

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El pan considerado de categoría popular en el Ecuador, es un alimento imprescindible para muchas personas, debido a que las materias primas utilizadas para la elaboración de este producto contienen proteínas, vitaminas y cereales que aportan hidratos de carbono muy necesarios para mantener una buena salud, de esta manera las personas mantienen energía necesaria para el trabajo diario.

La textura de los panes depende de una buena mezcla homogénea, empleando dosificaciones proporcionales tales como: harina, agua, levadura, azúcar, sal, leche y huevos; sin embargo, no todas las personas pueden consumir esta clase de producto, ya que pueden presentar cuadros clínicos de intolerancia al gluten, proteína que se

halla en el trigo, entre las personas que padecen de este trastorno se encuentran los celíacos.

De acuerdo a lo antes expresado, se ve la necesidad de utilizar un producto que los celíacos puedan consumir haciendo uso del amaranto, este es una planta perteneciente a la familia amaranthaceae y al género *Amaranthus*, con sabor muy similar a la nuez, originaria de América y conocido en Ecuador como "ataco", "sangoroche".

Sus hojas anchas y de color brillante y de color rojo, violeta, anaranjada y doradas, contiene hierro superior a las espinacas, alto contenido de fibra; mientras que su semilla aporta más proteínas que el trigo o el maíz, teniendo 80% más proteínas que el trigo y el doble que el maíz o el arroz. Además, aporta calcio, fósforo, vitamina E, tiene bajo contenido de grasa.

El amaranto, a diferencia de otros cereales, contiene lisina, metionina y cisteína, haciéndolo un cereal más opcional para el consumo y que en los últimos tiempos se le está dando preferencia, con relación al trigo su contenido de lisina es cinco veces superior y tiene el doble de metionina. Asimismo, no posee gluten, por lo cual, hace que sea un producto ideal para el consumo de los celíacos.

El arroz es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas. Su fruto es comestible y de mayor demanda a nivel mundial. Uno de los principales nutrientes son los hidratos de carbono, aunque también aporta minerales, vitaminas (niacina y tiamina) y proteínas en bajas cantidades.

La elaboración de productos que proceden de la mezcla del amaranto y arroz es escasa. Es así, que en este medio no existen empresas ni instituciones que desarrollen alternativas derivadas de estos productos. Sin embargo, en ciudades como Quito, Latacunga, Riobamba, Cuenca y El Coca, existe una entidad privada de finalidad social llamada Camari (Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio), con sede principal en Quito, esta empresa se dedica a la obtención de harina de amaranto y arroz, para luego comercializarlas dentro del territorio ecuatoriano, este es el proveedor para la elaboración del producto objetivo de esta tesis.

## **1.2. Descripción de la Materia Prima.**

### **Amaranto (*Amaranthus hybridus*)**

El amaranto conocido en Ecuador como “ataco”, es un grano que antiguamente formaba parte de los principales alimentos consumidos por los nativos, al igual que la quinua y el maíz, pero se

dice que su cultivo fue desapareciendo a medida que los españoles comenzaron a introducir nuevas especies, haciendo que el amaranto sea considerado como una especie desconocida.

A partir del año 1980, aparecen las primeras investigaciones de este grano que tiene alto valor nutritivo y su potencial agronómico, garantizando el éxito de la cadena nutritiva, su única desventaja es la pérdida de su tradición, su rendimiento económico en zonas de temporal y de riego es mayor que las siembras de otras especies tradicionales, por ser un cultivo de ciclo corto, resistente a las sequías y por su alto valor nutricional.

### **Arroz (*Oryza sativa*)**

El arroz es un cereal considerado alimento básico para el consumo de los ecuatorianos, existen alrededor de diez mil variedades de arroz. En el Ecuador los principales sectores arroceros se encuentran en las provincias de Los Ríos y Guayas, con una producción total del 95%. En los meses de abril y junio, meses que corresponden a la siembra de invierno, se recoge un 63% de la producción anual, mientras que la producción restante se encuentra desde el mes de septiembre hasta diciembre. Asimismo, este cereal aporta gran cantidad de energía en momentos cuando existe gran desgaste físico; sin embargo, el exceso de consumo de esta

gramínea puede llevar a la obesidad incluso a la diabetes, debido a que contiene 70 – 80% de almidón.

En la actualidad, el valor del arroz ha sido fijado en \$28.00 el quintal, dando un promedio de \$593.00/t.

### **1.2.1 Cultivo y Disponibilidad del Amaranto**

El amaranto es una planta de cultivo anual que tiene una raíz profunda, con tallo cilíndrico de color morado que puede alcanzar hasta 2 mt. de altura, su fruto son unas cápsulas pequeña que a la madurez presentan caída de semillas. La semilla es pequeña, lisa, brillante de color negro o purpura, es dura de moler y revienta con dificultad. La cosecha se realiza entre 150 a 180 días, El número de semillas por gramo es de 1800, de las cuales el 82% son normales y el 18% mal formadas o inmaduras. La semilla es dura, lo que genera dificultad para moler (rica en almidones) (2).

El amaranto puede ser cultivado a lo largo de toda la sierra ecuatoriana a alturas comprendidas entre 2000 y 3000 m. esta variedad de granos andinos se produce principalmente en la Sierra, en las provincias de Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Bolívar, Cañar, Azuay, Carchi y Cotopaxi (1). Es una planta termófila, muy susceptible a las heladas, por lo

que se deben evitar las áreas sensibles a este fenómeno, puede ser cultivado en suelos arenosos y arcillosos, solo asociado con el maíz y otros cultivos (2).

En Chimborazo, se logra una cosecha de 20 quintales a 30 quintales por hectárea al año, mientras que se cultivan en Cañar alrededor de 12 quintales por hectárea anuales. El rendimiento de la semilla se estima en 30 quintales el grano blanco y 20 quintales el grano negro, por cada hectárea de cultivo, el precio del quintal de grano bordea los \$150 y el de semilla está en \$200.00. Estos valores se deben a la falta de demanda actual (1).

A pesar de la reducida producción, la industria del amaranto se está desarrollando en el país, en Riobamba, Fortiori elabora granola y barras energéticas de amaranto.

#### **1.2.1.1 Composición Química y Valor Nutricional del Amaranto**

En la Tabla 1, se aprecia que el grano de amaranto en comparación con otros granos de uso común, es especialmente rico en proteínas, grasas, minerales y fibra. En la Tabla 2, se puede corroborar la calidad

de proteína del grano de amaranto (cantidad y distribución de aminoácidos), es única entre varios granos de alimentación humana; siendo especialmente rico en: Lisina, metionina, triptófano, fenilalanina y Arginina.

**TABLA 1**  
**COMPARATIVO DEL VALOR NUTRITIVO DEL**  
**AMARANTO Y OTROS GRANOS DE USO COMÚN,**  
**DATOS EXPRESADOS EN BASE SECA.**

| CARACTERÍSTICA      | AMARANTO | ARROZ  | TRIGO  |
|---------------------|----------|--------|--------|
| Proteína (%)        | 15,54    | 7,6    | 13,00  |
| Fibra cruda (%)     | 5,21     | 6,4    | 2,90   |
| Cenizas (%)         | 3,61     | 3,4    | 1,50   |
| Grasa (%)           | 7,31     | 2,2    | 1,70   |
| Calcio (%)          | 0,14     | 0,02   | 0,02   |
| Fósforo (%)         | 0,54     | 0,18   | 0,41   |
| Magnesio (%)        | 0,22     | 0,08   | 0,10   |
| Potasio (%)         | 0,57     | 0,12   | 0,40   |
| Sodio (%)           | 0,02     | 0,01   | 0,01   |
| Cobre (ppm)         | 6,00     | 4,00   | 4,20   |
| Manganeso (ppm)     | 12,00    | 7,00   | 28,00  |
| Zinc (ppm)          | 21,00    | 24,00  | 41,00  |
| Energía (Cal/100 g) | 439,90   | 364,00 | 354,00 |

**FUENTE:** Investigadores del Programa de Cultivos Andinos del INIAP (1998), Artículo "INIAP ALEGRIA" Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana (3).

**TABLA 2**  
**CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS DEL GRANO DE**  
**AMARANTO Y DE OTROS GRANOS DE USO COMÚN.**  
**DATOS EXPRESADOS EN GRAMOS DE**  
**AMINOÁCIDO POR 100 G DE PROTEÍNA, EN BASE**  
**SECA.**

| CARACTERÍSTICA | AMARANTO | ARROZ | TRIGO |
|----------------|----------|-------|-------|
| Triptófano     | 1,50     | 1,20  | 1,20  |
| Lisina         | 8,00     | 3,80  | 2,20  |
| Histidina      | 2,50     | 2,10  | 2,20  |
| Arginina       | 10,00    | 6,90  | 3,80  |
| Treonina       | 3,60     | 3,80  | 2,90  |
| Valina         | 4,30     | 6,10  | 4,50  |
| Metionina      | 4,20     | 2,20  | 1,60  |
| Isoleucina     | 3,70     | 4,10  | 3,90  |
| Leucina        | 5,70     | 8,20  | 7,70  |
| Fenilalanina   | 7,70     | 5,00  | 5,30  |

**FUENTE:** Investigadores del Programa de Cultivos Andinos del INIAP (1998), Artículo "INIAP ALEGRIA" Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana (3).

El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana y su aminoácido más limitante es la leucina, permite que la proteína de amaranto se absorba, se puede apreciar el alto valor biológico de su proteína comparándola con la proteína del trigo.

### 1.2.1.2 Composición Química y Valor Nutricional de la Harina de Amaranto.

Durante los últimos años se ha comprobado a través de técnicas modernas, la calidad y el alto valor nutritivo del amaranto, lo que ha llamado la atención a muchos investigadores especialistas en alimentos.

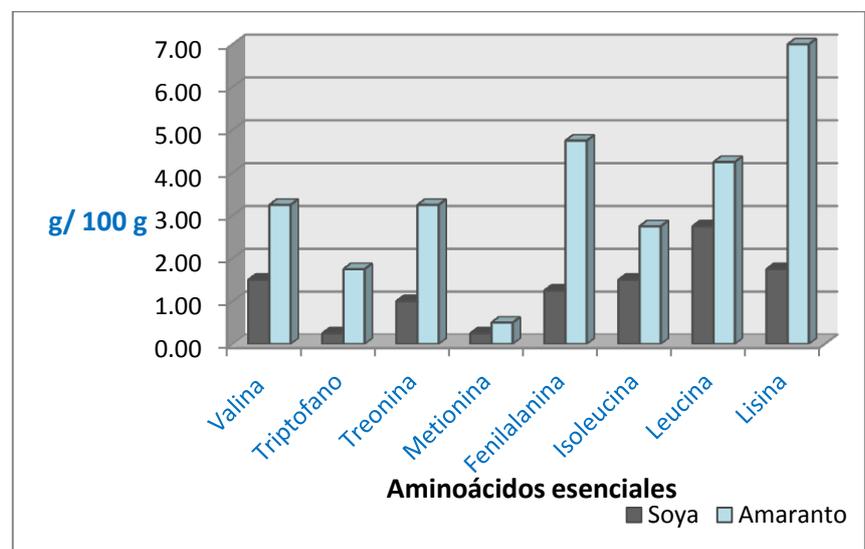
La tabla 3, muestra la composición química de la harina de amaranto presentando valores de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas y carbohidratos.

**TABLA 3**  
**ANÁLISIS DE LA HARINA INTEGRAL DE**  
**AMARANTO (g/100 g)**

| <b>COMPOSICIÓN</b> | <b>%</b> |
|--------------------|----------|
| Humedad            | 10,1     |
| Proteína           | 17,8     |
| Grasa              | 3,2      |
| Fibra              | 5,1      |
| Cenizas            | 2,1      |
| Carbohidratos      | 61,7     |

**FUENTE:** Sánchez, M.A.y S. Maya.1986.

De esta información se obtiene que el amaranto es rico en proteínas, la Figura 1.1 muestra una comparación de la calidad de la proteína de amaranto y soya, respecto al contenido de aminoácidos esenciales.



**FUENTE:** Cervantes, R., Fiorentini, L. 1980, empleo del aislado de proteína de soya en la elaboración de una pasta alimenticia (6).

**FIGURA 1.1 AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN  
PROTEÍNA DE SOYA Y AMARANTO**

### 1.2.1.3 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas de la Harina de Amaranto.

| REQUISITOS                       | Unid. | Harina panificable |      | Harina Integral |      | Harinas especiales |          |           | Harinas para todo uso |      | Método de ensayo |               |
|----------------------------------|-------|--------------------|------|-----------------|------|--------------------|----------|-----------|-----------------------|------|------------------|---------------|
|                                  |       | Extra              |      | Min.            | Máx. | Pastificios        | Galletas | Autoleud. | Min.                  | Máx. |                  |               |
|                                  |       | Min.               | Máx. |                 |      | Min.               | Máx.     | Min.      |                       |      |                  | Máx.          |
| Humedad                          | %     | -                  | 14,5 | -               | 15   | -                  | 14,5     | -         | 14,5                  | -    | 14,5             | NTE INEN 518  |
| Proteína (base seca)             | %     | 10                 | -    | 11              | -    | 10                 | -        | 9         | -                     | 9    | -                | NTE IN EN 519 |
| Cenizas (base seca)              | %     | -                  | 0,75 | -               | 2,0  | -                  | 0,8      | -         | 0,75                  | -    | 3,5              | NTE INEN 520  |
| Acidez (Exp. en ácido sulfúrico) | %     | -                  | 0,1  | -               | 0,1  | -                  | 0,1      | -         | 0,1                   | -    | 0,1              | NTE INEN 521  |
| Gluten húmedo                    | %     | 25                 | -    | -               | -    | 23                 | -        | 23        | -                     | 23   | -                | NTE INEN 529  |

\* Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%.

Fuente: INEN (Instituto ecuatoriano de normalización).

### FIGURA 1.2 REQUISITOS FÍSICO Y QUÍMICOS DE LA HARINA DE AMARANTO

| Requisitos         | Unidad   | Límite máximo | Método de ensayo  |
|--------------------|----------|---------------|-------------------|
| Aerobios mesófilos | ufc/g    | 100 000       | NTE INEN 1 529-5  |
| Coliformes         | ufc/g    | 100           | NTE INEN 1 529-7  |
| E. Coli            | ufc/g    | 0             | NTE INEN 1 529-8  |
| Salmonella         | ufc/25 g | 0             | NTE INEN 1 529-15 |
| Mohos y levaduras  | ufc/g    | 500           | NTE INEN 1 529-10 |

Fuente: INEN (Instituto ecuatoriano de normalización).

### FIGURA 1.3 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL AMARANTO

### 1.2.2 Cultivo y Disponibilidad de Arroz (*Oryza sativa*)

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. Comenzó a producirse hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical, posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que, en ella abundaban los arroces silvestres (8).

El arroz es el cultivo más extenso e importante del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país, teniendo importancia social y productiva, así como nutricional ya que esta gramínea contiene mayor aporte de calorías de todos los cereales (FAO).

En el Ecuador, el cultivo se desarrolla en dos épocas, en invierno en el mes de Enero y en verano en los meses de Junio – Julio utilizando sistema de riego.

Las condiciones óptimas para producir arroz en cuanto a temperatura varían de 22 – 30°C., y con un pH de 5,5 - 7 (8).

Por situación geográfica, el área donde se siembra mayor cantidad de arroz en el país es en la Costa, específicamente en la provincia del Guayas con un 54.52% del total producido

en todo el país (9). El tiempo promedio de desarrollo del arroz desde la siembra hasta la cosecha es de 120 días, el tiempo depende de la variedad sembrada, dándose un rendimiento promedio de 3.6 t/Ha (8). En el año 2009 el total de áreas cosechadas a nivel nacional fueron 373.624 Ha., dando una producción de 1'172.962,10 t. (arroz seco/limpio) (9).

#### **1.2.2.1 Composición Química y Valor Nutricional del Arroz.**

En la tabla 4, se muestra una comparación química y nutricional de dos tipos de arroz: arroz integral y el arroz blanco (refinado). El arroz integral contiene alto porcentaje nutricional, ya que conserva el salvado de la cascara y lo hace rico en fibras y vitaminas y a su vez sano para la salud.

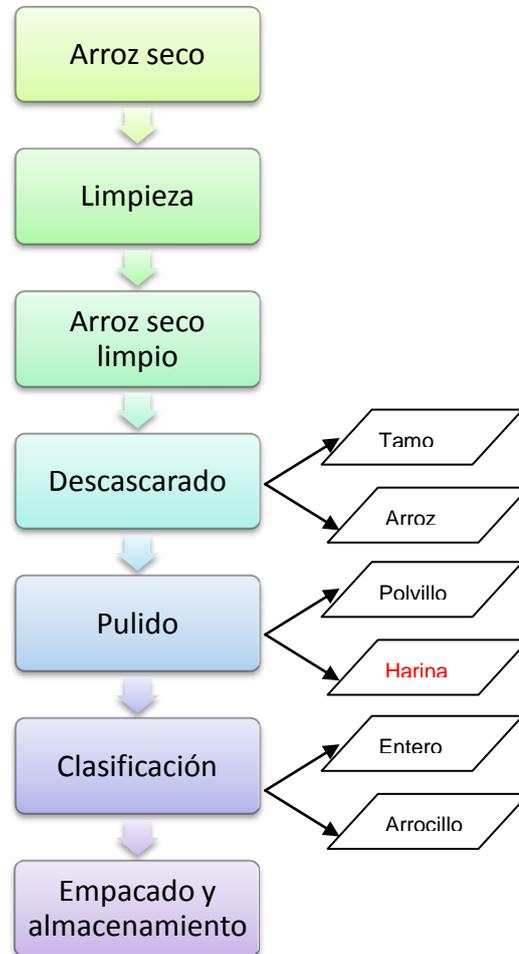
El arroz blanco (refinado) debido al proceso del pulido logra eliminar total o parcialmente la cutícula o salvado, perdiendo así gran parte de vitaminas, minerales y fibras (10).

**TABLA 4**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ARROZ**

| COMPOSICIÓN         | INTEGRAL | REFINADO | UNIDADES |
|---------------------|----------|----------|----------|
| Energía             | 350      | 364      | Kcal     |
| Grasa               | 2.2      | 0.9      | g        |
| Proteína            | 7.25     | 6.67     | g        |
| Hidratos de carbono | 74.1     | 81.6     | g        |
| Fibra               | 2.22     | 1.4      | g        |
| Potasio             | 238      | 109      | mg       |
| Sodio               | 10       | 3.9      | mg       |
| Fósforo             | 310      | 150      | mg       |
| Calcio              | 21       | 14       | mg       |
| Magnesio            | 110      | 31       | mg       |
| Hierro              | 1.7      | 0.8      | mg       |
| Zinc                | 1.6      | 1.5      | mg       |
| Selenio             | 10       | 7        | mg       |
| Yodo                | 2.2      | 14       | µg       |
| Vit. B1             | 0.41     | 0.05     | mg       |
| Vit. B2             | 0.09     | 0.04     | mg       |
| Vit. B3             | 6.6      | 4.87     | mg       |
| Vit. B6             | 0.27     | 0.2      | mg       |
| Acido fólico        | 49       | 20       | µg       |
| Vit. E              | 0.74     | 0.07     | µg       |

**FUENTE:** Investigadores Del Programa De Cultivos Andinos Del INIAP (1998), Artículo "INIAP ALEGRIA" Primera Variedad Mejorada De Amaranto Para La Sierra Ecuatoriana (3).

La harina de arroz se la obtiene en el proceso de pulido del arroz integral que pasa a ser arroz blanco.



**FUENTE:** Piedra Sthefania, Mejoramiento Del Control De La Etapa De Pulido Mediante El Análisis De Regresión De Las Variables Que Inciden En El Proceso De Pilado Del Arroz.

**FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE PROCESO DE PILADO DEL ARROZ.**

### 1.2.2.2 Composición Química y Valor Nutricional de la Harina de Arroz.

**TABLA 5**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA HARINA DE ARROZ**

| <b>Grupo</b>                      | <b>Cereales</b> |
|-----------------------------------|-----------------|
| Porción comestible                | 1,00            |
| Agua (ml)                         | 12,10           |
| Energía (Kcal)                    | 361,00          |
| Carbohidratos (g)                 | 79,00           |
| Proteínas (g)                     | 7,40            |
| Lípidos (g)                       | 0,60            |
| Colesterol (mg)                   | 0,00            |
| Sodio (mg)                        | 6,20            |
| Potasio (mg)                      | 112,00          |
| Calcio (mg)                       | 13,60           |
| Fósforo (mg)                      | 117,00          |
| Hierro (mg)                       | 0,83            |
| Retinol (mg)                      | 27,90           |
| Ácido ascórbico (Vit. C) (mg)     | 0,00            |
| Riboflavina (B2) (mg)             | 0,03            |
| Tiamina (B1) (mg)                 | 0,05            |
| Ácido fólico (µg)                 | 0,00            |
| Cianocobalamina (B12) (µg)        | 0,00            |
| Fibra vegetal (g)                 | 0,20            |
| Ácidos Grasos Poliinsaturados (g) | 0,00            |
| Ácidos Grasos Monoinsaturados (g) | 0,00            |
| Ácidos Grasos Saturados (g)       | 0,00            |
| Ácido Linoleico (g)               | 0,00            |
| Ácido Linolénico (g)              | 0,00            |

**FUENTE:** Nutriguía, Harina de Arroz: Composición Nutricional (11).

### 1.2.2.3 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas de la Harina de Arroz

| REQUISITOS                       | Unid. | Harina panificable |       | Harina Integral |      | Harinas especiales |      |          | Harinas para todo uso |           | Método de ensayo |              |               |              |
|----------------------------------|-------|--------------------|-------|-----------------|------|--------------------|------|----------|-----------------------|-----------|------------------|--------------|---------------|--------------|
|                                  |       | Extra              |       | Min.            | Máx. | Pastificios        |      | Galletas |                       | Autoleud. |                  |              |               |              |
|                                  |       | Min.               | Máx.  |                 |      | Min.               | Máx. | Min.     | Máx.                  | Min.      |                  | Máx.         |               |              |
| Humedad                          | %     | -                  | 14,5  | -               | 15   | -                  | 14,5 | -        | 14,5                  | -         | 14,5             | NTE INEN 518 |               |              |
| Proteína (base seca)             | %     | 10                 | -     | 11              | -    | 10                 | -    | 9        | -                     | 9         | -                | 9            | NTE IN EN 519 |              |
| Cenizas (base seca)              | %     | -                  | *0,75 | -               | 2,0  | -                  | 0,8  | -        | 0,75                  | -         | 3,5              | -            | 0,85          | NTE INEN 520 |
| Acidez (Exp. en ácido sulfúrico) | %     | -                  | 0,1   | -               | 0,1  | -                  | 0,1  | -        | 0,1                   | -         | 0,1              | -            | 0,1           | NTE INEN 521 |
| Gluten húmedo                    | %     | 25                 | -     | -               | -    | 23                 | -    | 23       | -                     | 23        | -                | 25           | -             | NTE INEN 529 |

\* Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%.

Fuente: INEN (Instituto ecuatoriano de normalización).

### FIGURA 1.5 REQUISITOS FÍSICO Y QUÍMICOS DE LA HARINA DE ARROZ.

| Requisitos         | Unidad   | Limite máximo | Método de ensayo  |
|--------------------|----------|---------------|-------------------|
| Aerobios mesófilos | ufc/g    | 100 000       | NTE INEN 1 529-5  |
| Coliformos         | ufc/g    | 100           | NTE INEN 1 529-7  |
| E. Coli            | ufc/g    | 0             | NTE INEN 1 529-8  |
| Salmonella         | ufc/25 g | 0             | NTE INEN 1 529-15 |
| Mohos y levaduras  | ufc/g    | 500           | NTE INEN 1 529-10 |

Fuente: INEN (Instituto ecuatoriano de normalización).

### FIGURA 1.6 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL ARROZ

## 1.3 Proceso de Elaboración de Pan

El pan es un alimento popular e imprescindible en la alimentación diaria de algunas familias, y es que en cierta medida lo es porque

está elaborado con cereales que aportan hidratos de carbono, un nutriente necesario para mantener una perfecta salud y conseguir la energía necesaria para el día a día (12). Que ha ido acompañando al hombre desde los 8000 a.c. Resultado de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harinas, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación, como *Saccharomyces cerevisiae*.

Debido a su alto consumo a nivel mundial, el pan ha sido formulado de distintas maneras, adaptándose a gustos y costumbres en cada región, es por ello que hoy en día hay tantas variedades como por ejemplo: pan integral, pan blanco, pan de centeno, etc.

La textura del pan, depende de la riqueza de la fórmula usada en la preparación de la masa; así como, de sus ingredientes básicos en la producción de pan, estos son: harina, agua, levadura y sal. Existen otros ingredientes que pueden añadirse: como leche, huevos, miel, azúcar o nueces también pueden ser añadidos, pero no son elementales (13).

El pan proporciona carbohidratos en forma de almidón, proteínas, aceites, fibras de celulosa y algunas vitaminas; además en muchas áreas del medio y lejano oriente, donde el arroz era un producto básico, el pan fue convirtiéndose lentamente en un producto de

primera necesidad. Sin embargo, el crecimiento de los estándares de vida a escala mundial ha permitido que el pan reemplace lentamente al arroz como un producto básico y recurso primario de carbohidratos (13).

Existen infinidad de tipos de pan, cada tipo dependerá de los ingredientes que se le añade en el proceso de elaboración, ejemplos de panes son: trigo, cebada, avena, molde, etc. Para llevar a cabo el proceso de elaboración del pan se necesita realizar las siguientes etapas:

Tamizado.- Es un proceso en el cual se hace aislamiento de la parte más gruesa de un alimento seco y pulverizado por medio del uso de un cedazo o tamiz, el mismo que ayuda a depurar, elegir con cuidado y minuciosidad, pasando las partículas de menor tamaño a otro recipiente, separando las más grandes que quedan retenidas.

Pesado.- Se pesa la harina, azúcar, grasa, sal, levadura y agua.

Mezclado.- Se toma una parte del agua y del azúcar de la fórmula y se mezcla con la levadura dejando reposar por 45 minutos la masa, logrando que se active la levadura.

Amasado.- El objetivo principal del proceso de amasado es de transformar las propiedades físico-químico de la masa, permitiendo la siguiente fase que es la fermentación.

Dividir.- Dividir la masa al tamaño deseado, bajo la forma de una bola, y dejar que crezca en las mismas condiciones que el paso anterior durante 45 minutos a 30°C.

Formar y reposar.- Una vez dividida la bola de masa y haber reposado, la siguiente etapa es el formado de la pieza. Esta operación consiste en dar forma simétrica a los trozos de masa. El formado es una de las etapas claves en la elaboración del pan, muchos de los defectos originados en el pan se debe, a la mala manipulación de la masa durante el formado.

Fermentación.- Es una etapa clave y decisoria en la elaboración del pan, la masa suele adquirir mayor tamaño debido a que la levadura libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante su etapa de metabolismo, ocasionando que la masa se vaya 'inflando' paulatinamente a medida que avanza el tiempo. Durante la ejecución de esta fase del proceso hay que poner especial cuidado en el control de la temperatura, debido a que la máxima actividad metabólica de las levaduras se produce de 35° a 47°C (14).

Tanto si se trata de darle forma redonda o alargada a la masa, se debe apretar lo más posible pero sin desgarrar la masa, si esto ocurre quedará reducido el volumen del pan. El apretar más o

menos estará condicionado por la fuerza y la tenacidad de la masa; cuando es floja y extensible habrá que replegar más la masa para dotarla de mayor fuerza, si por el contrario es fuerte hay que dejarla más floja procurando que no queden bolsas de aire, el alveolado de la miga del pan hecho a mano siempre es mayor que el formado a máquina.

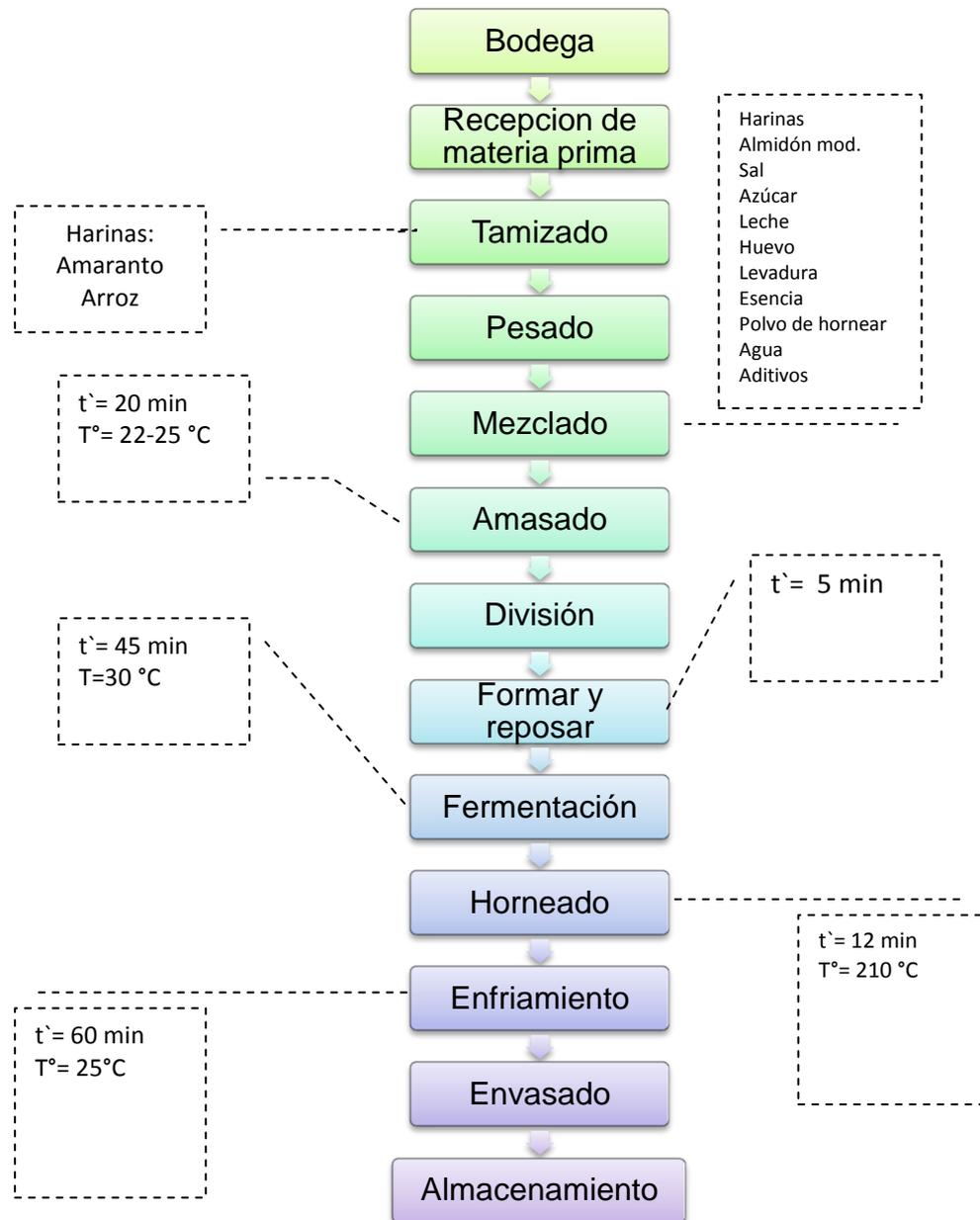
Horneado.- La cocción es la etapa en la cual la masa se transforma en pan, este paso es más o menos rápido según la temperatura del horno y el tamaño de las piezas, al comienzo de la cocción y una vez dado el vapor, la masa es suficientemente elástica y puede aumentar de volumen en el horno. El almidón se hincha ligeramente, los gases se dilatan y los alveolos interiores aumentan de volumen; al mismo tiempo, la actividad enzimática se va desactivando a medida que en el interior de la masa alcanza los 75°C, el gluten se coagula y mantiene la estructura en la pieza, más adelante el pan empieza a tomar color y pierde humedad.

La temperatura y su evolución durante la cocción es también un factor importante para la calidad del pan, que dependiendo del tamaño de la pieza, del contenido de agua en la masa, del tipo de horno; así como, de la climatología, debe estar interrelacionada con el tiempo de permanencia del pan en el horno.

Enfriamiento.- Una vez que el pan ha salido del horno, es roseado con una solución de sorbato garantizando su vida útil. Se enfría el producto a temperatura ambiente de tal manera que sea apto para el consumo.

Envasado.- Es un método que consiste en proteger al producto de agentes externos utilizando fundas de polietileno de baja densidad, debe asegurar la conservación del mismo.

Almacenaje.- El almacenamiento del pan será corto ya que se trata de un producto perecedero.



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 1.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE PAN PARA CELÍACOS.**

#### **1.4 Características de las Personas con Intolerancia al Gluten (Celíacos).**

La enfermedad celíaca (EC), es una respuesta autoinmune al consumo de gluten, proteína presente en algunos cereales, se manifiesta en individuos predispuestos genéticamente (17), es decir que existe una incidencia familiar en desarrollar la enfermedad. El único remedio para esta dolencia es la dieta libre de gluten de por vida, es decir que no tiene cura.

Según los datos de la Asociación Celíaca de Castilla y León (España), en su delegación en Burgos, la patología afecta a una de cada 120 personas (4). Es importante conocer que el gluten forma parte del 80% de la alimentación, bien de forma directa o como espesante, soporte de aromas y aglutinante. Se deduce que el 80% de los productos manufacturados que se encuentra en el mercado, no son aptos para los celíacos (17).

Para las personas con EC, la ingesta de gluten conlleva a la atrofia de las vellosidades intestinales, ocasionando la mal absorción de los nutrientes que componen la alimentación diaria. Un diagnóstico mal hecho o a destiempo aumenta el riesgo de enfermedades asociadas como linfoma y cáncer de intestino, puede conducir a la muerte (17).

La EC se manifiesta de diversas maneras (ver Tabla 6), la clásica con problemas gastrointestinales recurrentes, la enfermedad es congénita, donde el desarrollo de la enfermedad depende de factores aún no determinados, asimismo, le acompañan varias enfermedades debido a la mala absorción, varias de ellas son graves y la mayoría afectan a la calidad de vida del celíaco.

Para una dieta correcta se debe consumir productos que no lleven gluten o productos especiales para celíacos, según la norma del “Codex Alimentarius” el límite máximo es 200 ppm de gluten.

**TABLA 6**  
**SÍNTOMAS QUE PRESENTA UN PACIENTE CELÍACO**

| <b>LOS SÍNTOMAS</b>   |  |  |
|---|--|--|
| <b>TÍPICOS EN NIÑOS</b>   | <b>TÍPICOS EN ADULTOS</b>  | <b>ATÍPICOS EN NIÑOS Y ADULTOS</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trastornos de desarrollo</li> <li>• Baja estatura y pérdida de peso</li> <li>• Vómitos</li> <li>• Dolor abdominal recurrente</li> <li>• Diarrea crónica</li> <li>• Atrofia muscular</li> <li>• Intestino irritable</li> <li>• Irritabilidad y mal humor</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diarrea crónica</li> <li>• Pérdida de peso</li> <li>• Distensión abdominal</li> <li>• Dolor abdominal recurrente</li> <li>• Decaimiento y malestar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aftas recurrentes</li> <li>• Dermatitis herpetiforme</li> <li>• Constipación</li> <li>• Alteración del esmalte dental</li> <li>• Osteoporosis y osteomalacia</li> <li>• Retraso puberal</li> <li>• Pérdidas de embarazos</li> </ul> |

**Fuente:** Verónica Wiñazqui, Que es la Celiaquía (17).

# CAPÍTULO 2

## 2. DISEÑO DE EXPERIMENTO

Se ha realizado un diseño de experimentos para el mejoramiento de la textura con el fin de tener buena acogida del producto.

Con pruebas realizadas, se elaboró el diseño de experimentos basado en análisis sensoriales según pruebas discriminativas (Prueba de comparación múltiple) y con equipos de medición; como es el caso del texturómetro BROOKFIELD y termobalanza KERN.

Para conseguir el diseño de experimentos se estableció como variable a manipular los porcentajes de: Harina de amaranto, Harina de arroz y almidón modificado influyendo en las características organolépticas de sabor, olor y textura del pan.

## 2.1. Variables del Experimento.

### 2.1.1 Variables Fijas.

En la Tabla 7, se considera como variables fijas, todos aquellos ingredientes que mantienen su porcentaje de adición a lo largo de la ejecución de la prueba. Todas estas variables tienen longitud fija, salvo en algunas excepciones como en el caso de las harinas, ya que al inicio de la experimentación su porcentaje en la masa era equitativo; sin embargo, a lo largo del experimento se decidió utilizar la harina de amaranto como base debido a su alto contenido proteico.

**TABLA 7**  
**VARIABLES FIJAS**

| <b>Ingredientes</b>   | <b>%</b> |
|-----------------------|----------|
| <b>Huevos</b>         | 20       |
| <b>Grasa</b>          | 10       |
| <b>Leche en polvo</b> | 10       |
| <b>Dimodan</b>        | 0,24     |
| <b>Goma guar</b>      | 0,05     |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

Otra excepción a considerar son las esencias utilizadas para enmascarar el sabor proveniente de la harina de amaranto, ya que no afecta a la textura y apariencia del pan.

### 2.1.2 Variables a Manipular

Se ha considerado como variables a manipular, aquellos ingredientes que cumplen un papel importante en la parte organoléptica del pan; además, de los principales componentes del producto.

A continuación, en la Tabla 8, se muestra aquellos ingredientes que han ido variando en el trayecto del experimento.

**TABLA 8**  
**VARIABLES A MANIPULAR**

| <b>Ingrediente</b> | <b>%</b> |
|--------------------|----------|
| Levadura           | 3 – 6    |
| Polvo de hornear   | 3 – 5    |
| Sal                | 0,5 – 2  |
| Azúcar             | 0,05 – 8 |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

Se utilizó el programa ANOVA, facilitando diversas formulaciones de manera aleatoria, se consideran valores máximos y mínimos permitidos para las harinas y el almidón modificado de maíz (ver Tabla 9), Con estos valores se obtuvieron 8 mezclas (ver Tabla 10).

**TABLA 9**  
**VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS**

| <b>Ingrediente</b>   | <b>Valor máx.(1)</b> | <b>Valor min.(-1)</b> |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Harina de amaranto   | 50,46 %              | 45,46 %               |
| Harina de arroz      | 6,31 %               | 3,31 %                |
| Almidón mod. De maíz | 6,31 %               | 3,31 %                |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**TABLA 10**  
**MEZCLAS OBTENIDAS POR ANOVA**

|    | <b>Harina de arroz</b> | <b>Harina de amaranto</b> | <b>Sémola</b> |
|----|------------------------|---------------------------|---------------|
| F1 | 1                      | 1                         | -1            |
| F2 | 1                      | -1                        | 1             |
| F3 | 1                      | 1                         | 1             |
| F4 | -1                     | -1                        | -1            |
| F5 | -1                     | 1                         | 1             |
| F6 | -1                     | 1                         | -1            |
| F7 | -1                     | -1                        | 1             |
| F8 | 1                      | -1                        | -1            |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

## 2.2 Análisis Físico

Las 8 fórmulas obtenidas se le realizó un análisis de textura por duplicado comparándolos con un pan integral, ya que estos panes se asemejan a este tipo de pan.

Para determinar la textura de los panes para celíacos y el pan integral se hizo con el texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30). Las condiciones se muestran en la Tabla 11.

**TABLA 11**  
**PARÁMETROS DE MEDICIÓN**

| <b>Parámetro</b>  | <b>Descripción</b> |
|-------------------|--------------------|
| Sonda             | TA 3/100           |
| Valor Meta        | 10 mm              |
| Tiempo            | 0 s                |
| Tipo de Objetivo  | Distancia          |
| Velocidad de Test | 0.50 m/s           |
| Carga             | 5.00 g             |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

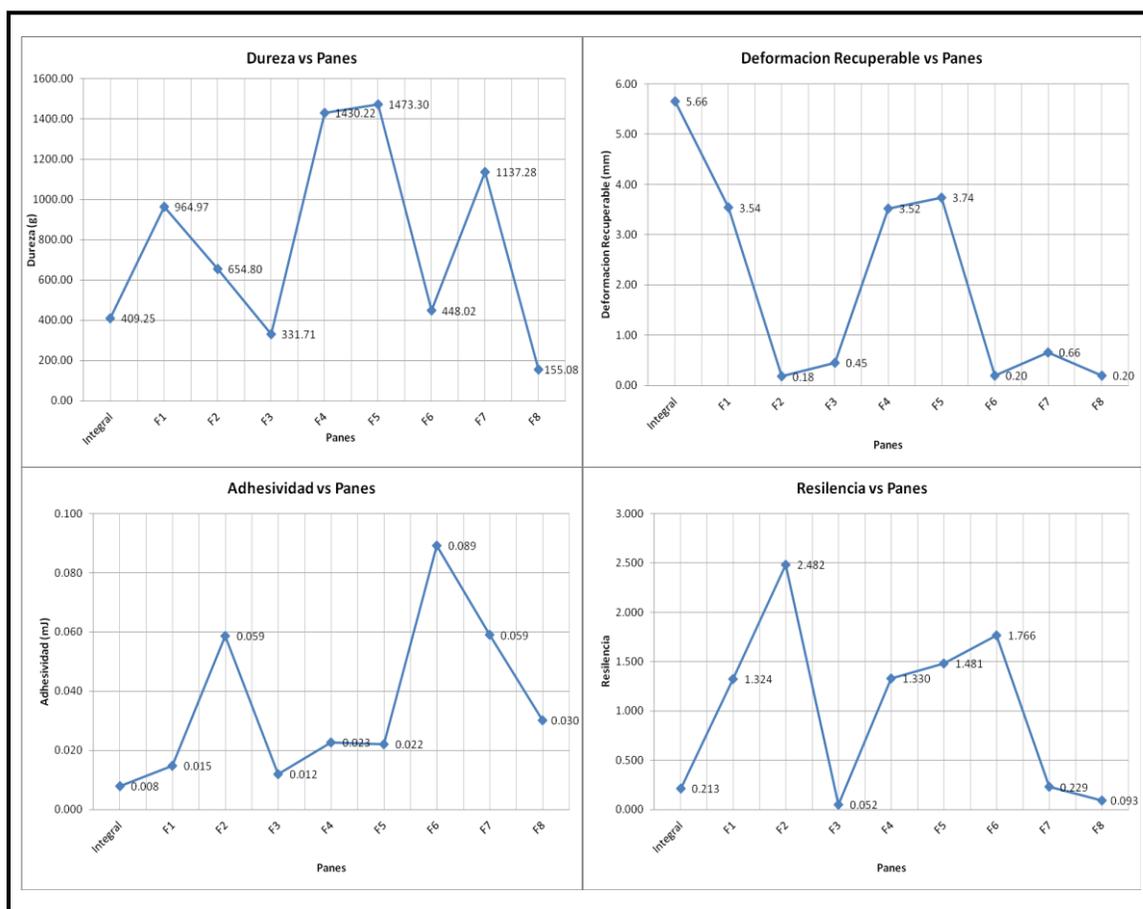
Las características medidas fueron: dureza, deformación recuperable, adhesividad y resiliencia donde los resultados

obtenidos se representan en la Tabla 12 y la Figura 2.1 donde se compara la reología de los panes.

**TABLA 12**  
**ANÁLISIS DE TEXTURA**

| <b>PANES</b> | <b>Dureza (g)</b> | <b>Deformación Recuperable (mm)</b> | <b>Adhesividad (mJ)</b> | <b>Resiliencia</b> |
|--------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Integral     | 409.25            | 5.66                                | 0.008                   | 0.213              |
| F1           | 964.97            | 3.54                                | 0.015                   | 1.324              |
| F2           | 654.80            | 0.18                                | 0.059                   | 2.482              |
| F3           | 331.71            | 0.45                                | 0.012                   | 0.052              |
| F4           | 1430.22           | 3.52                                | 0.023                   | 1.330              |
| F5           | 1473.30           | 3.74                                | 0.022                   | 1.481              |
| F6           | 448.02            | 0.20                                | 0.089                   | 1.766              |
| F7           | 1137.28           | 0.66                                | 0.059                   | 0.229              |
| F8           | 155.08            | 0.20                                | 0.030                   | 0.093              |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

## GRÁFICO 2.1 ANÁLISIS DE TEXTURA

Como se observa en las gráficas anteriores el pan de la fórmula 3 presenta características reológicas similares a las del pan patrón (pan integral), por lo que podría ser nuestra fórmula final.

### 2.3 Análisis Químico

Las pruebas químicas que se realizaron son:

- Determinación de humedad (método termo gravimétrico)
- Proteínas (método AOAC 18<sup>th</sup> 925.10).

Para determinar la humedad de los panes para celíacos se utilizó el termo balanza KERN (**Modelo: M1850-30**). Las condiciones y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 13.

**TABLA 13**

#### **PARÁMETROS QUÍMICOS DE MEDICIÓN**

| <b>Parámetro</b> | <b>Resultado %</b> | <b>Método/Ref.</b>           |
|------------------|--------------------|------------------------------|
| <b>Humedad</b>   | 32.02 ± 0,362      | AOAC 18 <sup>th</sup> 925.10 |
| <b>Proteína</b>  | 9,27               | AOAC 18th 920.10             |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012

### 2.4 Análisis Microbiológico

Las pruebas que se realizan al pan para celíacos una vez ya horneado son: aerobios, mohos y levaduras y E. Coli, se utiliza la Norma Oficial Mexicana 247-SSA1-2008 para pan tradicional ya que no existe una

norma ecuatoriana para este tipo de producto, los parámetros y requisitos se muestran en la Tabla 14.

**TABLA 14**  
**PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE MEDICIÓN**

| <b>Parámetro</b>              | <b>Requisitos</b> |
|-------------------------------|-------------------|
| <b>Mesófilos aerobios</b>     | 10 000 UFC/g      |
| <b>Hongos</b>                 | 300 UFC/g         |
| <b>Coliformes totales</b>     | <30 UFC/g         |
| <b>Salmonella spp. en 25g</b> | negativa          |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012

## 2.5 Análisis Sensorial.

La evaluación sensorial, es el [análisis](#) normalizado de los [alimentos](#), se realiza con los [sentidos](#), se suele denominar "normalizado" con el objeto de disminuir la [subjetividad](#) que pueden dar la evaluación mediante los sentidos. La evaluación sensorial se emplea en el [control de calidad](#) de ciertos productos alimenticios para la comparación de un nuevo producto que sale al mercado. Los métodos de Evaluación se dividen en tres grupos:

**Pruebas Descriptivas.-** se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio con jueces entrenados.

**Pruebas Afectivas.-** las cuales se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio.

**Pruebas Discriminativas.-** Es una prueba para establecer si hay diferencia o no entre 2 o más muestras, se utiliza en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote son elaboradas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares. Para estas pruebas es preferible que los jueces sean entrenados ya que hay que considerar diferencias en cuanto a algún atributo en particular y evaluar la magnitud de la diferencia.

Este estudio está basado en la utilización de Pruebas Discriminativas, que dentro de su división se usará la prueba de comparaciones múltiples ya que se debe de analizar un grupo grande de muestras, en vez de llevar a cabo muchas comparaciones apareadas o pruebas

triangulares, es posible efectuar la comparación simultánea de varias muestras, refiriéndolas a un estándar, patrón, o muestra de referencia.

Este método resulta muy útil para evaluar el efecto de variaciones en una formulación, la sustitución de un ingrediente, que como se ha visto, puede analizarse también mediante la prueba triangular, cuando hay que evaluar pocos tratamientos, así como la influencia del material de empaque, las condiciones del proceso, etc. (18).

Para determinar los datos de la evaluación sensorial se utilizó el software estadístico MINITAB 16

## **ANOVA dos factores**

### **Modelo Estadístico**

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_j + \beta_i + \varepsilon_{ijk}$$

### **Prueba de hipótesis**

$H_0$ : Las muestras son iguales.

$H_a$ : Las muestras son diferentes.

$H_{02}$ : El efecto de los jueces sobre la variable de respuesta es significativo.

$H_{a2}$ : El efecto de los jueces sobre la variable de respuesta no es significativo.

#### **ANOVA de dos factores: Calificación vs. Muestra. Juez**

| <b>Fuente</b> | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Muestra       | 7         | 109.359   | 28.0513   | 18.95    | 0.000    |
| Juez          | 7         | 10.609    | 1.5156    | 1.02     | 0.426    |
| Error         | 49        | 72.516    | 1.4799    |          |          |
| Total         | 63        | 279.484   |           |          |          |

S = 1,217 R-cuad. = 74,05% R-cuad.(ajustado) = 66,64%

Con un valor p menor a 0.05 ( $p=0.000$ ) existe evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_{01}$  a favor de  $H_{a1}$ , por lo tanto las muestras son diferentes.

Con un valor  $p$  mayor a 0.05 ( $p=0.426$ ) existe evidencia estadística suficiente para no rechazar  $H_0$  a favor de  $H_a$ , por lo tanto el efecto de los jueces no es significativo sobre la variable de respuesta.

### Prueba de Tukey

| Muestra | N | Media | Agrupación |   |   |   |   |
|---------|---|-------|------------|---|---|---|---|
| 7       | 8 | 7.000 | A          |   |   |   |   |
| 8       | 8 | 6.875 | A          |   |   |   |   |
| 4       | 8 | 6.750 | A          |   |   |   |   |
| 5       | 8 | 6.000 | A          |   |   |   |   |
| 3       | 8 | 5.875 | A          | B |   |   |   |
| 6       | 8 | 4.000 | B          |   | C |   |   |
| 1       | 8 | 3.375 |            |   |   | C | D |
| 2       | 8 | 2.000 |            |   |   |   | D |

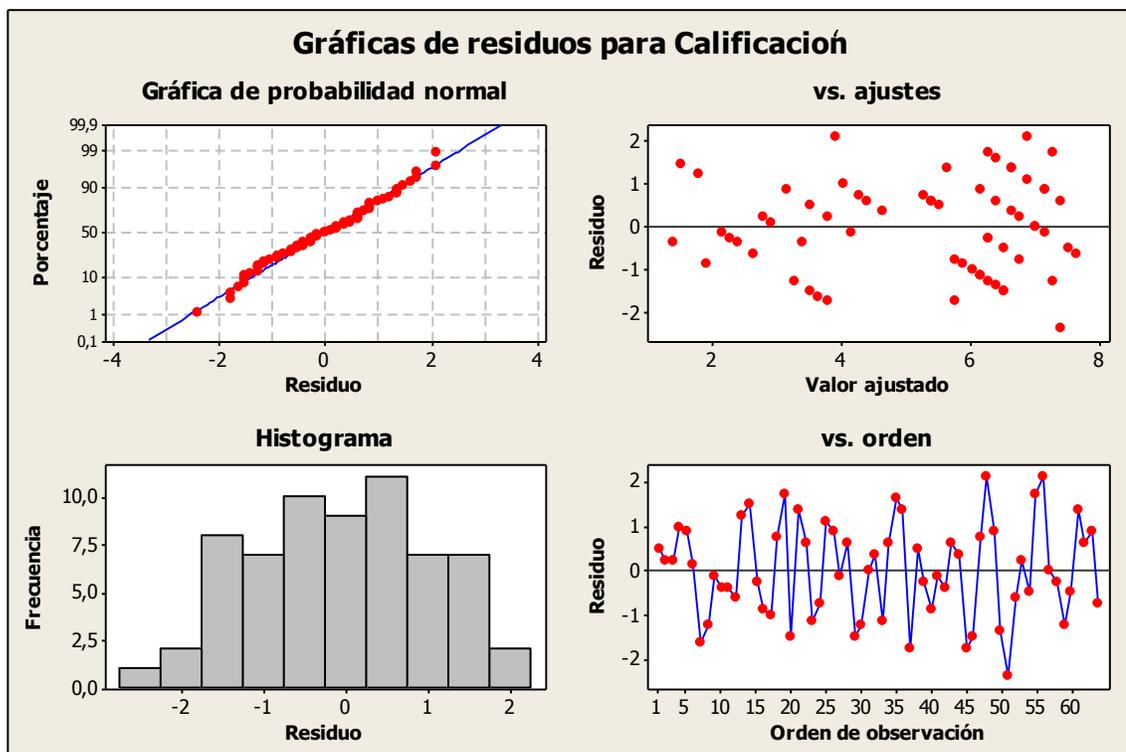
Las muestras 7, 8, 4, 5, 3 no son diferentes entre sí.

Las muestras 3 y 6 no son diferentes entre sí.

Las muestras 1 y 6 no son diferentes entre sí.

Las muestras 1 y 2 no son diferentes entre sí.

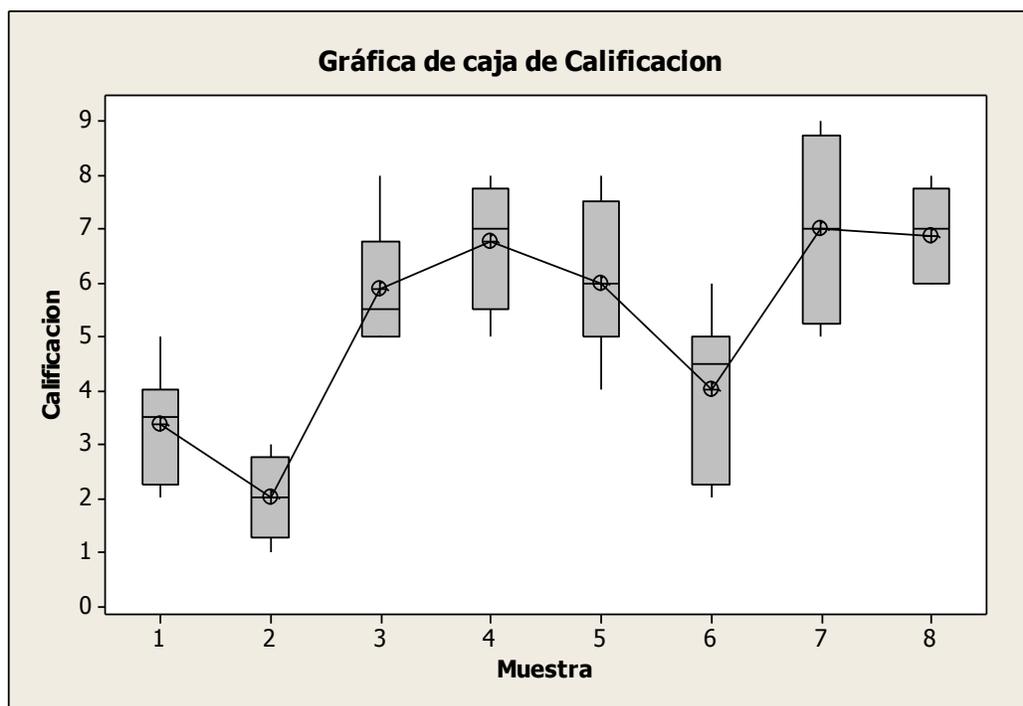
## SUPUESTOS DEL ANOVA



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

### Gráfico 2.2 RESIDUOS PARA CALIFICACIÓN

Los gráficos de la izquierda muestran que se cumple con el supuesto de normalidad del error, el gráfico superior derecho indica que se está cumpliendo con el supuesto de homogeneidad de la varianza y por último, el gráfico inferior derecho comprueba el supuesto de independencia de las observaciones.



**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

### GRÁFICO 2.3 CAJA DE CALIFICACIÓN

El gráfico 2.3 muestra cada fórmula elaborada con su media de calificación, facilitando la elección del más aceptable en cuanto a sus atributos sensoriales, posterior a esto y junto con los análisis de textura se escogerá la fórmula más idónea.

## 2.6 Formulación.

Según el análisis físico y análisis sensorial se pudo determinar que la fórmula final e ideal de este pan para celíacos es la número 3, la cual se representa en la Tabla 15.

**TABLA 15**  
**FÓRMULA FINAL**

| <b>INGREDIENTES</b>        | <b>%</b> | <b>g</b> |
|----------------------------|----------|----------|
| Harina amaranto            | 50,46    | 120      |
| Agua                       | 27       | 89       |
| Huevo                      | 12,61    | 30       |
| Harina de arroz            | 6,31     | 15       |
| Almidón modificado de maíz | 6,31     | 15       |
| Grasa                      | 6,3      | 15       |
| Leche                      | 6,3      | 15       |
| Azúcar                     | 5,04     | 12       |
| Polvo de hornear           | 1,89     | 4,5      |
| levadura                   | 1,89     | 4,5      |
| Sal                        | 1,26     | 3        |
| Esencia de mantequilla     | 1,26     | 3        |
| Dimodan                    | 0,32     | 0,75     |
| Goma Guar                  | 0,03     | 0,075    |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

## **2.7 Caracterización del producto final.**

En cuanto a las características físicas, resultó un pan agradable visualmente, en cuanto al sabor es aceptable debido al incremento de esencia de mantequilla, se decidió que esta sería la fórmula final a escoger ya que la textura resultó agradable.

# **CAPÍTULO 3**

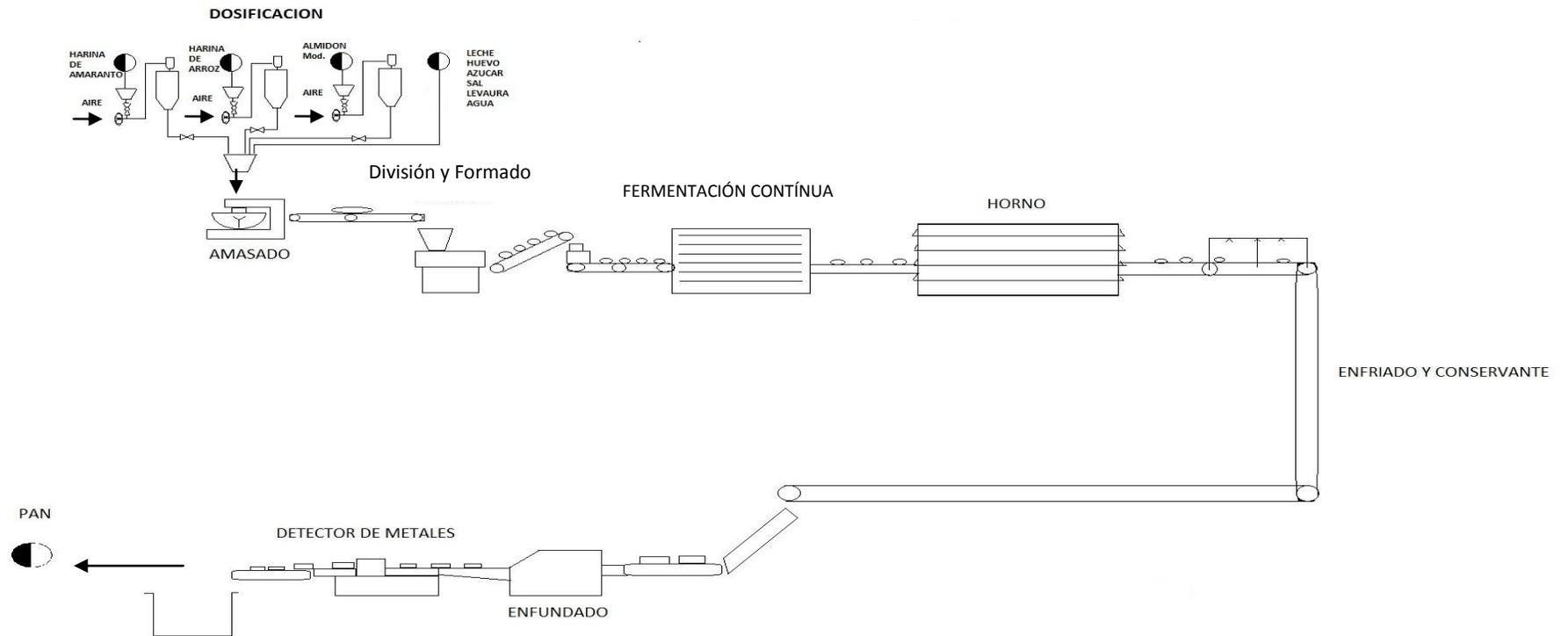
## **3. DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

### **3.1 Descripción del Plano Físico del Área**

Ver Plano 1.

## 3.2 Diagrama del Equipo.

### 3.2.1 Diagrama de los Equipos



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE EQUIPOS.**

### 3.2.2 Requerimiento de Energía.

**TABLA 16**  
**REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA**

| EQUIPO                                     | CANTIDAD | CANTIDAD DE ENERGÍA REQUERIDA (kw/h) |
|--|----------|--------------------------------------|
| Amasadora                                  | 1        | 7,457                                |
| Divisora                                   | 1        | 16,8                                 |
| Banda transportadoras, elevadores, cadenas | 10       | 3,11                                 |
| Cámara de fermentación                     | 1        | 7,5                                  |
| Horno                                      | 1        | Combustible                          |
| Sistema de envasado                        | 1        | 2,1                                  |
| <b>TOTAL</b>                               |          | <b>36,178</b>                        |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

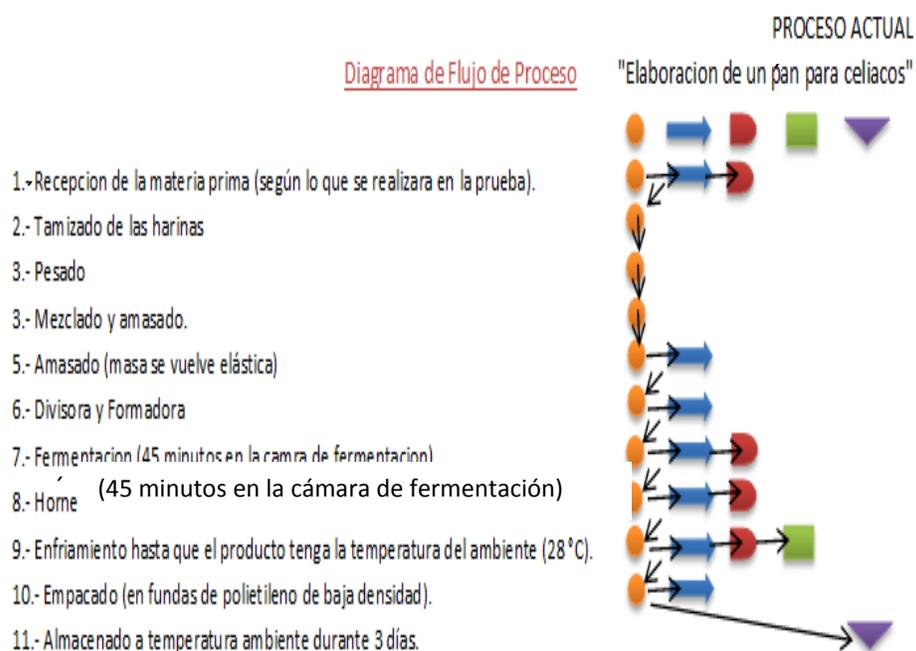
### 3.2.3 Requerimiento de Agua.

El agua se utiliza en la etapa de amasado, las características y su calidad se explican en el punto 3.6, la cantidad a usar para el proceso es 3971 L/día.

Otra etapa a usar agua, es en la fermentación donde se usa 50L diarios. Para limpieza de equipos se usa agua potable, ayuda en la remoción de los sólidos de los equipos antes de su limpieza y

también para su enjuague antes de la sanitización, la cantidad a usar será de 80L aproximadamente.

### 3.2.4 Diagrama de Recorrido.



| RESUMEN |                |    |
|---------|----------------|----|
| ●       | OPERACIÓN      | 10 |
| →       | TRANSPORTE     | 7  |
| ◐       | DEMORA         | 4  |
| ■       | INSPECCION     | 1  |
| ▼       | ALMACENAMIENTO | 1  |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE RECORRIDO**

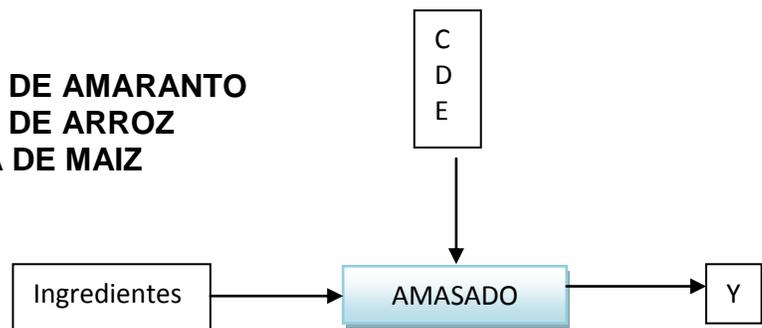
### 3.2.5 Balance de Materia y Energía

#### ETAPAS A ANALIZAR

- AMASADO
- BOLEADO
- HORNEO

#### AMASADO

C= HARINA DE AMARANTO  
D= HARINA DE ARROZ  
E= FECULA DE MAIZ



$$Y = 176,825 + 150$$

$$Y = 326,825 \text{ g}$$

#### BOLEADO

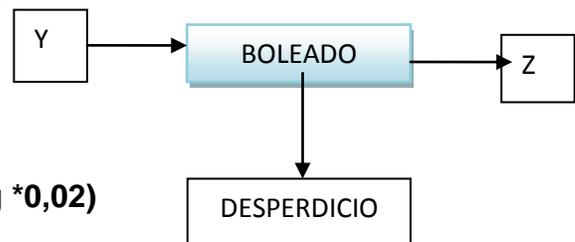
DESPERDICIO= 2,088 %

Z= Y-DESPERDICIO

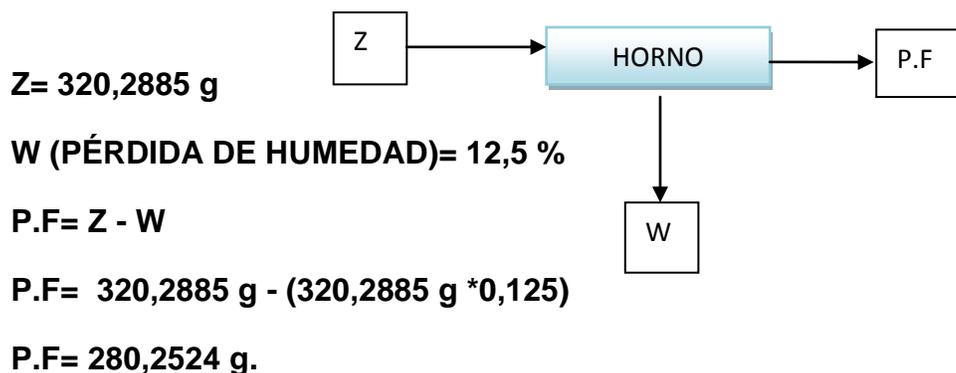
$$Z = 326,825 \text{ g} - (Y * 0,02)$$

$$Z = 326,825 \text{ g} - (326,825 \text{ g} * 0,02)$$

$$Z = 320,2885 \text{ g}$$



### HORNEO



#### 3.2.6 Rendimientos.

Debido a que el producto está dirigido a celíacos y como no existe en estudio el Ecuador un estudio que indique la cantidad exacta de celíacos, se investigo que 1 de cada 120 personas en el mundo padece de esta enfermedad y gracias a los datos del censo de población y vivienda realizado por el INEC, se pudo determinar hipotéticamente la población celíaca en el país, reduciéndola a solo la del guayas.

Población en la provincia del guayas: 3`645 483 habitantes.

Segmento de mercado: 0.8% celíacos en la provincia del guayas.

Población Celíaca = cantidades de panes a producir diariamente

|                         |             |                  |
|-------------------------|-------------|------------------|
| Población en guayas---> | 36 45483    | <del>100 %</del> |
| Población celíaca-----> | x=29 163,86 | 0.8 %            |

Cantidad de Masa a Usar

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| 1 pan           | <del>0.08 kg masa</del> |
| 29 163,86 panes | x=2 333,10912 kg masa   |

Mediante los cálculos realizados se determinó que se producirá

2 333,10912 kg/día.

**TABLA 17**  
**MASA TOTAL A USAR**

| INGREDIENTES               | %     | g       | Kg       | Masa Total (Kg) |
|----------------------------|-------|---------|----------|-----------------|
| Harina amaranto            | 50.46 | 120     | 0.12     | 857             |
| Agua                       | 27    | 89      | 0.089    | 635             |
| Huevo                      | 12.61 | 30      | 0.03     | 214             |
| Harina de arroz            | 6.31  | 15      | 0.015    | 107             |
| Almidón modificado de maíz | 6.31  | 15      | 0.015    | 107             |
| Grasa                      | 6.3   | 15      | 0.015    | 107             |
| Leche                      | 6.3   | 15      | 0.015    | 107             |
| Azúcar                     | 5.04  | 12      | 0.012    | 86              |
| Polvo de hornear           | 1.89  | 4.5     | 0.0045   | 32              |
| levadura                   | 1.89  | 4.5     | 0.0045   | 32              |
| Sal                        | 1.26  | 3       | 0.003    | 21              |
| Esencia de mantequilla     | 1.26  | 3       | 0.003    | 21              |
| Dimodan                    | 0.32  | 0.75    | 0.00075  | 5               |
| Goma guar                  | 0.03  | 0.075   | 0.000075 | 1               |
| <b>TOTAL DE MASA</b>       |       | 326.825 | 0.326825 | 2 333           |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

Para 120 g. de harina de amaranto se obtienen 4,0853125 panes, de los cuales 0.853125 panes se toman como desperdicio.

1 pan  0,08 kg de masa

0.0853125 panes  $x= 0,006825$  kg de masa desperdiciada

Representa en forma porcentual el 2.08827354 %

|                                   |   |                  |
|-----------------------------------|---|------------------|
| 0,326825 kg de masa               | $\begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array}$ | 100 %            |
| 0.006825 kg de masa desperdiciada | $\begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array}$ | $x=2,08827354$ % |

El proceso tiene un porcentaje mínimo de desperdicio, estimado de 2,088%, el desperdicio desde la amasadora hacia el molde.

El producto sufre una disminución de peso en el horneado, se estima una pérdida por vapor del 12,5% debido a la cocción.

Obteniendo un porcentaje de rendimiento del producto de 87,5%

### 3.3 Descripción de los Equipos y Maquinarias.

En los últimos 20 años la panadería ha sufrido un cambio importante en cuanto a los procesos de fabricación, la maquinaria usada por la mayoría de las panaderías es un equipo completo compuesto de:

#### **Amasadora**

El tiempo de amasado es prolongado lo que lleva a un amasado intensivo, provocando un volumen exagerado en el pan y en el cuarteamiento de la corteza.

Existen dos tipos de amasadoras: la denominada de brazo (sistema artofex) y la de sistema de espiral, sin embargo, para este tipo de pan de bollería se utiliza la amasadora de brazos, permitiendo equilibrar las masas, y producir masas más extensibles, en comparación con las elaboradas en la amasadora espiral, además, brinda una mayor oxigenación, aumentando el volumen de la masa, es un factor indispensable para obtener una calidad del pan.

### **Amasadora de brazos**

#### **Descripción**

- Sistema de amasado con brazos monobloques y artesa rodante móvil.
- Motor de accionamiento brazos y artesa de dos velocidades.
- Forma de los brazos y número de los batidos personalizables.
- Hidratación óptima de la masa.
- Transmisión de la energía a la masa sin aumento de temperatura.
- Fácil reglaje de la intensidad de masa hasta valores también muy bajos.



**Figura 3.3 AMASADORA DE BRAZOS**

- Temperatura de masa opcional.
- Rascador de artesa opcional.
- Integrables en los sistemas automáticos de amasado.
- De 120 kg a 600 kg
- 0,80 m de altura, 0,60mts de ancho.
- 10 hp de potencia (19).

### **Divisora**

La divisora volumétrica, está presente en casi la totalidad de las panaderías, la división automática provoca un aumento de la tenacidad en la masa a medida que se prolonga el tiempo de permanencia de la masa en la tolva de la divisionaria. El éxito de la división automática esta en dividir la masa de manera rápida para lograr reducir el tamaño de las masas. Cuando el tamaño de los amasijos es superior a los límites normales, el tiempo que tarda la masa en ser dividida se prolonga, y esto provoca en las últimas piezas el aumento exagerado de la fuerza y de la tenacidad, y durante el formado se produce roturas en la masa.

### **Divisora de masa multi-bomba dosificadora**

- Armazón de acero inoxidable para la durabilidad y resistencia a la corrosión.
- Inoxidable pulido, protecciones de acero y 500 libras (227 kg.) de la tolva para el saneamiento fácil.
- Diseño de doble tornillo para la manipulación de la masa suave en altos rendimientos.
- Independiente de corte múltiple / stand bomba dosificadora con ranura en V.
- Doble o triple giratorio de corte cuchillos.
- Venturi al estilo del sistema de vacío con un transductor de vacío.

### **Requisitos eléctricos:**

- Aproximada de alimentación principal.
- Doble de corte: 48 KVA FP= 35%
- Triple de corte: 57 KVA
- Requerimientos de aire: 25 SCFM (pies cúbicos por minuto) a PSI
- Requerimientos de agua: 4 a 6 gal / min. a 120° (15 a 23 L / min. A 49 ° C) (sólo limpieza).

- Dimensiones aproximadas:
- Corte de doble y triple contra: 99 "x 248" x 99" (2510 mm x 6299 mm x 2510 mm) (20).



**FIGURA 3.4 DIVISORA DE MASA MULTI-BOMBA**

### **Cámara de fermentación**

La cámara de fermentación automática libre, recibe las bolas o panes de pasta colocadas en plataformas, que pueden ser planas o con compartimentos y garantiza el mantenimiento en condiciones termo-higrométricas, controladas durante el tiempo de fermentación adecuada al producto. La cámara de fermentación está compuesta de un ascensor de entrada que transporta las plataformas al plano previsto por el sistema y sigue cargando el mismo plano, hasta llenarlo

por planos de especiales grupos de rodillos motorizados y por un ascensor de descarga.

**Temperatura alta de fermentación (> 30° C):**

- Desecación si no se compensa con humedad.
- Actividad elevada.
- Fermentación corta.
- Panes insípidos.
- Panes voluminosos de corteza fina y agrietada.
- 2,80 mts de altura, 3 mts de ancho.
- 7,5 Kw/h (21).



**FIGURA 3.5 CÁMARA DE FERMENTACIÓN**

**Horno de túnel**

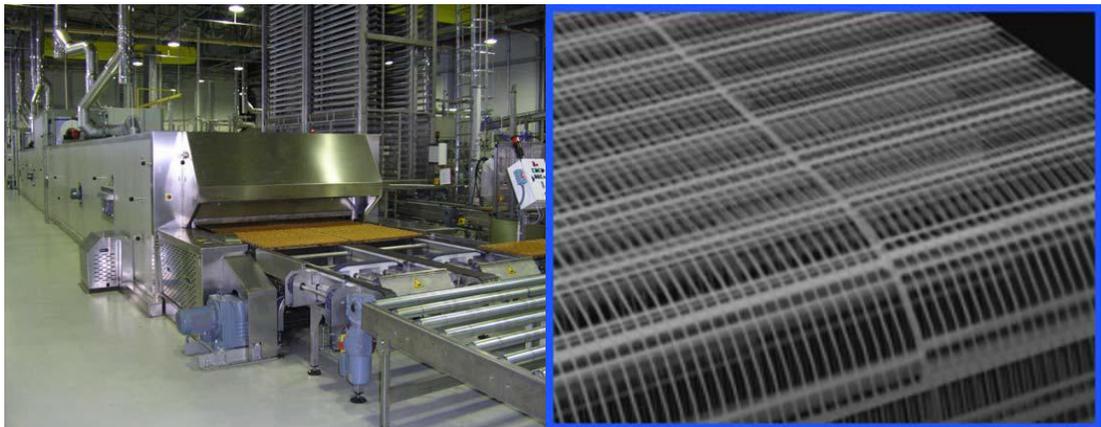
El horno túnel está formado por una cinta en continuo movimiento, sobre el que se coloca el producto.

Las diferentes alternativas que podemos utilizar en función al tipo de producto a fabricar.

Superficie de cocción: Depende del largo y ancho de la cámara de cocción.

- Calentamiento: Gas Natural o Diesel.
- Sistema de calefacción: Ciclothermica.
- Ancho de la cinta: desde 1650 mm hasta 3.750 mm.
- Velocidad de la cinta: Ajustable.
- Ancho de piedra: a partir de 2000 mm (aumentando en 500mm cada vez).
- Largo de la cámara de cocción cinta-red: desde 9 metros.
- Alto de la cámara de cocción cinta-red: estándar 260 mm.
- Carga en cinta: hasta 100 kg/m<sup>2</sup> (en casos especiales incluso mayor).
- Regulación de temperatura independiente en la parte superior e inferior del horno.
- Zonas de calor independientes.
- Centrador automático.
- Tensor hidráulico.

- Equipamiento de turbulencias.
- Temperatura de cocción hasta 350°C.
- Posibilidad de acabado en acero inoxidable.
- Quemadores modulantes.
- Tres opciones de cintas: - Cinta sin guía. – Cinta con guías. – Piedra refractaria (22).



**FIGURA 3.6 HORNO DE TÚNEL**

### **Sistema de envasado**

- Rango de rendimiento:
- 35 a 60 panes por minuto.

- Requisitos eléctricos:
- Requerimientos de aire a 80 PSI.
- Dimensiones aproximadas:  
104 "x 127" x 60 " (2642 mm x 3226 mm x 1524 mm) (20).



**FIGURA 3.7 ENVASADORA**

### **3.4 Tabla Relacional de Actividades**

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los equipos auxiliares, los sistemas de transporte y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La falta de flujo de mp entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones, como por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas, o que las características de determinado proceso requieran de una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El

flujo de mp es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

Entre otros aspectos, se consideran:

**TABLA 18**  
**ASPECTOS PARA ELABORAR LA TABLA RELACIONAL DE**  
**ACTIVIDADES**

| <b>ASPECTOS</b>              |   |
|------------------------------|---|
| Exigencias ambientales       | 1 |
| Seguridad e higiene          | 2 |
| Sistemas de manipulación     | 3 |
| Abastecimiento de energía    | 4 |
| Evacuación de residuos       | 5 |
| Organización de mano de obra | 6 |
| Control de proceso           | 7 |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

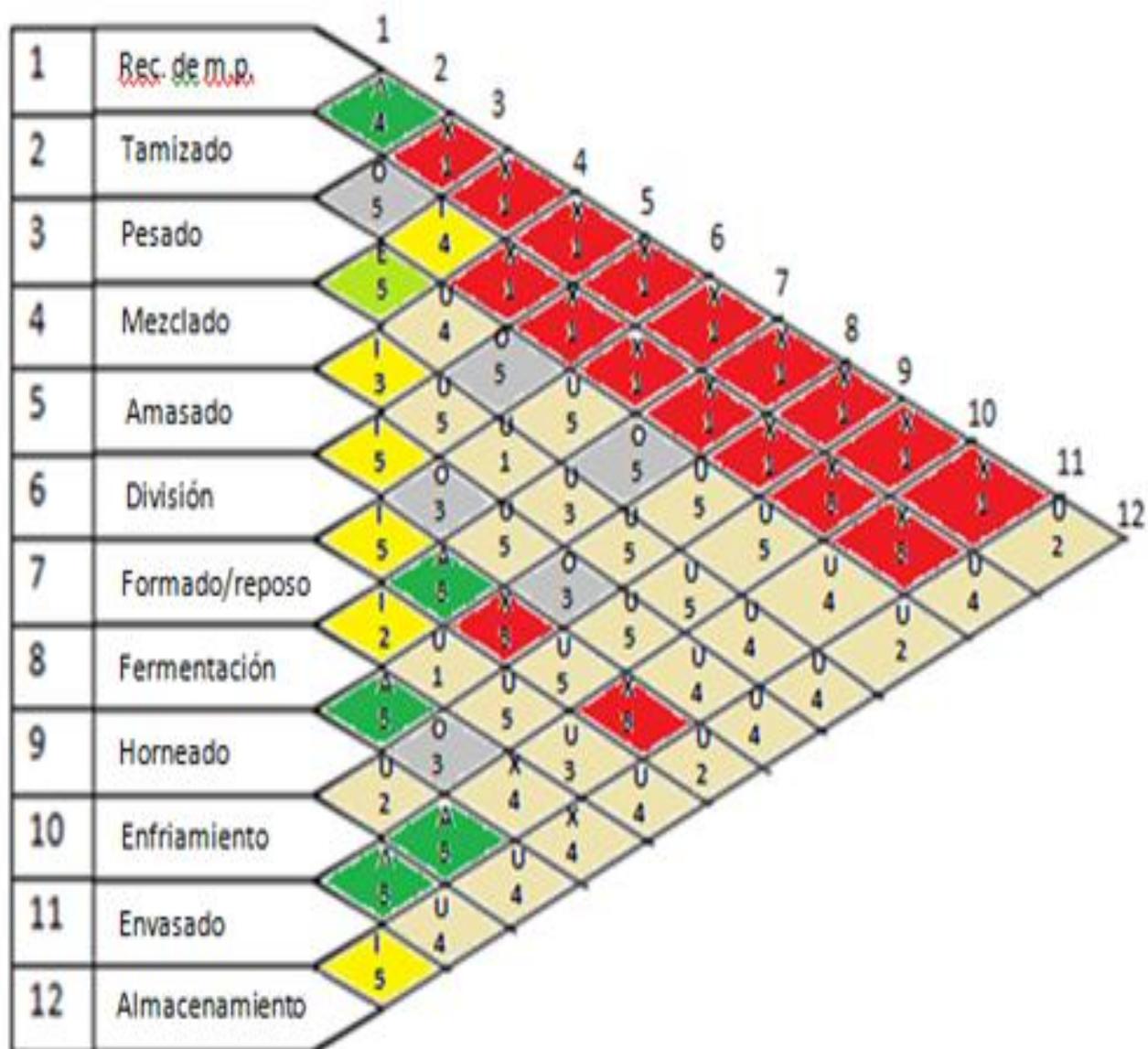
Esta información resulta de vital importancia para [poder](#) vincular la distribución de una manera racional. Para poder representar las relaciones encontradas de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades (figura 3.8), consistente en un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre

cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto. Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales.

| <b>RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES</b> |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>A</b>                          | Absolutamente Importante |
| <b>E</b>                          | Especialmente Importante |
| <b>I</b>                          | Importante               |
| <b>O</b>                          | Ordinaria                |
| <b>U</b>                          | Sin importancia          |
| <b>X</b>                          | No deseable              |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 3.8 RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES**



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 3.9 TABLA RELACIONAL DE ACTIVIDADES**

### 3.5 Operarios y Carga Laboral.

**TABLA 19**  
**OPERARIOS Y CARGA LABORAL**

| Jefe de Producción | Supervisor de Producción | Operador Divisora | Operador Amasador | Operador Moldeador | Operador Horneo | Operador empaque |
|--------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| 1                  | 1                        | 1                 | 1                 | 1                  | 1               | 1                |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

### 3.6 Descripción de Insumos y Servicios.

#### 3.6.1 Insumos.

##### **Harina.**

La harina es el componente primario en la industria panificadora, sin ella no se puede elaborar ningún producto, su total es siempre el 100% es el ingrediente principal en cualquier producto horneado, el resto de ingredientes está basado en referencia al 100% de harina.

En la elaboración de esta tesis se utilizan 2 tipos de harinas: de amaranto y de arroz, la harina de amaranto posee alto valor nutritivo, su contenido de proteína elevado (17%) y contiene dos

aminoácidos esenciales que son lisina y metionina. La harina de arroz contiene gran cantidad de almidón permitiendo que exista mayor retención de agua.

### **Almidón Modificado de Maíz (Mira-thik 603).**

Este tipo de almidón alimentario, en la panificación contribuye a la optimización de la calidad de alimento, dando una mejor estabilidad, textura y calidad en el producto final, tiene la capacidad de retener la humedad ofreciendo frescura al producto y retardo al enranciamiento.

Mira-thik mejora la textura de la miga y pueden utilizarse para reemplazar grasas, por su capacidad de formación de gel, retiene el sabor característico de la grasa.

### **Agua**

Es importante la presencia de esta materia prima, ayuda a la formación de un medio húmedo indispensable para el desarrollo de la fermentación, dando más elasticidad, desarrollo y manejo a la masa. Este hidratante de masa disuelve los ingredientes secos y la levadura fresca, hidrata los almidones y los torna

digestivos, ayuda al crecimiento final en el horno y posibilita la conservación del pan.

La cantidad de agua usada; así como su calidad, ejercen una influencia fundamental sobre la consistencia de la masa; así como la calidad del pan. En el amasado, cuando el agua es adicionada, una parte absorbe la proteína, otra el almidón y el resto es agua libre, aquí se encuentra los azúcares disueltos de la sal y de la harina, se utiliza de 50 a 60 litros por cada 100 kilos de harina.

El agua que se utiliza para todos los procesos, de limpieza y producción, es agua potable, su procedencia es de la red pública, la misma reúne condiciones indispensable para el consumo humano.

### **Azúcares**

Son clasificados según su naturaleza y calidad, entre ellos se encuentra la sacarosa, la glucosa, la levulosa, la lactosa y la maltosa. De todas ellas la más utilizada es la sacarosa que vulgarmente se conoce como azúcar, extraída de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, es la que generalmente se

emplea en panadería para la elaboración de masas dulces, Este compuesto absorbe humedad, retiene el agua dando suavidad y retrasando el endurecimiento del producto; además, por la reacción de maillard, se forma una corteza que impide el ingreso de la temperatura del horno hacia el pan, evitando que permita la salida del agua.

La adición de azúcar en la masa, es importante para la levadura, que debe tener a su disposición glucosa y fructosa para formar anhídrido carbónico que ayuda a elevar la masa, por acción de la hidrólisis.

### **Grasas**

Mejora la apariencia, aroma y la consistencia de la masa produciendo un efecto lubricante, aumenta la conservación y vida útil del producto final, disminuye la pérdida de humedad, manteniéndolo fresco y con mejor esponjamiento.

La adición de grasas en la masa produce el abrillantamiento de la miga y el alveolado pequeño, Dando a la corteza del pan mas suavidad y enriquecimiento del mismo.

### **Sal**

La sal controla o reduce la actividad de la levadura, Ejerce una acción bactericida que no permite fermentaciones indeseables dentro de la masa, refuerza las propiedades plásticas aumentando la absorción de agua, estabiliza y regula la fermentación, proporcionando mayor tolerancia a la masa, incluso si la dosis de sal es excesiva, puede llegar a detener la producción de dióxido de carbono.

### **Levadura**

Es una especie de hongos, pertenece a la familia de *Saccharomyces Cerevisiae*, este microorganismo crece prácticamente en la tierra, aumenta el valor nutritivo al suministrar al pan proteína suplementaria y convierte a la harina cruda en un producto ligero, provoca la fermentación de los azúcares de la harina, liberando gas, facilita la subida del pan y la formación de una estructura alveolada; en efecto, tiene la propiedad, de descomponer el azúcar (glucosa) en anhídrido carbónico y alcohol gracias a la enzima zimasa.

## **Huevos**

Los huevos, debido a sus características naturales, constituye un importante enriquecedor en panadería, como en pastelería, el color del huevo esta dado por el color del plumaje de la gallina (gallinas blancas ponen huevos blancos), en panadería, su consumo es en grandes cantidades, enteros o separados, como yemas o claras, según la variedad del pan se aplica directamente a la masa.

La adición del huevo proporciona un color atractivo, buen sabor y eleva el valor nutritivo al producto final debido a la proteína que contiene, actúa como estabilizador entre el agua y la grasa.

## **Leche**

La leche es un ingrediente enriquecedor en Panificación, mejora el aroma, el sabor y la textura de la masa, aumenta el valor nutritivo con el mineral calcio, existen 3 tipos de leche: líquida, en polvo y condensada, en el desarrollo de esta tesis se utilizó leche en polvo, debido a la extracción de agua que se hace durante el proceso, facilita su manejo y su tiempo de vida útil.

### **Esencias**

Las esencias o extractos saborizantes, son soluciones en alcohol etílico, provienen de una planta aromática, su principal acción es impartir sabor y olor específico al producto final, por otro lado, no debe esperarse que la adición al azar de sabores actúe como una solución a los diferentes problemas pasteleros. La medición cuidadosa y la adición correcta de tales ingredientes al batido asegurarán la calidad del producto final.

### **Goma Guar**

Es un polvo blanco, pertenece a los carbohidratos polimerizados comestibles, no tiene sabor ni olor, actúa junto al agua como agente espesante, obteniendo un producto final con menos tendencia de desprender migas.

### **Ácido Ascórbico**

Es un conjunto de cuatro estereoisómeros, se encuentra recubierto con aceite vegetal hidrogenado de grado alimenticio, es de fácil manejo, minimiza las pérdidas por oxidación-degradación del mismo, como mejorador de harinas permite

obtener un producto sin tendencia a la aglutinación durante el almacenamiento.

### **Mono y Diglicéridos de los Ácidos Grasos (E-471)**

Sirven para reforzar la masa, las hace más resistente a los diferentes esfuerzos que son sometidas al pasar por cada máquina o bandas transportadoras, son ablandadores de miga, haciendo que sea más suave y flexible.

### **3.6.2 Servicios**

**TABLA 20**  
**CONSUMO DE SERVICIOS**

| <b>SERVICIOS</b>  | <b>CANTIDAD/día</b> | <b>\$</b>   |
|-------------------|---------------------|-------------|
| Energía eléctrica | 36,178 Kwa          | 2,89        |
| Agua              | 4051 L              | 1,09        |
| Vapor             | 30 L                | 0,008       |
| <b>TOTAL</b>      |                     | <b>3,99</b> |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

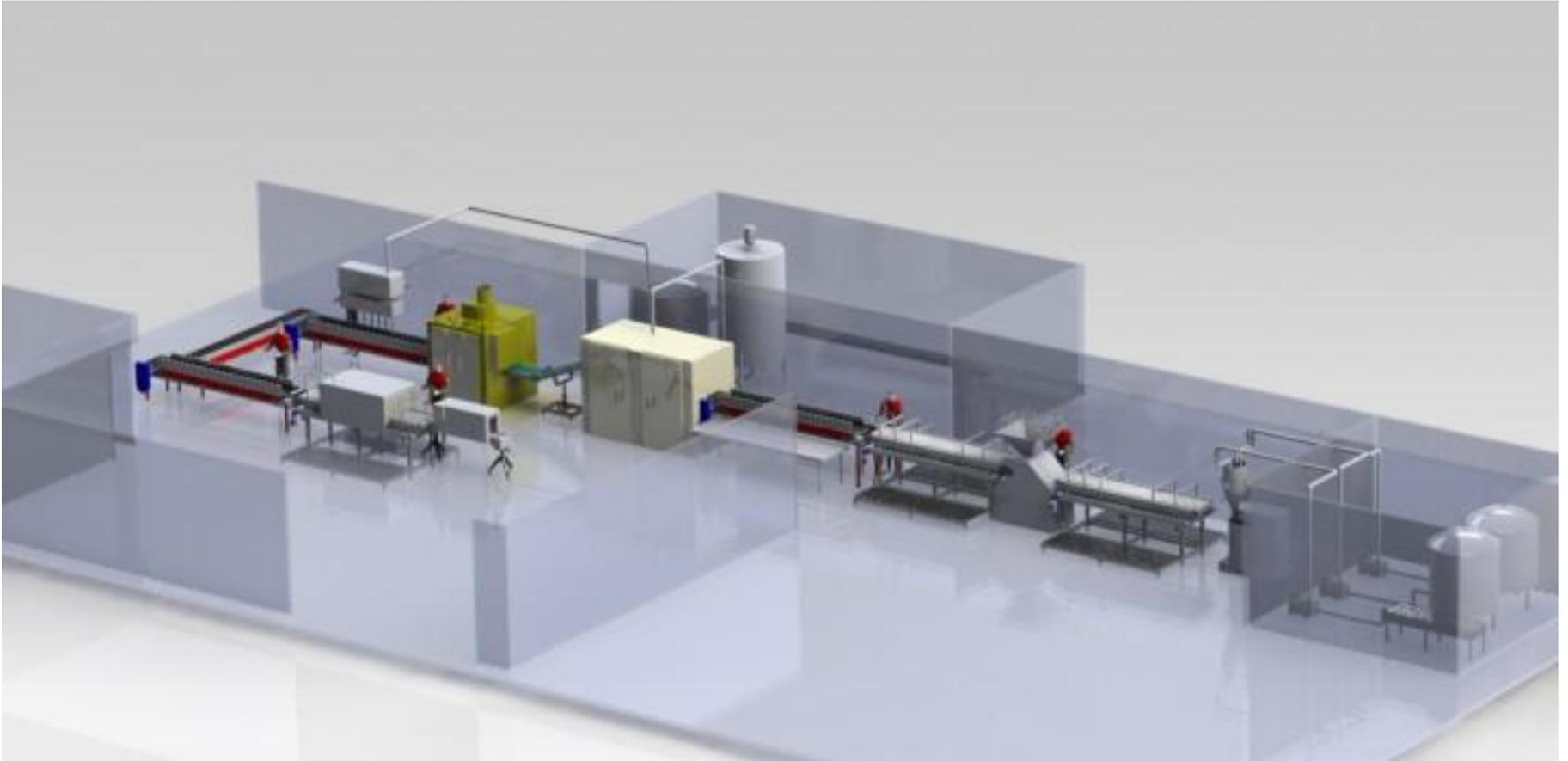
### 3.7 Equipos Auxiliares-

**TABLA 21**  
**INVENTARIO DE EQUIPOS AUXILIARES**

| EQUIPOS    | CANTIDAD |
|------------|----------|
| Balanza    | 1        |
| Tolvas     | 2        |
| Utensilios | 5        |

Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

### 3.8 Distribución de Maquinarias y Equipos Auxiliares



Elaborado por: Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**FIGURA 3.10 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS AUXILIARES**

### 3.9 Costos Directos de Fabricación.

**TABLA 22**  
**LISTA DE PRECIOS**

| <b>Producto</b>            | <b>Presentación</b> | <b>Costo total \$</b> | <b>Costo por gramo \$</b> |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| Harina amaranto            | 500 g               | 3,17                  | 0,0064                    |
| Huevo                      | 600 g               | 1,82                  | 0,0030                    |
| Harina de arroz            | 500 g               | 0,38                  | 0,00076                   |
| Almidón modificado de maíz | 1 kg                | 2,50                  | 0,0025                    |
| Grasa                      | 3 kg                | 10,28                 | 0,0034                    |
| Leche                      | 990 g               | 7,26                  | 0,0073                    |
| Azúcar                     | 1 qq                | 44,00                 | 0,00088                   |
| Polvo de hornear           | 25 kg               | 73,36                 | 0,0029                    |
| Levadura                   | 500 g               | 1,73                  | 0,0035                    |
| Sal                        | 1 kg                | 7                     | 0,0070                    |
| Esencia de mantequilla     | 500 cc              | 3,98                  | 0,0079                    |
| Dimodan                    | 1 kg                | 4,50                  | 0,0045                    |
| Goma guar                  | 1 kg                | 12                    | 0,0012                    |
| <b>TOTAL</b>               |                     |                       | <b>0,0512</b>             |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**TABLA 23**  
**COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN**

| <b>INGREDIENTES</b>        | <b>%</b> | <b>g</b> | <b>Costo por gramo</b> | <b>Costo del producto</b> |
|----------------------------|----------|----------|------------------------|---------------------------|
| Harina amaranto            | 50,46    | 120      | 0,0064                 | 0,768                     |
| Huevo                      | 12,61    | 30       | 0,0030                 | 0,09                      |
| Harina de arroz            | 6,31     | 15       | 0,00076                | 0,0114                    |
| Almidón modificado de maíz | 6,31     | 15       | 0,0025                 | 0,0375                    |
| Grasa                      | 6,3      | 15       | 0,0034                 | 0,051                     |
| Leche                      | 6,3      | 15       | 0,0073                 | 0,1095                    |
| Azúcar                     | 5,04     | 12       | 0,00088                | 0,01056                   |
| Polvo de hornear           | 1,89     | 4,5      | 0,0029                 | 0,01305                   |
| Levadura                   | 1,89     | 4,5      | 0,0035                 | 0,01575                   |
| Sal                        | 1,26     | 3        | 0,0070                 | 0,021                     |
| Esencia de mantequilla     | 1,26     | 3        | 0,0079                 | 0,0237                    |
| Dimodan                    | 0,32     | 0,75     | 0,0045                 | 0,003375                  |
| Goma guar                  | 0,03     | 0,075    | 0,0012                 | 0,00009                   |
| <b>TOTAL</b>               |          |          |                        | <b>1,154925</b>           |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

**TABLA 24**  
**COSTOS DE MAQUINARIAS**

| <b>EQUIPOS</b>         | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO \$</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Amasadora              | 2               | 20 000          |
| Divisora boleadora     | 1               | 18 000          |
| Cámara de fermentación | 1               | 22 000          |
| Horno de túnel         | 1               | 150 000         |

**Elaborado por:** Mayra Mosquera B., Jorge Pacheco B., 2012.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

1. La mezcla de harina de arroz con amaranto, permite obtener un pan con alto valor nutritivo, elevado contenido energético, de esta manera aprovecha las características nutricionales del amaranto y la elevada producción de arroz en el país.
2. El amaranto es un cereal que se encuentra disponible en la región andina, y en ciudades como Quito y Riobamba, ya se elabora harina a base de este cereal, por lo que su disponibilidad sería viable, pequeños productores utilizan este producto para elaboración de galletas y bebidas.

3. La elaboración del pan a partir de amaranto, puede cubrir necesidades sociales en el país, brindando fuente de trabajo al aprovechar el amaranto y arroz para la elaboración de harina, y la posterior producción de pan. Además, que personas que sufren de esta dolencia tendrían una alternativa de consumo.
4. Las maquinarias que se utilizan para la elaboración de este producto, son accesibles en el mercado ecuatoriano, además de fácil manipulación e instalación, se puede implementar empresas artesanales que se dediquen a la fabricación de este producto.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

1. Realizar el estudio para mejorar el sabor del producto final ya que esto ayudará a tener mayor aceptación por los consumidores y ayudará a ampliar el uso de amaranto para otros productos futuros.
2. Incentivar a los agricultores en la cosecha de amaranto en la región costa ya que este es adaptable a varios climas, así se podrá facilitar la disponibilidad de materia prima y habrá mayor producción.

Realizar el estudio del uso del amaranto como materia no convencional para mejorar los valores nutricionales de los mismos y que sea de uso para celiaco