1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Caja y bigote del diseño factorial para el nivel inferior del factor C

En la figura 4.16, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos para las muestras evaluadas son: sabor 5,0 (G04) 4,0 (G02); aroma 4,0 (G02) (G04); color 5,0 (G04) 4,0 (G03) y textura 5,0 (G05) 4,0 (G02). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza existiendo diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.3.4.1.1 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en el nivel inferior para el factor C

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del anexo C. (tabla C.5.3) para el atributo sabor.

**Tabla 4.10**

*Estadístico Tukey para el atributo sabor en el nivel inferior para el factor C*

Factor	N	Mediana	Agrupación		
G04	15	4,60	A		
G02	15	4,13	A	B	
G03	15	3,73		B	C
G01	15	3,46			C

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.10, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (G04-G02); (4.60-4.13) y las muestras (G03-G01); (3.73-3.46), para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.3.4.1.2 Estadístico de Tukey para el atributo textura en el nivel inferior para el factor C

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del anexo C. (tabla C.8.3) para el atributo textura.

Tabla 4.11

*Estadístico Tukey para el atributo textura en el nivel inferior para el factor C*

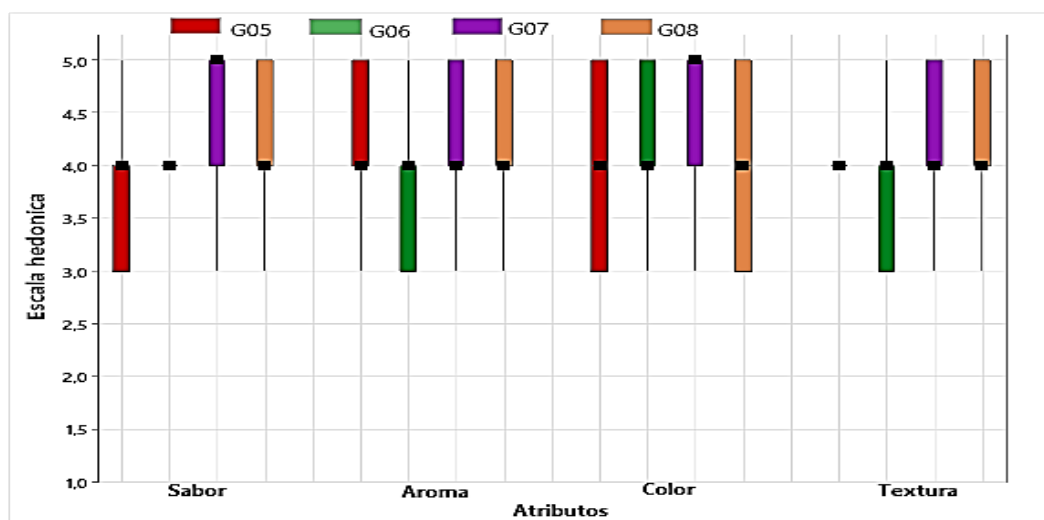
Factor	N	Mediana	Agrupación	
G04	15	4,60	A	
G03	15	4,06	A	B
G02	15	4,06	A	B
G01	15	3,86		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (G04 -G01); (4,60-3,86), Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.3.4.2 Estadístico de caja y bigote para el nivel superior del factor C de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena

La figura 4.17 muestra los estadísticos de caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo sabor (tabla C.9.1), aroma (tabla C.10.1), color (tabla C.11.1) y por último textura (tabla C.12.1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Caja y bigote del diseño factorial para el nivel superior del factor C

En la figura 4.17, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos para las muestras evaluadas son: sabor 5,0 (G07) 4,0 (G06); aroma 4,0 (G05,

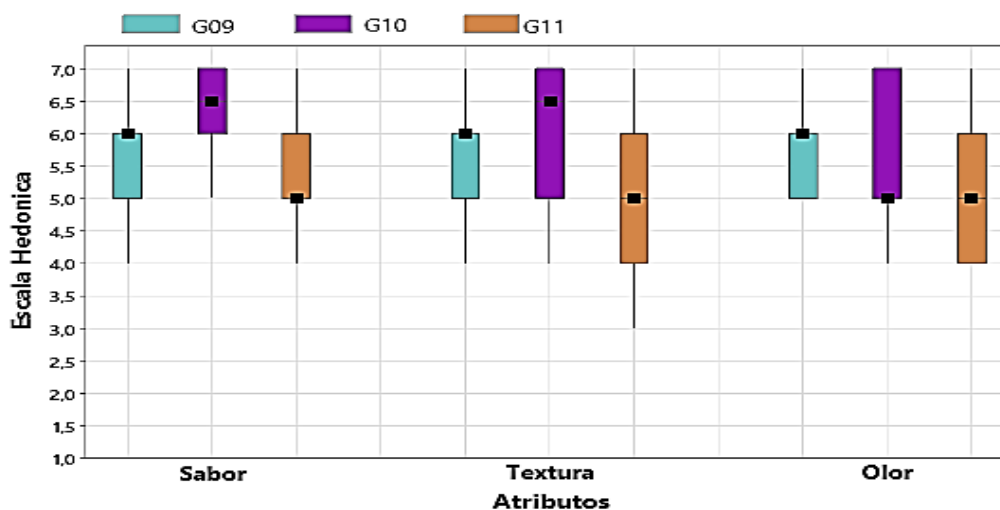
G07 y G08); color 5,0 (G07), 4,0 (G06) y textura 4,0 (G05). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza no existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.4 Evaluación sensorial para elegir la muestra final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Para elegir la muestra final se hizo una evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos, donde se evaluaron la muestra ideal (PP14) y dos muestras del diseño experimental (G04 y G07) como se puede ver en la figura 4.1.

##### 4.4.1 Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 4.18, se muestra los estadísticos de caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo sabor (tabla C.13.1), textura (tabla C.14.1) y olor (tabla C.15.1)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.18:** Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Según la figura 4.18, se puede observar los resultados en función de las medianas para los atributos de las muestras evaluadas; sabor 6,5 (G10), 6,0 (G09), textura 6,5 (G10), 6,0 (G09), y olor 6,0 (G09). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en

donde se pudo evidenciar que si existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.4.1.1 Estadístico de Tukey para el atributo sabor

En la tabla 4.12, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) de la (tabla C.13.3) para el atributo sabor.

**Tabla 4.12**

#### *Estadístico Tukey para el atributo sabor*

Factor	N	Mediana	Agrupación	
G10	20	6,300	A	
G09	20	5,600		B
G11	20	5,300		B

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.12, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (G10 - G11); (6,30-5,30), Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

### 4.5 Diseño factorial 2<sup>2</sup> en la etapa de horneado de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En base a la muestra G10 seleccionada después de realizar el diseño de dosificación, se procede a aplicar el diseño factorial (tabla 3.3) en la etapa de horneado en donde se tomó en cuenta como variable respuesta el contenido de humedad de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

#### 4.5.1 Variable respuesta de contenido de humedad en la etapa de horneado

Aplicando el diseño experimental se toma en cuenta las variables independientes. Factor A(temperatura), Factor B(tiempo) y como variable respuesta el contenido de humedad de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena, para tal efecto se utilizó el método de la termobalanza y la metodología utilizada se encuentra expresada en el (Anexo D.3).

El contenido de humedad se obtuvo como variable respuesta a la aplicación del diseño experimental en la etapa de horneado, se realizó un análisis estadístico (tabla 4.13) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVI.I) para Windows y los resultados se detallan en el (Anexo E.4) del (Anexo E).

**Tabla 4.13**

*Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad*

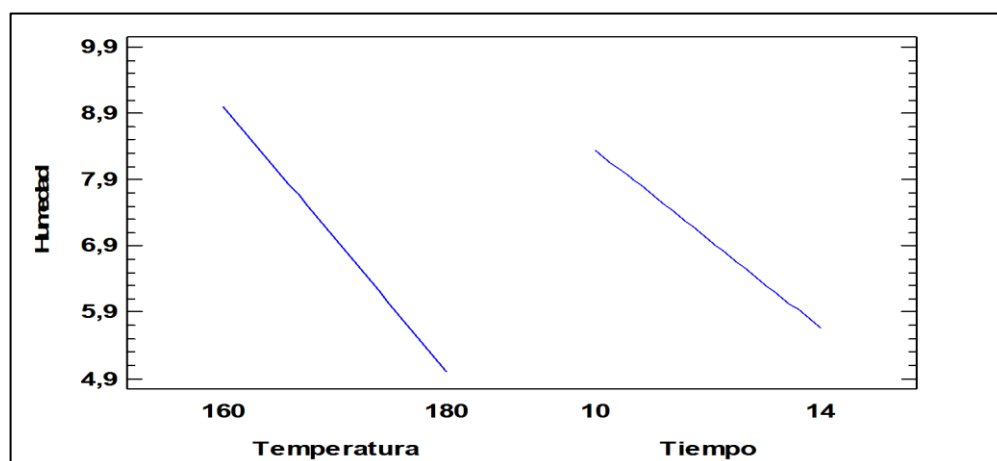
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados	Grados de libertad Gl	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
<b>A: Temperatura</b>	<b>32,1201</b>	<b>1</b>	<b>32,1201</b>	<b>228,51</b>	<b>0,0001*</b>
<b>B: Tiempo</b>	<b>14,1778</b>	<b>1</b>	<b>14,1778</b>	<b>100,86</b>	<b>0,0006*</b>
<b>AB</b>	<b>0,987012</b>	<b>1</b>	<b>0,987012</b>	<b>7,02</b>	<b>0,0570*</b>
Error total	0,56225	4	0,140562		
Total	47,8472	7			

**Fuente:** Elaboración propia

(\*) significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.13), se observa que; para los factores A, B e interacción AB, si existe diferencia significativa, ya que  $F_{cal} > F_{tab}$  en la etapa de horneado, por tanto se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

En la figura 4.19, Se muestra los efectos principales para los factores: A (temperatura), B (tiempo) con relación a la variable respuesta humedad.

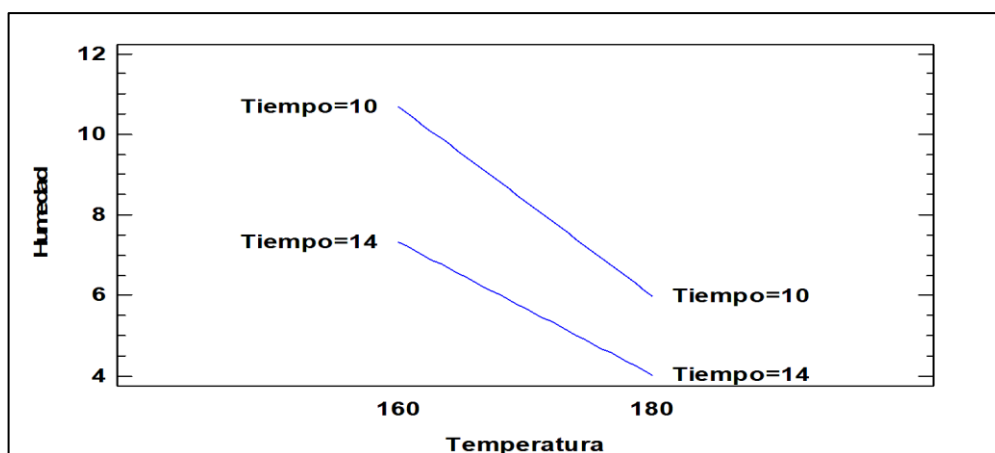


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.19:** Efectos principales para el contenido de humedad

Según la figura 4.19, se puede observar que los factores: temperatura (160 - 180) °C, tiempo (10 - 14) min, inciden significativamente sobre la variable respuesta humedad cuando se encuentran en su nivel alto y bajo en el proceso de horneado.

En la figura 4.20, se muestra las interacciones para los factores AB (temperatura-tiempo), en función a la variable respuesta humedad.



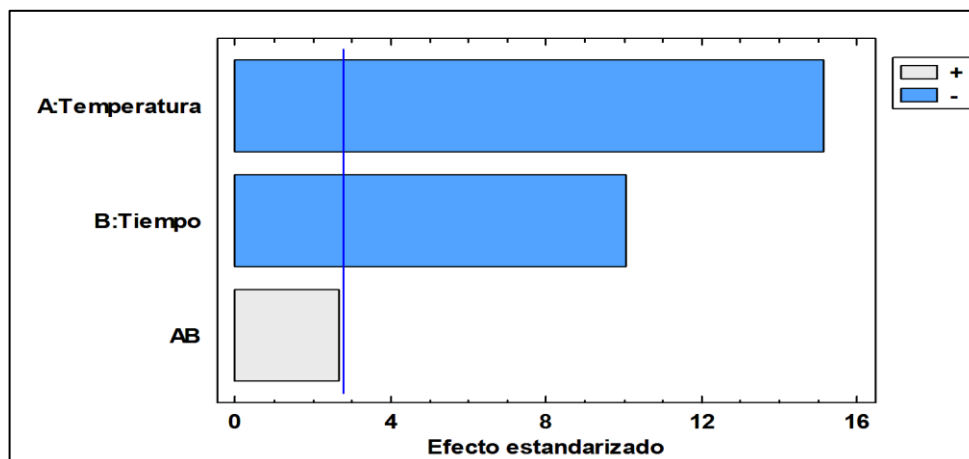
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.20:** Interacción de factores de para el contenido de humedad

En la figura 4.20, se puede observar que la interacción; AB (temperatura-tiempo), estando en su nivel alto y bajo no son significativos, ya que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

En la figura 4.21, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .





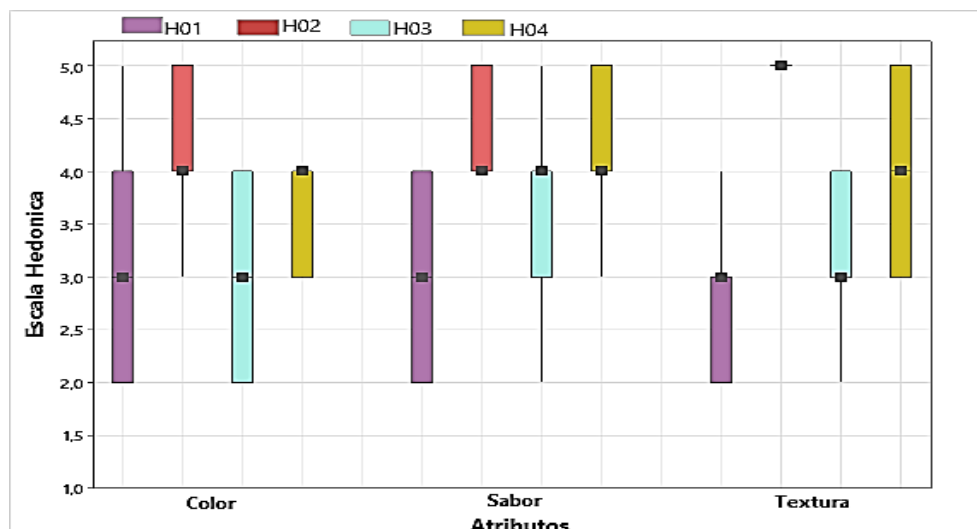
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.21:** Diagrama de Pareto estandarizada para el contenido de humedad

En la figura 4.21, se puede observar que tanto los factores A (temperatura), B (tiempo) son estadísticamente significativos y el factor AB (temperatura - tiempo), no sobrepasa la línea vertical de referencia por tanto no son estadísticamente significativos para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.5.2 Estadístico de caja y bigote en la etapa del horneado

La figura 4.22 muestra los estadísticos de caja y bigote de datos extraídos (Anexo C), para atributo color (tabla C.16.1) sabor (tabla C.17.1) y textura (tabla C.18.1).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.20:** Estadístico de caja y bigote en la etapa del horneado

Según la figura 4.22, se puede observar los resultados en función de las medianas para los atributos de las muestras evaluadas; color 4,0 (H02), sabor 4,0 (H02, H04), textura 5,0 (H02), 4,0(H04). Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza en donde se pudo evidenciar que si existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.5.2.1 Estadístico de Tukey para el atributo color en la etapa del horneado

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo color (tabla C.16.3).

**Tabla 4.14**

##### *Estadístico Tukey para el atributo color en la etapa del horneado*

Factor	N	Mediana	Agrupación	
H02	15	4,20	A	
H04	15	3,60	A	B
H03	15	3,13		B
H01	15	3,00		B

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.14, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (H02-H01); (4,20-3,00) y las muestras H03-H01 (3,13-3,00), para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.5.2.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la etapa del horneado

En la tabla 4.15, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo sabor (tabla C.17.3).

**Tabla 4.15**

##### *Estadístico Tukey para el atributo sabor en la etapa del horneado*

Factor	N	Mediana	Agrupación	
H02	15	4,33	A	
H04	15	4,33	A	
H03	15	3,40		B
H01	15	3,13		B

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.15, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (H02-H04); (4,33-4,33) y las muestras H03-H01 (3,40-3,13), para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.5.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo textura en la etapa del horneado

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de datos extraídos del (Anexo C) para el atributo textura (tabla C.18.3).

**Tabla 4.16**

#### *Estadístico Tukey para el atributo textura en la etapa del horneado*

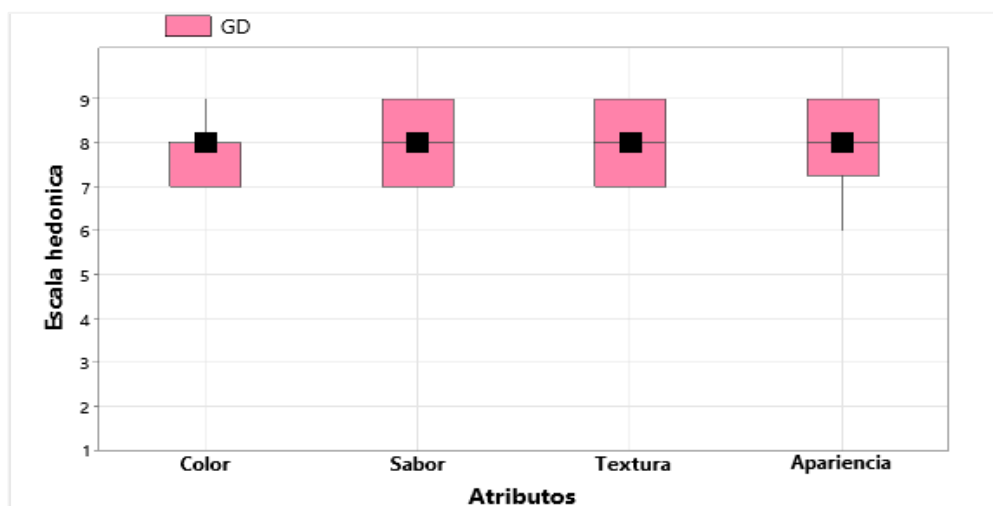
Factor	N	Mediana	Agrupación	
H02	15	4,80	A	
H04	15	4,13	A	
H03	15	3,26		B
H01	15	2,73		B

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.16, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos de las muestras (H02-H04); (4,80-4,13) y las muestras H03-H01 (3,23-2,73), para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.6 Evaluación sensorial para la muestra final del producto de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Se realiza la evaluación sensorial con una escala hedónica de nueve puntos a la muestra GD de galletas dulces con harina de algarrobo y avena con el fin de valorar el grado de aceptación, utilizando 20 jueces no entrenados. La figura 4.23, muestran los estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos del Anexo C, para el atributo color (tabla C.19), sabor (tabla C.19), textura (tabla C.19) y apariencia (tabla C.19).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.23:** Caja y bigote para la muestra final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

Según la figura 4.23, se observó que los resultados de las medianas en función de los atributos de la muestra final evaluada son: color 8 (GD), sabor 8 (GD), textura 8 (GD) y apariencia 8 (GD).

#### 4.7 Análisis fisicoquímico de la masa húmeda en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la tabla 4.17 se detallan los resultados del control de la masa húmeda, donde se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos; pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad, realizados en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA).

**Tabla 4.17**

*Control fisicoquímico de la masa húmeda en la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena*

Control	pH	Acidez (%)	Humedad (%)
Mezcla de masa húmeda	6,78	0,42	11,82
Amasado de masa	6,74	0,32	14,34
Masa refrigerada	6,41	0,29	13,02
Masa final	6,40	0,34	10,23

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.8 Caracterización del producto terminado

En la caracterización del producto terminado de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

### 4.8.1 Análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la tabla 4.18 se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena de datos extraídos del (anexo A).

**Tabla 4.18**

#### *Análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina algarrobo y avena*

Parámetros	Unidades	Valor
Acidez	g/100g	0,39
Ceniza	%	1,14
Fibra	%	n.d
Grasa	%	27,11
Hidratos de carbono	%	60,07
Hierro	mg/100g	1,8
Humedad	%	4,75
pH (20C°)	-	6,74
Proteína total (Nx6,25)	%	6,93
Valor energético	Kcal/100g	512
Zinc	mg/100g	0,77

**Fuente:** CEANID, 2024

En la tabla 4.18, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, presenta: Acidez 0,39 g/100g, Ceniza 1,14 %, Fibra n.d, grasa 27,11 %, Hidratos de carbono 60,07 %, Hierro 3,1 mg/100g, Humedad 4,75 %, pH (20C°) 6,74, Proteína total (Nx6,25) 6,93 %, Valor energético 512 Kcal/100g y Zinc 2,6 mg/100g.

### 4.8.2 Análisis microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la tabla 4.19, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena de datos extraídos del (Anexo A).

**Tabla 4.19*****Análisis microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena***

Microorganismos	Unidades	Resultado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	<1,0 x 10 <sup>1</sup> (*)

**Fuente:** CEANID, 2024.

En la tabla 4.19, se puede observar los resultados del análisis microbiológico de galletas dulces con harina de algarrobo y avena presenta: Coliformes totales <1,0 x 10<sup>1</sup> (\*) UFC/g, Mohos y levaduras <1,0 x 10<sup>1</sup> (\*) UFC/g, Staphylococcus aureus <1,0 x 10<sup>1</sup> (\*) UFC/g. Donde (\*): No se observa desarrollo de colonias.

#### **4.9 Control de pH, acidez y contenido de humedad de la muestra final de galletas dulces con harina de algarrobo y avena**

Para llevar a cabo el control de pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad durante el almacenamiento, se elaboraron dos muestras con la misma formulación en base a la muestra final (G10); la muestra (G1) sin conservante y la muestra (G2) con conservante (sorbato de potasio) envasadas en bolsas de polipropileno de alta densidad, se realiza un control de tres veces por semana cada dos días.

El control de contenido de humedad, pH y acidez (ácido láctico) durante el almacenamiento se realiza con el fin de establecer el tiempo de vida útil del producto, para controlar la estabilidad o variación que presenta durante un determinado tiempo, a través de análisis realizados a las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

##### **4.9.1 Control de pH en las galletas dulces con harina de algarrobo y avena**

En la tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos de la variación de pH de las muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena sin conservante (G1) y con conservante (G2); en función del tiempo de almacenamiento de los datos extraídos en el anexo (Anexo D.1).

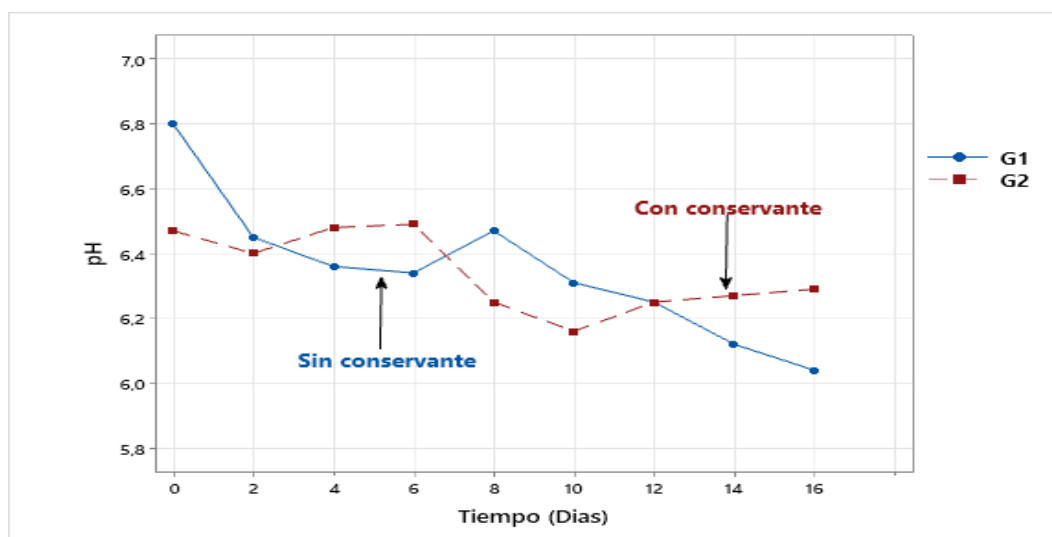
Tabla 4.20

*Variación de pH en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Muestras	
	G1	G2
0	6,80	6,47
2	6,45	6,40
4	6,36	6,48
6	6,34	6,49
8	6,47	6,25
10	6,31	6,16
12	6,25	6,25
14	6,12	6,27
16	6,04	6,20

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se muestra el control de pH en las galletas dulces con harina de algarrobo y avena durante el almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.20.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.24:** Control de pH en galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 4.24, se observa que la muestra G1 sin conservante el día 0 presenta un pH de 6,80, desciende en el día 6 con un pH de 6,34 asciende en el día 8 con un pH de 6,47 donde desciende hasta el día 14 con un pH de 6,12 y el día 16 presenta un pH de 6,04. Así mismo, la muestra G2 con conservante en el día 0 presenta un pH de 6,47 desciende en el día 2 con un pH de 6,40 asciende en el día 6 con un pH de 6,49 % desciende hasta

el día 10 con un pH de 6,16 % donde asciende hasta el día 14 y el día 16 presenta un pH de 6,20. Por tal motivo, se procedió a elegir la muestra G2 con conservante ya que la misma presenta menos variación de pH de inicio 6,47 y final 6,20.

#### 4.9.2 Control de acidez (ácido láctico) en galletas dulces con harina de algarrobo y avena durante el almacenamiento

En la tabla 4.21, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez (ácido láctico) de las muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena sin conservante (G1) y con conservante (G2); en función al tiempo de almacenamiento en función del tiempo de almacenamiento de los datos extraídos en el anexo (Anexo D.2).

**Tabla 4.21**

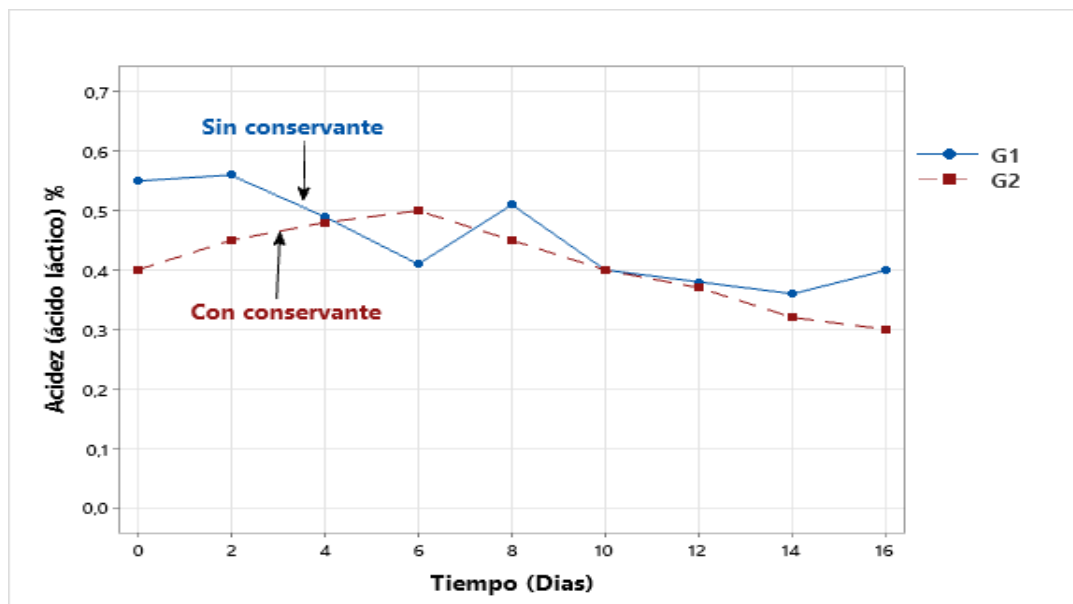
##### *Variación de acidez (ácido láctico) en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Muestras	
	G1	G2
0	0,55	0,40
2	0,56	0,45
4	0,49	0,48
6	0,41	0,50
8	0,51	0,45
10	0,40	0,40
12	0,38	0,37
14	0,36	0,32
16	0,40	0,30

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.25, se muestra el control de acidez (ácido láctico) en galletas dulces con harina de algarrobo durante el almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.21.





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.25:** Control de acidez (ácido láctico) en galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 4.25, se observa que la muestra G1 sin conservante para el día 0 presenta una acidez de 0,55 para el día 2 asciende levemente presenta una acidez de 0,56 donde desciende hasta el día 6 presenta una acidez de 0,41 donde asciende hasta el día 8 presenta una acidez de 0,51 desciende hasta el día 14 presenta una acidez de 0,36 y el día 16 asciende presenta una acidez de 0,40. Así mismo, la muestra G2 con conservante para el día 0 presenta una acidez de 0,40 donde asciende levemente hasta el día 6 presenta una acidez de 0,45 donde desciende hasta el día 14 y en el día 16 presenta una acidez de 0,30. Por tal motivo, se procedió a elegir la muestra G2 con conservante ya que la misma presenta menos variación de acidez, presenta una acidez estable.

#### 4.9.3 Control del contenido de humedad en galletas dulces con harina de algarrobo y avena en el almacenamiento

En la tabla 4.22, se muestran los resultados obtenidos de la variación de humedad de las muestras de galletas dulces con harina de algarrobo y avena sin conservante (G1) y con conservante (G2); en función al tiempo de almacenamiento como se detalla en el anexo (Anexo D.3).

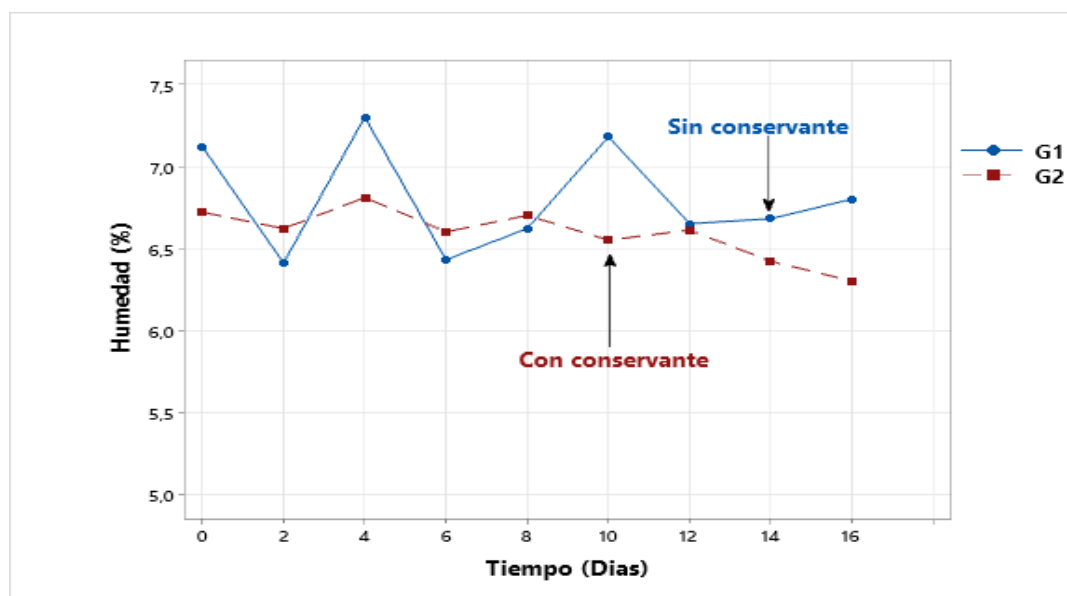
Tabla 4.22

*Variación de humedad en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Muestras	
	G1	G2
0	7,12	6,72
2	6,41	6,62
4	7,30	6,81
6	6,43	6,60
8	6,62	6,70
10	7,18	6,50
12	6,65	6,61
14	6,68	6,42
16	6,80	6,30

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.26, se muestra el control de humedad en galletas dulces con harina de algarrobo y avena durante el almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.22.



Fuente: Elaboración propia

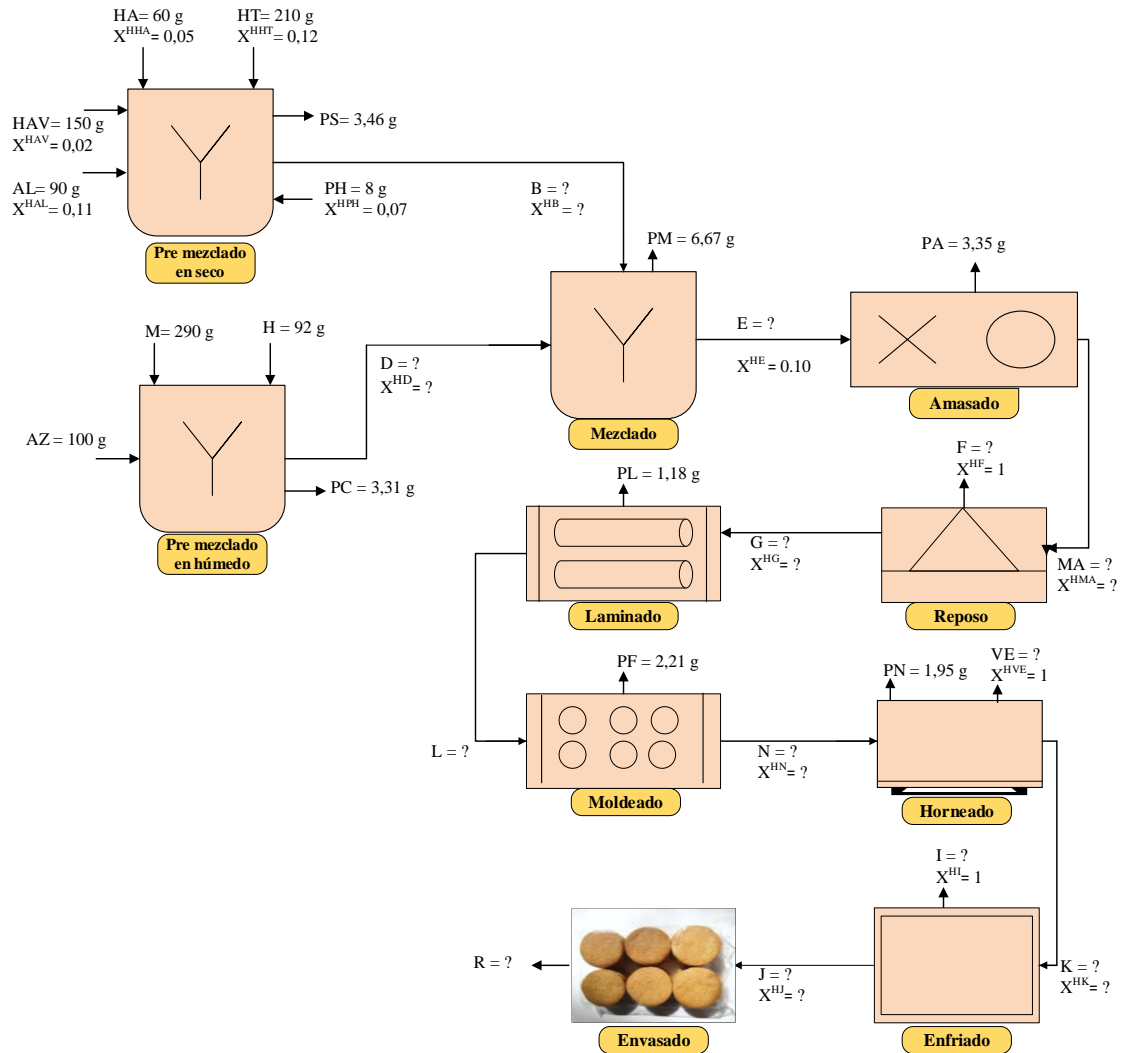
**Figura 4.26:** Control de contenido de humedad en galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 4.26, se observa que la muestra G1 sin conservante para el día 0 presenta una humedad de 7,12% descendiendo hasta el día 2 con una humedad de 6,41 % para el día 4 presenta un ascenso con una humedad de 7,30 % donde descendiendo hasta el día 6 con

una humedad de 6,43 % asciende en el día 10 con una humedad de 7,18 % desciende hasta el día 12 con una humedad de 6,65 % asciende hasta el día 14 y el día 16 presenta una humedad de 6,80 %. Así mismo, la muestra G2 con conservante en el día 0 presenta una humedad de 6,72% desciende hasta el día 2 con una humedad de 6,41 % para los 4 días presenta un ascenso con una humedad de 6,81 % donde desciende hasta el día 6 con una humedad de 6,60 % asciende en el día 8 con una humedad de 6,70 % desciende hasta el día 10 con una humedad de 6,50 % asciende en el día 12 con una humedad de 6,61 asciende hasta el día 14 presenta una humedad de 6,30 %. Por tal motivo, se procedió a elegir la muestra G2 con conservante ya que la misma presenta menos variación de humedad.

#### 4.10 Balance de materia general para la elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

En la figura 4.27, se muestra el balance de materia general realizado para el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo para un cálculo en base a 1000 g de masa de galletas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Balance de materia general del proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena

**Donde:**

HA = Harina de algarrobo (g)

HT = Harina de trigo 0000 (g)

HAV = Harina de avena instantánea (g)

AL = Almidón de maíz (g)

PH = Polvo de hornear (g)

PS = Perdidas en el pre mezclado en seco (g)

B = Mezclas de harinas (g)

M = Margarina vegetal (g)

H = Huevo de gallina (g)

AZ = Azúcar (g)

PC = Pérdidas en el pre mezclado en húmedo (g)

D = Mezcla emulsionada (g)

E = Masa mezclada (g)

PM = Pérdidas en el mezclado final (g)

MA = Masa amasada (g)

PA = Pérdidas del amasado (g)

G = Masa refrigerada (g)

F = Frio absorbido (g)

PL = Pérdidas en el laminado (g)

L = Masa laminada (g)

N = Masa moldeada (g)

PF = Pérdidas del moldeado (g)

K = Galleta recién salida del horno (g)

VE = Vapor evaporado en el horneado (g)

K = Galletas recién salidas del horno (g)

PN = Pérdidas en la bandeja

I = Vapor perdido en el enfriado (g)

J = Galleta fría (g)

W = Bolsas de polipropileno de alta densidad (g)

R = Producto final (g)

$X^{HHA}$  = Fracción contenido de humedad de la harina de algarrobo

$X^{HHT}$  = Fracción contenido de humedad de la harina de trigo 0000

$X^{HAV}$  = Fracción contenido de humedad de la harina de avena instantánea

$X^{HAL}$  = Fracción contenido de humedad del almidón

$X^{HPH}$  = Fracción contenido de humedad del polvo de hornear

$X^{HD}$  = Fracción contenido de humedad de la mezcla emulsionada

$X^{HB}$  = Fracción contenido de humedad de la mezcla de harinas

$X^{HE}$  = Fracción contenido de humedad de la masa mezclada

$X^{HMA}$  = Fracción contenido de humedad de la masa amasada

$X^{HG}$  = Fracción contenido de humedad de la masa refrigerada

$X^{HN}$  = Fracción contenido de humedad de la masa moldeada

$X^{HVE}$  = Fracción contenido de humedad del vapor evaporado en el horneado

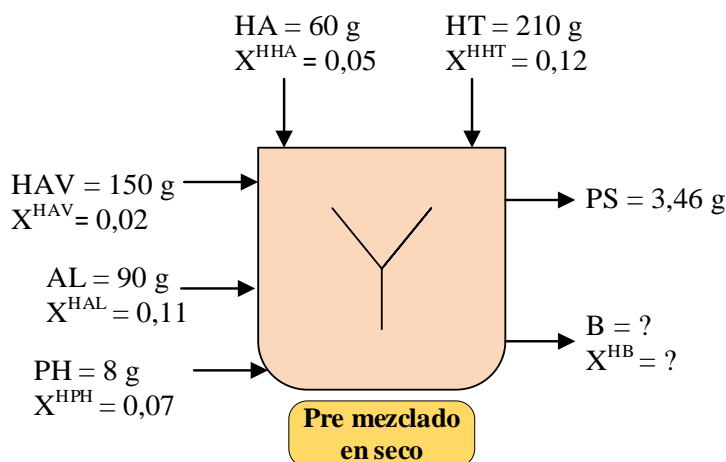
$X^{HK}$  = Fracción contenido de humedad de la galleta caliente

$X^{HJ}$  = Fracción contenido de humedad de la galleta fría

$X^{HI}$  = Fracción contenido de humedad de del vapor evaporado en el enfriado

#### 4.10.1 Balance de materia en la etapa de pre mezclado en seco

En la figura 4.28, se muestra un diagrama de la etapa de pre mezclado en seco de las harinas utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Etapa de pre mezclado en seco

#### Balance de materia general en la etapa de pre mezclado en seco:

$$HA + HT + HAV + AL + PH = PS + B$$

**Ecuación 4.1**

Despejar B (mezclas de harinas), de la ecuación 4.1, reemplazar los datos:

$$B = HA + HT + HAV + AL + PH - PS$$

**Ecuación 4.2**

$$B = 60 \text{ g} + 210 \text{ g} + 150 \text{ g} + 90 \text{ g} + 8 \text{ g} - 3,46 \text{ g}$$

$$B = 514,54 \text{ g}$$

#### Balance de materia parcial en base húmeda del proceso de pre mezclado:

$$HA * X^{HHA} + HT * X^{HHT} + HAV * X^{HAV} + AL * X^{HAL} + PH * X^{HPPH} = PS * X^{PS} + B * X^{HB}$$

**Ecuación 4.3**

De la ecuación 4.3, despejamos contenido de humedad en mezclas secas  $X^{HB}$

$$PS * X^{HB} + B * X^{HB} = HA * X^{HHA} + HT * X^{HHT} + HAV * X^{HAV} + AL * X^{HAL} + PH * X^{HPPH}$$

$$X^{HB} (PS + B) = HA * X^{HHA} + HT * X^{HHT} + HAV * X^{HAV} + AL * X^{HAL} + PH * X^{HPPH}$$

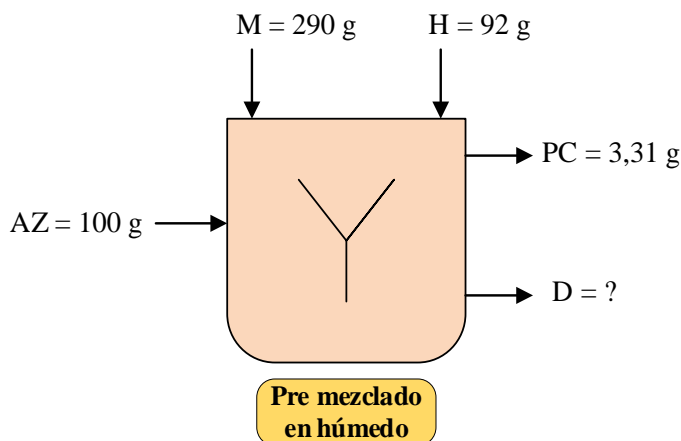
$$X^{HB} = \frac{HA \cdot X^{HHA} + HT \cdot X^{HT} + HAV \cdot X^{HAV} + AL \cdot X^{HAL} + PH \cdot X^{HPH}}{PS+B} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$X^{HB} = \frac{60 \cdot 0,05 + 210 \cdot 0,12 + 150 \cdot 0,02 + 90 \cdot 0,11 + 8 \cdot 0,07}{3,46 + 514,54}$$

$$X^{HB} = \frac{41,66}{518} = 0,08$$

#### 4.10.2 Balance de materia en la etapa de pre mezclado en húmedo

En la figura 4.29, se muestra un diagrama de la etapa de pre mezclado en húmedo para realizar la emulsión de azúcar, margarina y huevo que fueron utilizados en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Etapa de pre mezclado en húmedo

**Balance de materia general en la etapa de pre mezclado en húmedo:**

$$AZ + M + H = PC + D \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Despejar D (mezcla emulsionada), de la ecuación 4.5, reemplazar los datos:

$$D = AZ + M + H - PC \quad \text{Ecuación 4.6}$$

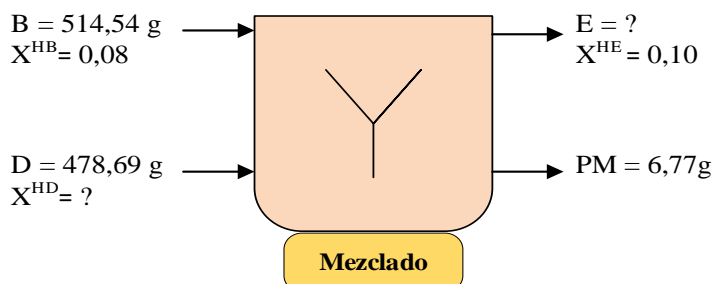
$$D = 100 \text{ g} + 290 \text{ g} + 92 \text{ g} - 3,31 \text{ g}$$

$$D = 478,69 \text{ g}$$



### 4.10.3 Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.30, se muestra un diagrama de la etapa de mezclado de la combinación de las dos pre mezclas, utilizadas en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 4.30: Etapa de mezclado

#### Balance de materia general en la etapa de mezclado:

$$B + D = E + PM$$

**Ecuación 4.7**

Despejar E (masa mezclada), de la ecuación 4.7 y reemplazar datos:

$$E = B + D - PM$$

**Ecuación 4.8**

$$E = 514,54 \text{ g} + 478,69 \text{ g} - 6,77 \text{ g}$$

$$E = 986,46 \text{ g}$$

$$D \cdot X^{HD} + B \cdot X^{HB} = E \cdot X^{HE} + PM \cdot X^{HE}$$

**Ecuación 4.9**

De la ecuación 4.9 despejamos contenido de humedad en el mezclado  $X^{HD}$

$$D \cdot X^{HD} = E \cdot X^{HE} + PM \cdot X^{HE} - B \cdot X^{HB}$$

$$X^{HD} = \frac{X^{HE}(E+PM) - B \cdot X^{HB}}{D}$$

**Ecuación 4.10**

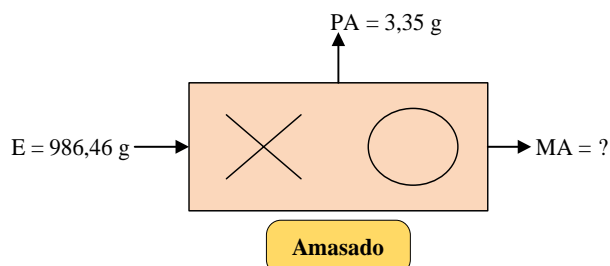
Reemplazamos datos en la ecuación 4.10

$$X^{HD} = \frac{0,10 (986,46+6,77) - 514,54 \cdot 0,08}{478,69}$$

$$X^{HD} = \frac{58,16}{478,69} = 0,12$$

#### 4.10.4 Balance de materia en la etapa de amasado

En la figura 4.31, se muestra un diagrama de la etapa de amasado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 4.31: Etapa de amasado

#### Balance general de materia en la etapa de amasado:

$$E = PA + MA$$

**Ecuación 4.11**

Despejar MA (masa amasada), de la ecuación 4.11, en la etapa de amasado y reemplazar datos:

$$MA = E - PA$$

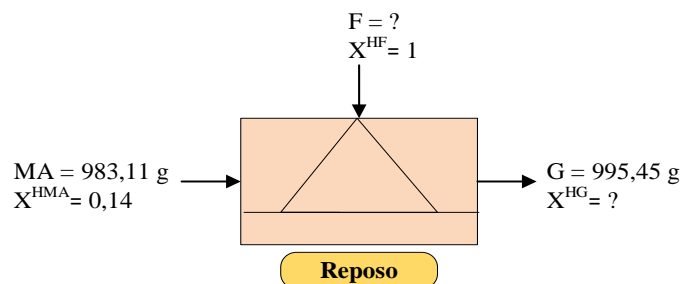
**Ecuación 4.12**

$$MA = 986,46 \text{ g} - 3,35 \text{ g}$$

$$MA = 983,11 \text{ g}$$

#### 4.10.5 Balance de materia en la etapa de reposo

En la figura 4.32, se muestra un diagrama de la etapa de reposo utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 4.32: Etapa de reposo

**Balance general de materia en la etapa de reposo:**

$$MA + F = G \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Para calcular F (frio absorbido) se despejo de la ecuación 4.13, en la etapa de reposo y reemplazar datos:

$$F = G - MA \quad \text{Ecuación 4.14}$$

$$F = 995,45 \text{ g} - 983,11 \text{ g}$$

$$F = 12,34 \text{ g}$$

Para calcular  $X^{HG}$  (contenido de humedad de la masa fría) final después del reposo se tomó en cuenta el contenido de humedad de masa a la entrada, se realizó un balance por componentes:

$$MA * X^{HMA} + F * X^{HF} = G * X^{HG} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

De la ecuación 4.15, se despejó el contenido de humedad de la masa y se reemplazó los datos:

$$G * X^{HG} = MA * X^{HMA} + F * X^{HF}$$

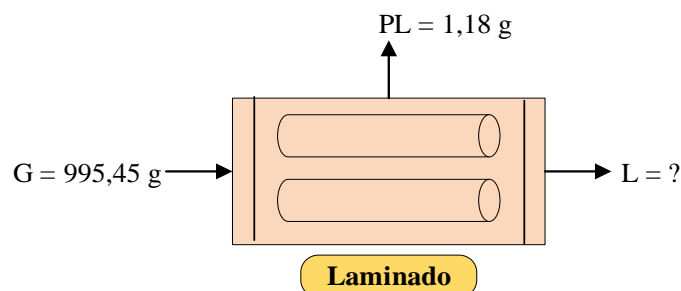
$$X^{HG} = \frac{MA * X^{HMA} + F * X^{HF}}{G} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

$$X^{HG} = \frac{983,11 * 0,143 + 12,34 * 1}{995,45}$$

$$X^{HG} = 0,15$$

**4.10.6 Balance de materia en la etapa de laminado**

En la figura 4.33, se muestra un diagrama de la etapa de laminado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 4.33: Etapa de laminado

#### Balance general de materia en la etapa de laminado:

$$G = PL + L \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Para calcular L (masa laminada) se despejó la ecuación 4.17, en la etapa de laminado y reemplazar:

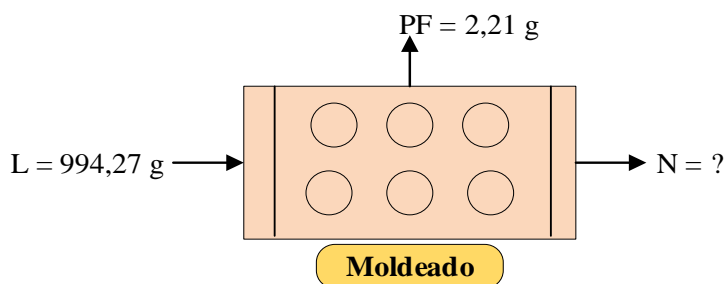
$$L = G - PL \quad \text{Ecuación 4.18}$$

$$L = 995,45 \text{ g} - 1,18 \text{ g}$$

$$L = 994,27 \text{ g}$$

#### 4.10.7 Balance de materia en la etapa de moldeado

En la figura 4.34, se muestra un diagrama de la etapa de moldeado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 4.34: Etapa de moldeado

#### Balance general de materia en la etapa de moldeado:

$$L = PF + N \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Para calcular N (masa moldeada) se despejó la ecuación 4.19, en la etapa de moldeado y reemplazar:

$$N = L - PF$$

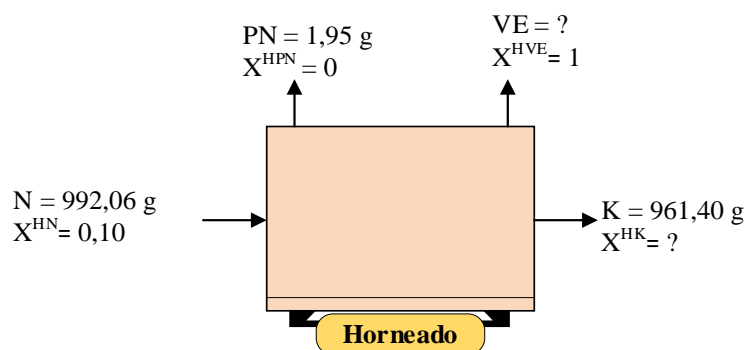
**Ecuación 4.20**

$$N = 994,27 \text{ g} - 2,21 \text{ g}$$

$$N = 992,06 \text{ g}$$

#### 4.10.8 Balance de materia en la etapa de horneado

En la figura 4.35, se muestra un diagrama de la etapa de horneado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.35:** Etapa de horneado

#### Balance general de materia en la etapa de horneado:

$$N = PN + VE + K$$

**Ecuación 4.21**

Despejando VE (vapor evaporado en el horneado) se despejó de la ecuación 4.21, en la etapa de horneado y reemplazar los datos:

$$VE = N - K - PN$$

**Ecuación 4.22**

$$VE = 992,06 \text{ g} - 961,40 \text{ g} - 1,95 \text{ g}$$

$$VE = 28,71 \text{ g}$$

#### Balance de materia parcial en base húmeda del proceso de horneado:

$$N \cdot X^{HN} = PN \cdot X^{HPN} + VE \cdot X^{HVE} + K \cdot X^{HK}$$

**Ecuación 4.23**

En el cual despejamos  $X^{HK}$  de la ecuación 4.23:

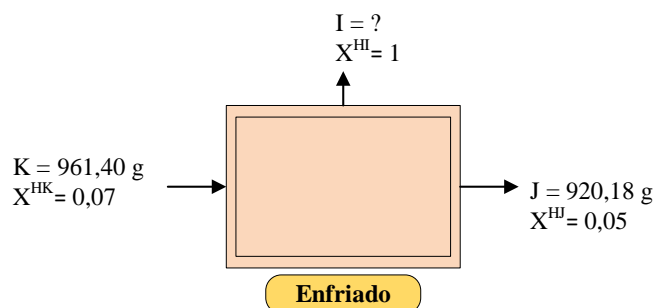
$$X^{HK} = \frac{N * X^{HN} - VE * X^{HVE}}{H} \quad \text{Ecuación 4.24}$$

$$X^{HK} = \frac{992,06 * 0,10 - 28,71 * 1}{961,40} = 0,07$$

El porcentaje de contenido de humedad en la galleta recién horneada es de 7 %.

#### 4.10.9 Balance de materia en la etapa de enfriado

En la figura 4.36, se muestra un diagrama de la etapa de enfriado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



Fuente: Elaboración propia  
Figura 4.36: Etapa de enfriado

**Balance general de materia en la etapa de enfriado:**

$$K = I + J \quad \text{Ecuación 4.25}$$

Despejando I (vapor perdido en la etapa de enfriamiento) de la ecuación 4.25, reemplazando los datos:

$$I = K - J \quad \text{Ecuación 4.26}$$

$$I = 961,40 \text{ g} - 920,18 \text{ g} = 41,22 \text{ g}$$

#### 4.10.10 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.37, se muestra un diagrama de la etapa de envasado utilizado en el proceso para realizar el balance de materia correspondiente.



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.37:** Etapa de envasado

### Balance general de materia en la etapa de envasado:

$$J = R \quad \text{Ecuación 4.27}$$

Para el cálculo de R (galletas envasadas), se tomó en cuenta el peso de los envases:

$$R = J \quad \text{Ecuación 4.28}$$

$$R = 920,18 \text{ g}$$

El rendimiento del proceso (%R) de elaboración de la galleta con harina de algarrobo y avena se realizaron los siguientes cálculos (Sánchez, 2003):

$$\% R = \frac{\text{Peso final del proceso}}{\text{peso inicial del proceso}} * 100 \quad \text{Ecuación 4.29}$$

$$\% R = \frac{920,18}{1000} * 100$$

$$\% R = 92,02 \%$$

Se calculo la cantidad de galletas que se obtuvo con el peso final obtenido de galletas

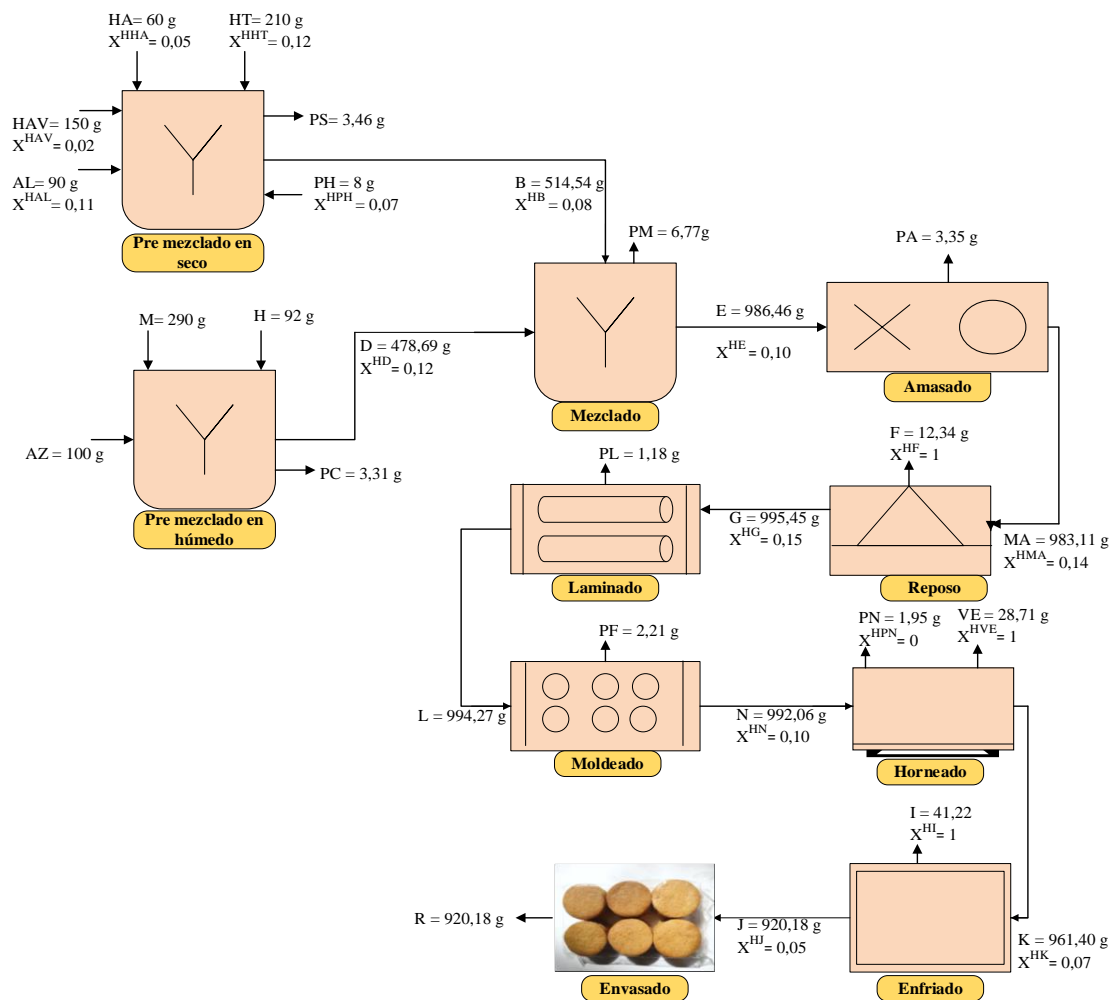
$$\begin{array}{lclcl} 1 \text{ bolsa} & \longrightarrow & 24 \text{ galletas} & \longrightarrow & 192,36 \text{ g} \\ & & 24 \text{ galletas} & \longrightarrow & 192,36 \text{ g} \\ & & X \text{ Galletas} & \longrightarrow & 920,18 \text{ g} \end{array}$$

$$X = \frac{24 * 920,18}{192,36}$$

$$X = 114,81 = 115 \text{ unidades de galletas}$$

#### 4.11 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de galletas dulces con harina algarrobo y avena

En la figura 4.38, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance de materia general realizado para el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena



Fuente: Elaboración propia

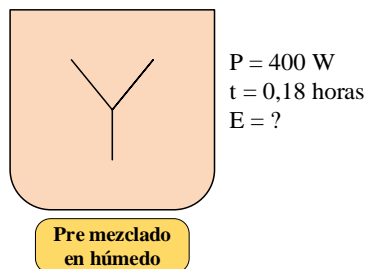
Figura 4.38: Balance general de materia para el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena



#### 4.12 Balance de energía en la etapa de premezclado en húmedo

El balance de energía para el premezclado en húmedo se realizó para preparar el cremado o emulsión de las grasas para el método de preparación de galletas.

En la figura 4.39, se muestra el diagrama para determinar la energía eléctrica requerida para la batidora de mano.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.39:** Pre mezclado en húmedo

Según (Rodríguez, 2016), la ecuación para determinar la energía eléctrica es la siguiente:

$$E = P * t$$

**Ecuación 4.30**

**Donde:**

E = Energía eléctrica (W/h)

P = Potencia (W)

t = Tiempo (horas)

$$\text{Así mismo } 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 1,163 \text{ W}$$

$$\text{Por tanto: } 400 \text{ W} = 343,94 \text{ Kcal/h}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.30, para hallar la energía eléctrica requerida.

$$E = 343,94 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} * 0,18 \text{ h}$$

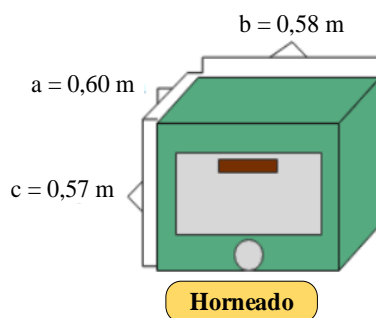
$$E = 61,91 \text{ Kcal}$$

La cantidad de energía requerida en el mezclado de los ingredientes para homogenizar la masa se llevó a cabo durante 0,18 horas es de 61,91 Kcal para 920,18 g de masa para galletas.

#### 4.13 Balance de energía en la etapa de horneado de galletas dulces con harina algarrobo y avena

Para realizar el balance de energía en el horneado de la galleta se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para calentar el aire adentro del horno, es necesario para calentar la bandeja, el calor necesario para la cocción de la masa de galleta y el calor necesario para evaporar el agua de la galleta. En la figura 4.40, se muestra las dimensiones del horno para el balance de energía del horneado de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

El balance de energía para el horneado se realizó para 920,18 g de masa para galletas dulces con harina de algarrobo y avena para lo cual los cálculos son detallados en base a las condiciones de la ciudad de Tarija; altura de 1866 msnm y presión atmosférica de 759,81 mmHg.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.40:** Dimensiones del horno

Para encontrar el volumen del horno en la siguiente ecuación matemática:

$$V = a * b * c$$

**Ecuación 4.31**

**Donde:**

V = volumen de aire (m<sup>3</sup>)

a = ancho del horno (m)

b = base del horno (m)

c = altura del horno (m)

#### 4.13.1 Balance de energía para calentar el horno

Para determinar el calor necesario para calentar el aire dentro del horno, inicialmente se determinó el volumen del horno (ecuación 4.31) y posteriormente la masa del aire en base a la densidad (ecuación 4.32).

Reemplazando datos en la ecuación 4.31 para hallar el volumen del horno:

$$V = (0,60 * 0,58 * 0,57) \text{ m}^3$$

$$V = 0,19 \text{ m}^3 \text{ volumen del horno}$$

Para determinar la masa de aire dentro del horno se utilizó la fórmula de densidad en base a la ecuación 4.32

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 4.32}$$

**Donde:**

$\rho$  = densidad del aire (1,2 Kg/m<sup>3</sup>) (Lewis, 1993)

$m$  = masa del aire (Kg)

$V$  = volumen del aire (m<sup>3</sup>)

Despejando  $m_{\text{aire}}$  y reemplazando en la ecuación 4.33

$$m_{\text{aire}} = \rho * V \quad \text{Ecuación 4.33}$$

$$m_{\text{aire}} = 1,2 \text{ Kg/m}^3 * 0,19 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{aire}} = 0,23 \text{ Kg}$$

Habiéndose hallado la masa del aire dentro del horno, en base a la ecuación 4.34, según (Lewis, 1993), se determinó el calor necesario para calentar el aire dentro del horno que inicia a temperatura de 20 °C y alcanza una temperatura final de 180 °C.

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} * C_{p\text{aire}} * \Delta T \quad \text{Ecuación 4.34}$$

**Donde:**

$Q_{\text{aire}}$  = calor necesario para calentar el aire dentro del horno (Kcal)

$m_{\text{aire}}$  = masa del aire (0,23 Kg)

$C_{p_{\text{aire}}}$  = capacidad calorífica del aire (0,24 Kcal/Kg°C)

$\Delta T = (T_f - T_i)$  variación de la temperatura en el horno (180 – 20) °C

Reemplazando datos en la ecuación 4.34

$Q_{\text{aire}} = 0,23 \text{ Kg} * 0,24 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (180 - 20) ^\circ\text{C}$

$Q_{\text{aire}} = 8,83 \text{ Kcal}$

#### 4.13.2 Balance de energía para la cocción de la masa de galletas

Para determinar el calor necesario para la cocción de la masa de galleta, primero se determinó el  $C_{p_{\text{galletas}}}$  en base a la ecuación 4.35:

$$C_{p_{\text{galleta}}} = M_a * C_a + M_c * C_c + M_p * C_p + M_g * C_g + M_z * C_z \quad \text{Ecuación 4.35}$$

**Donde:**

$M_a, M_c, M_p, M_g$  y  $M_z$  = fracción de masa de los componentes del alimento

$C_a, C_c, C_p, C_g$  y  $C_z$  = calor específico de los componentes del alimento

Para el valor de los calores específicos de cada componente alimentario se tomó en cuenta la tabla 4.23 (Lewis, 1993):

**Tabla 4.23**

#### *Calores específicos de componentes alimentarios*

Componente	Calor específico Kcal/Kg°C
Ca (agua)	0,9990451
Cc (carbohidratos)	0,3346084
Cp (proteína)	0,3824096
Cg (grasa)	0,4063102
Cz (ceniza)	0,1912048

**Fuente:** Lewis, 1993

Para el valor de las fracciones de la masa de cada componente, se tomó en cuenta los resultados de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena realizados por el (CEANID, 2024) (Anexo A), y en base a estos datos se convierte a fracción obteniendo:

$M_a = 0,0475$  (fracción de masa del componente agua)

$M_c = 0,6007$  (fracción de masa del componente carbohidrato)

$M_p = 0,0693$  (fracción de masa del componente proteína)

$M_g = 0,2711$  (fracción de masa del componente grasa)

$M_z = 0,0114$  (fracción de masa del componente ceniza)

Obtenido los datos de fracciones de masa y datos  $C_p$  se reemplazaron en la ecuación 4.35 para hallar el  $C_p$  de la masa de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

$$C_{p_{\text{galleta}}} = 0,0475 * 0,9990451 + 0,6007 * 0,3346084 + 0,0693 * 0,3824096 + 0,2711 * 0,4063102 + 0,0114 * 0,1912048$$

$$C_{p_{\text{galleta}}} = 0,39 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Habiéndose determinado el  $C_p$  de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena se determinó el calor necesario para la cocción de la masa en base a la ecuación 4.36.

$$Q_{\text{galleta}} = m_{\text{galleta}} * C_{p_{\text{galleta}}} * \Delta T + m_{\text{agua evap}} * \lambda \quad \text{Ecuación 4.36}$$

**Donde:**

$Q_{\text{galleta}}$  = calor necesario para la cocción de la masa de galletas dulces con harina de algarrobo y avena (Kcal)

$m_{\text{galleta}}$  = masa de las galletas dulces con harina de algarrobo y avena (0.920 Kg)

$C_{p_{\text{galleta}}}$  = calor específico de galletas dulces de harina de algarrobo y avena (0,39 Kcal/Kg $^\circ$ C)

$m_{\text{agua evap}}$  = masa de agua evaporada (0, 2871 Kg)

$\lambda$  = landa de evaporización del agua (538,86 Kcal/Kg) (Perry, 1991)

$T_f$  = temperatura final (180  $^\circ$ C)

$T_i$  = temperatura inicial (20  $^\circ$ C)

Reemplazar datos en la ecuación 4.36:

$$Q_{\text{galleta}} = 0.920 \text{ Kg} * 0,39 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (180 - 20) ^{\circ}\text{C} + 0,2871 \text{ Kg} * 538,86 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{\text{galleta}} = 212,11 \text{ Kcal}$$

#### **4.14 Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario para elaborar galletas dulces con harina de algarrobo y avena**

Para determinar la cantidad total de calor necesario para llevar a cabo los procesos de pre mezclado húmedo, pre mezclado en seco, mezclado final y horneado de la masa de galletas, se utilizó la ecuación simplificada 4.37 (Valiente, 1986):

$$Q_T = \Sigma Q_i \quad \text{Ecuación 4.37}$$

**Donde:**

$Q_T$  = calor total necesario para llevar a cabo el proceso

$\Sigma Q_i$  = suma de los calores involucrados

Reemplazando datos en la ecuación 4.37:

$$Q_T = Q_{\text{aire}} + Q_g \quad \text{Ecuación 4.38}$$

$$Q_T = (8,83 + 212,11) \text{ Kcal}$$

$$Q_T = 220,94 \text{ Kcal}$$

La energía eléctrica necesaria fue de 61,91 Kcal y la cantidad de calor necesario para el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena fue de 220,94 Kcal.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

Para el presente trabajo experimental elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena y según datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Según los análisis fisicoquímicos de la harina de algarrobo presenta: Ceniza 3,40 %, Fibra 5,41 %, Grasa 1,53 %, Hierro 3,1 mg/100 g, Hidratos de carbono 79,60 %, Humedad 5,12 %, Proteína total (Nx6,25) 10,35 %, Valor energético 373,57 Kcal/100 g y Zinc 2,6 mg/100 g; el análisis microbiológico de la harina de algarrobo presenta: Coliformes totales  $8,0 \times 10^2$  UFC/g, Mohos y levaduras  $2,0 \times 10^2$  UFC/g, Staphylococo aureus  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde: (\*) No se observa desarrollo de colonias.
- Según los análisis fisicoquímicos de la harina de avena instantánea presenta: Ceniza 1,73 %, Fibra 1,21 %, Grasa 2,90 %, Hierro 4,8 mg/100 g, Hidratos de carbono 81,69 %, Humedad 2,82 %, Proteína total (Nx6,25) 10,86 %, Valor energético 396,30 Kcal/100 g y Zinc 2,6 mg/100 g; el análisis microbiológico de la harina de avena instantánea presenta: Coliformes totales  $7,0 \times 10^2$  UFC/g, Mohos y levaduras  $9,0 \times 10^2$  UFC/g, Staphylococo aureus  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde: (\*) No se observa desarrollo de colonias.
- Según los análisis fisicoquímicos de la harina de trigo 0000, Ceniza 0,34 %, Fibra n.d, Grasa 0,98 %, Hidratos de carbono 76,34 %, Humedad 12,01 %, Proteína total (Nx5,70) 10,30 % y Valor energético 356 Kcal/100g; el análisis microbiológico de la harina de trigo 0000 presenta: Coliformes totales  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g y Mohos y levaduras  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde: (\*) No se observa desarrollo de colonias.
- De acuerdo a la evaluación sensorial realizada a los ensayos preliminares de galletas dulces con harina de algarrobo y avena, según el análisis estadístico de varianza para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , indica que las muestras con mayor preferencia de los jueces son (PP13 – PP14) en los atributos color, sabor



aroma, textura. Así mismo se tomó en cuenta la muestra PP14, por presentar un mejor sabor y textura.

- Aplicando el diseño factorial  $2^3$  en el análisis de varianza para las variables respuesta pH, acidez (ácido láctico) y humedad en la dosificación influye significativamente debido a que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . realizando una evaluación sensorial en el nivel inferior y nivel superior, las muestras elegidas por los jueces fueron; G04 y G07, en atributo sabor y textura tienen una mediana de 5,0; en una escala de cinco puntos.
- Realizando una evaluación sensorial para elegir la muestra final, se evaluó la muestra ideal con las muestras elegidas del nivel inferior y superior, los jueces determinaron que la muestra final es la muestra G10 en atributo sabor y textura tiene una mediana de puntuación 6,5; en una escala de siete puntos.
- El análisis estadístico del diseño experimental  $2^2$  aplicado en la etapa de horneado, indica que las interacciones de los factores (temperatura- tiempo) son estadísticamente significativo para un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ , debido que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada. la muestra elegida por los jueces fue la muestra H02, en los atributos color, sabor, textura tienen una mediana de 4,0; en una escala de cinco puntos.
- Realizando una evaluación sensorial a la muestra final proveniente de la muestra final G10, para los atributos color, sabor, textura y apariencia presenta un valor promedio de 8,00; en una escala de nueve puntos.
- los controles de pH, acidez y contenido de humedad, durante el almacenamiento de 16 días la muestra con conservante (G2) presenta mejor estabilidad y menor variación: el de pH (6,47 – 6,20), acidez (0,40 – 0,30) % y contenido de humedad (6,72 – 6,30) %, en las galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

- Según los resultados análisis fisicoquímico de galletas dulces con harina algarrobo y avena presenta: Acidez 0,39 g/100g, Ceniza 1,14 %, Fibra n.d, Grasa 27,11 %, Hidratos de carbono 60,07 %, Hierro 3,1 mg/100g, Humedad 4,75 %, pH (20C°) 6,74, Proteína total (Nx6,25) 6,93 %, Valor energético 512 Kcal/100g y Zinc 2,6 mg/100g. los resultados microbiológicos de galletas dulces con harina algarrobo y avena presenta: Coliformes totales  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g, Mohos y levaduras  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g, Staphylococcus aureus  $<1,0 \times 10^1$  (\*) UFC/g. Donde: (\*) No se observa desarrollo de colonias.
- En base al balance de energía se determinó que el calor necesario para el proceso de elaboración de galletas dulces con harina de algarrobo y avena es de 220,94 Kcal y la energía necesaria es de 61,91 Kcal, para obtener una cantidad de 920,18 g de galletas dulces con harina de algarrobo y avena.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda elaborar más productos alimenticios a base de harinas como: amaranto, quinua, soja, maíz u otros, con la finalidad de enriquecerlos para brindar a la población Tarijeña variedad de productos de calidad nutricional.
- Se recomienda elaborar galletas a base de harinas sin gluten como: haba, coco, entre otras, con la finalidad de incluir al mercado local galletas exclusivamente para personas celiacas.
- Se recomienda hacer más investigaciones de nuevos productos utilizando alimentos que se venden en el mercado local, para poder elaborar productos nutritivos y saludables como también beneficiando a los productores incrementando su comercialización.