



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN**

**“Aumento de la Producción de una PYME Procesadora de Café Tostado
y Molido Utilizando Empacado con Atmósferas Modificadas”**

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentado por:

ANAMARÍA VALENTINA GARDELLA PAREJA

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco a Dios y a la Virgen María por estar conmigo en cada uno de mis pasos. A mi querido esposo, por su paciencia y apoyo incondicional y por llenar mi corazón de felicidad. A mis padres, por ser los pilares de mi vida y por su inmenso amor. A mis maravillosos hijos por llenarme de alegría todos los días de mi vida. De manera especial quiero agradecerle a la Ing. Priscila Castillo S., Directora de Tesis, por su confianza y apoyo en la dirección de este proyecto de tesis.

DEDICATORIA

A DIOS. A mi esposo Edison
Zhindon y mis hijos: Sebastián,
Alejandro y Emilio. A mis padres
Luis Gardella y María Elena Pareja
y mis suegros Manuel Zhindon y
Rosa Macías. A mis hermanos
Luigino y Elenita. A toda mi familia
y amigos.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Priscila Castillo S.
DIRECTORA EXAMEN
COMPLEXIVO

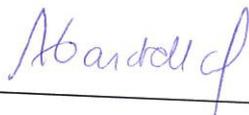


Ing. Ernesto Martínez L.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Anamaría Valentina Gardella Pareja



CIB - ESPOL

RESÚMEN

Debido al incremento actual del consumo de café en el Ecuador, se ha generado una mayor demanda a nivel industrial para las empresas productoras de café tostado y molido. Gracias al desarrollo de la tecnología, existen equipos que permiten envasar café recién tostado y molido en atmósferas modificadas con nitrógeno, lo cual les permite a las empresas ofrecer al mercado un producto de excelente calidad, sin perder las características sensoriales del producto recién producido.

Este estudio analizó la capacidad actual con la que cuenta la planta, con el fin de proponer mejoras para cubrir un nuevo mercado nacional interesado por la empresa, por lo cual, la empresa debe aumentar su producción en un 60% adicional a su producción actual de 25000 libras de café tostado y molido.

Se evaluó cada etapa del proceso, las cuales se encontraron bajo control. Con la utilización de herramientas estadísticas, se definió que la etapa de envasado presentaba problemas en el peso del producto final. Se evidenció producto fuera de especificaciones, obteniendo alrededor de un 3,33% en la línea 1 de envasado y un 4,17% en la línea 2.

Se recomendó la utilización de gráficas de control en ésta etapa con el fin de regular y mantener la uniformidad del producto y mayor control en los procesos.

También se realizó un estudio de capacidades de los equipos con los que cuenta actualmente la planta, donde se verificó que todas las etapas a excepción de la molienda, se encuentran en capacidad de cubrir con la demanda requerida por la empresa.

Se determinó que la molienda es la etapa límite del proceso ya que permite procesar 27280 libras de café aproximadamente, alcanzando a cubrir la demanda actual de la empresa de 25000 libras de café. Con la adquisición de un nuevo molino con especificaciones similares al actual, la etapa de molienda alcanzó a producir 54560 libras de café molido, obteniendo un margen de confianza de alrededor del 27% adicional.

La reducción del número de operarios en la línea debido a la incorporación de una envasadora semi-automática con atmósferas modificadas en la etapa de envasado, disminuyó el costo de mano de obra directa, generando a su vez, una reducción del 9% en el costo total de producción por empaque.

Se realizó un análisis de la inversión necesaria y un estudio de factibilidad del proyecto mediante los métodos del VAN y TIR, para determinar si el negocio es rentable o no. Se obtuvo un VAN mayor a cero y un TIR de 12.91, dando como resultados una posible aceptación del proyecto la cual generará ganancias a la empresa.

ÍNDICE GENERAL

| | P á g . |
|--|---------|
| RESÚMEN | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iv |
| ABREVIATURAS | vii |
| SIMBOLOGÍA | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE PLANOS | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1 | |
| 1. Presentación del proyecto | 3 |
| 1.1. Presentación de la empresa | 3 |
| 1.2. Antecedentes | 4 |
| 1.3. Metodología | 5 |
| 1.4. Objetivos | 5 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---|----|
| 2. Marco teórico | 7 |
| 2.1. Descripción de la materia prima | 7 |
| 2.2. Principios del tostado | 16 |
| 2.3. Principios de la molienda | 22 |
| 2.4. Atmósferas modificadas | 24 |
| 2.4.1. Efectos de atmósferas modificadas en el café | 27 |
| 2.5. Proceso de Producción | 31 |

CAPÍTULO 3

| | |
|---|----|
| 3. Identificación de problemas | 38 |
| 3.1. Situación actual de la línea | 38 |
| 3.2. Identificación de etapas con problemas | 38 |

CAPÍTULO 4

| | |
|---|----|
| 4. Estudio estadístico del proceso | 52 |
| 4.1. Análisis de la producción promedio de acuerdo a la demanda | 61 |
| 4.2. Análisis de la capacidad de la línea de producción | 63 |
| 4.3. Estudio de distribución del personal | 70 |

CAPÍTULO 5

| | |
|---------------------------------|----|
| 5. Balance de la línea | 74 |
| 5.1. Propuestas de mejora | 74 |

| | |
|---|----|
| 5.2. Análisis de costos estimados | 81 |
| 5.3. VAN y TIR | 90 |

CAPÍTULO 6

| | |
|---|----|
| 6. Conclusiones y recomendaciones | 95 |
| 6.1. Conclusiones | 95 |
| 6.2. Recomendaciones | 99 |

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

| | |
|------------------------|---|
| PYMES: | Pequeña y Mediana Empresas |
| SINAGAP: | Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. |
| SCCA: | Asociación Americana de Cafés Especiales |
| MAP: | Envasado en atmósferas modificadas |
| PET: | Tereftalato de polietileno |
| ALU: | Aluminio |
| LDPE: | Polietileno de baja densidad |
| ARCSA: | Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria |
| INEN: | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| PACAP: | Programa de Ahorros en Costos y Aumento de la Productividad |
| Msnm: | Metros sobre el nivel del mar |
| CO₂: | Dióxido de Carbono |
| N₂: | Nitrógeno |
| O₂: | Oxígeno |
| H₂: | Hidrógeno |
| Ar: | Argón |
| LIE: | Límite Inferior de Especificación |
| LSE: | Límite Superior de Especificación |
| VAN: | Valor actual neto |
| TIR: | Tasa interna de retorno |

S I M B O L O G Í A

| | |
|------------------------|----------------------------------|
| m : | M etros |
| mm : | M ilímetros |
| °C : | G rados centígrados |
| Kg : | K ilogramos |
| Ha : | H ectáreas |
| m³ : | M etros cúbicos |
| g : | G ramos |
| min : | M inutos |
| t : | T iempo |
| lb : | L ibras |
| T : | T emperatura |
| qq : | Q uintales |
| µm : | M icrómetros |
| Cp : | C apacidad del proceso |
| Cpk : | Índice de C apacidad del proceso |
| n : | N úmero de datos recogidos |
| Stdev : | D esviación estándar |
| h : | H ora |
| \$: | D ólares |
| Unid : | U nidades |
| Kw : | K ilowatts |
| Gal : | G alones |
| Lt : | L itros |
| ml : | M ililitros |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 2.1. Planta del cafeto..... | 8 |
| Figura 2.2. Composición del grano de café verde..... | 9 |
| Figura 2.3. Principales zonas cafetaleras del Ecuador..... | 12 |
| Figura 2.4. Interacción de temperaturas en etapa de tostado..... | 21 |
| Figura 3.1. Diagrama de flujo actual del proceso de elaboración de café tostado y molido..... | 33 |
| Figura 3.2. Comparación con límites establecidos para humedad en etapa de recepción..... | 39 |
| Figura 3.3. Comparación con límites establecidos para humedad en la etapa de tostado..... | 41 |
| Figura 3.4. Discos de color según AGTRON/SCCA ROAST COLOR Classification System..... | 42 |
| Figura 3.5. Comparación con límites establecidos para color según colorímetro QUANTIK en la etapa de tostado..... | 43 |
| Figura 3.6. Control de pesos en etapa de molienda..... | 45 |
| Figura 3.7. Comparación con límites establecidos para peso en etapa de envasado – línea 1..... | 46 |
| Figura 3.8. Comparación con límites establecidos para peso en etapa de envasado – línea 2..... | 47 |
| Figura 3.9. Diagrama espina-pescado para identificar causa raíz de variabilidad de pesos en producto terminado..... | 49 |
| Figura 4.1. Histograma Etapa de Envasado Línea 1..... | 54 |
| Figura 4.2. Histograma Etapa de Envasado Línea 2..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.3. Box Plot Envasado Línea 1 y Línea 2... .. | 57 |
| Figura 4.4. Gráfico de Probabilidad Envasado Línea 1... .. | 59 |
| Figura 4.5. Gráfico de Probabilidad Envasado Línea 2... .. | 60 |
| Figura 4.6. Producción mensual... .. | 61 |
| Figura 5.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de café tostado y molido propuesto... .. | 79 |
| Figura 5.2. Proyección anual de ventas... .. | 91 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | Pág. |
|-------------------|--|------|
| Tabla 2.1. | Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar... .. | 25 |
| Tabla 2.2. | Mezcla recomendada de gases para alimentos secos y productos para pastelería... .. | 28 |
| Tabla 3.1. | Tamaño de la partícula del café tostado y molido... .. | 44 |
| Tabla 4.1. | Valores de referencia de capacidad de proceso... .. | 58 |
| Tabla 4.2. | Producción actual y producción estimada... .. | 63 |
| Tabla 4.3. | Rendimientos de café tostado... .. | 64 |
| Tabla 4.4. | Pesos en etapa de envasado... .. | 66 |
| Tabla 4.5. | Capacidades de cada etapa del proceso... .. | 68 |
| Tabla 4.6. | Horas-trabajo diarias promedio... .. | 69 |
| Tabla 4.7. | Distribución del personal en la línea... .. | 71 |
| Tabla 5.1. | Análisis de capacidades real y estimada en etapa de molienda... .. | 75 |
| Tabla 5.2. | Capacidades estimadas de etapas del proceso... .. | 78 |
| Tabla 5.3. | Costo actual mano de obra directa... .. | 82 |
| Tabla 5.4. | Costo actual materia prima y materiales de empaque... .. | 83 |
| Tabla 5.5. | Costos actuales de energía consumida en producción... .. | 84 |
| Tabla 5.6. | Gastos actuales administrativos y de ventas... .. | 85 |
| Tabla 5.7. | Costo estimado mano de obra directa... .. | 87 |
| Tabla 5.8. | Costos totales estimados de suministro de energía e insumos... .. | 88 |
| Tabla 5.9. | Inversión inicial... .. | 90 |

Tabla 5.10. Cálculo del VAN y TIR 94

ÍNDICE DE PLANOS

| | P á g . |
|---|---------|
| Plano 4.1. Layout actual de la línea de producción desde etapa de tostado hasta etapa de embalaje... .. . | 73 |
| Plano 5.1. Layout propuesto de la línea de producción desde etapa de tostado hasta etapa de embalaje... .. . | 80 |

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los principales productos que sustentan la economía mundial. Es catalogado como la segunda bebida más consumida en el mundo después del agua. Según datos del Instituto de Promoción de Importaciones e Inversiones (ProEcuador), el consumo de café per cápita en el Ecuador es de 0,6 kilos/año, lo que equivale a aproximadamente 70 tazas anuales.

Alrededor del año 2000, aparecieron en el Ecuador negocios de cafeterías y lugares donde servían bebidas elaboradas con café, lo cual ha beneficiado directamente a las empresas torrefactoras al aumentar su demanda.

En la actualidad, se han incrementado aún más los negocios de locales y cafeterías en todo el país, lo que ha generado una mayor demanda de este producto a nivel industrial y ha provocado que el consumo per cápita vaya en aumento.

Desde sus inicios, la empresa ha concentrado la mayor parte de sus ventas localmente, pero debido al crecimiento del consumo ecuatoriano, se ha visto en la necesidad de cubrir el mercado en todo el país.

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis de la situación actual de la empresa para decidir si se encuentra o no en la capacidad de abastecer futuros clientes que requieran de su servicio. Se analizará la

propuesta de modificar la etapa de envasado manual introduciendo un equipo de envasado con atmósferas modificadas, con el fin de estandarizar tiempos y volúmenes de producción, manteniendo la frescura y calidad que ha caracterizado al producto por más de 70 años en el Ecuador.

A su vez, el estudio servirá como ayuda para llevar un control más estricto en la línea de proceso, para disminuir producto fuera de especificaciones y por ende, pérdidas económicas.

C A P Í T U L O 1

1. P R E S E N T A C I Ó N D E L P R O Y E C T O

1.1. P r e s e n t a c i ó n d e l a E m p r e s a

La empresa donde se realiza el estudio se dedica a la producción de café tostado y molido, existente desde el año 1941, por lo cual guarda muchas tradiciones en su proceso.

Cuenta con una sola línea, en donde el café es receptado en estado verde, sometándose a una minuciosa limpieza y clasificación, para luego pasar a ser tostado, molido y empacado para su posterior distribución. La producción mensual aproximada es de 25000 libras de café.

Esta empresa siempre se ha caracterizado desde su creación en ofrecer un producto fresco y de excelente calidad.

1.2. Antecedentes

La empresa se ha caracterizado desde su existencia en ofrecer un producto de calidad, que conserve su aroma y sabor el mayor tiempo posible. Debido a esta política generada desde tres generaciones atrás, la empresa recepta órdenes de compra diarias en las primeras horas del día para proceder inmediatamente a la producción únicamente de los pedidos generados. Por esta razón, no se maneja producto en stock y se produce diariamente con el fin de garantizar su frescura el mayor tiempo posible.

La variabilidad diaria de los pedidos genera un desorden en los tiempos de proceso, ya que hay días en que se trabajan 8 horas o más y otros donde se realiza el proceso en tan solo 4 horas.

Por otro lado, el envasado del producto se realiza de forma manual. Esto permite aparentemente una mayor exactitud en el peso, pero a su vez, ocasiona pérdidas de tiempo al realizarse bajo este método.

1.3. Metodología

Se comenzará evaluando la situación actual de la línea de proceso donde se identificará la capacidad de producción por medio de la demanda con la que cuenta actualmente la empresa.

Se realizará un estudio de cada etapa del proceso a través de herramientas estadísticas y gráficas de control para conocer su distribución, los límites y capacidad de los equipos de la línea.

Posteriormente, se balanceará la línea y se dará propuestas de mejoras con el fin de estandarizar tiempos y volúmenes de producción durante la jornada de trabajo.

Finalmente, se realizará un análisis de factibilidad de las propuestas generadas.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio de la línea de proceso para el incremento de la producción de una empresa PYME procesadora de café tostado y molido utilizando empaçado con atmósferas modificadas.

O b j e t i v o s E s p e c í f i c o s

- E v a l u a r l a s i t u a c i ó n a c t u a l d e l p r o c e s o d e l a e m p r e s a
- A n a l i z a r c a d a e t a p a d e l p r o c e s o
- I d e n t i f i c a r l o s p r o b l e m a s e i n c o n v e n i e n t e s d e n t r o d e l a l í n e a d e
p r o d u c c i ó n
- D e t e r m i n a r l a p r o d u c c i ó n a c t u a l y f u t u r a d e l a e m p r e s a
- C a l c u l a r l a c a p a c i d a d d e l o s e q u i p o s
- P r o p o n e r a l t e r n a t i v a s d e m e j o r a s b a l a n c e a n d o l a l í n e a d e p r o c e s o

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de la materia prima

Descripción botánica

El café pertenece al género *Coffea*, de la familia botánica de las Rubiáceas. Los cafetos son arbustos que tienen una altura de 2 a 3 m con el fin de facilitar el cultivo y su recolección.

Su tronco es recto y liso, con ramas flexibles y finas. Sus hojas son perennes, duras, lanceoladas y según la variedad tiene cualquier tono de color en una gama que va desde el verde amarillento hasta el verde oscuro [1].

Sus flores, de color blanco, con un olor parecido al jazmín, crecen en grupos en las axilas de las hojas (Ver Figura 2.1).

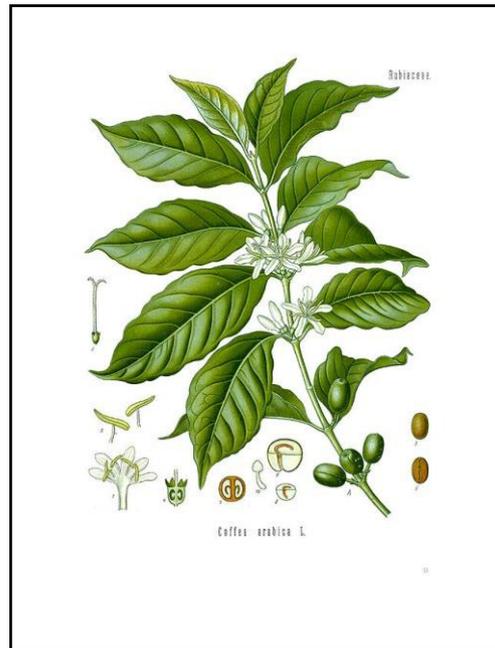


FIGURA 2.1. PLANTA DEL CAFETO

Fuente: Coffea arábica en Köhler's Medicinal Plants, 1887

Estas tienen una vida muy corta, ya que a los 3 días de florecer, dejan paso al fruto. A partir de ellas, se producen sus frutos, que son drupas de color rojizo y de un tamaño similar a una cereza [2].

La parte externa del fruto es carnosa y en su interior contienen dos semillas o granos de café, rodeados por una capa membranosa de textura acartonada, conocida como "pergamino" [3].

Los granos de café o semillas son la parte del fruto que contiene más cafeína. Estos suelen ser redondeados con una cara plana y presentan un surco o canal en la parte plana (Ver Figura 2.2).

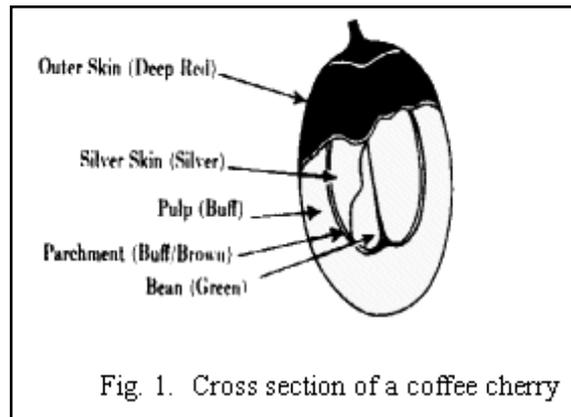


FIGURA 2.2. COMPOSICIÓN DEL GRANO DE CAFÉ VERDE

Fuente: FAO.org

Variedades de café

Existen aproximadamente alrededor de 60 especies de cafetos. De entre todas ellas, las especies más importantes son la *Coffea arábica* (café arábigo), la *Coffea canephora* (café robusta) y la *Coffea libérica* (café libérica) de las cuales hablaremos a continuación.

- **Arábica (*Coffea arábica*):** Este especie es originaria de Etiopía. Representa la variedad más conocida, extendida y apreciada, representando el 70% de la producción mundial [4]. Podemos encontrarla cultivada en numerosas regiones tropicales y subtropicales del mundo entre los 1300 y 2800 metros sobre el nivel del mar. Los granos, por lo general, son más grandes (de 8 mm a 16 mm), largos y planos y con un período de maduración de 7 a 9 meses. Precisa una temperatura menos elevada que la variedad robusta (15 y 24 °C). Constituye la especie más importante en la actualidad y la que produce un café de mayor calidad, por lo cual se utiliza habitualmente para cafés de uso espresso. Su contenido en cafeína es menor que el robusta (0,8 a 1,4%) aunque es una variedad menos productiva (de 1500 a 3000 kg por Ha). Proporciona un café agradable, suave, aromático y con poco cuerpo [5].
- **Robusta (*Coffea Canephora*):** Se presume originaria del África o Indonesia. Es una especie más fácil de cultivar puesto que resiste mejor las enfermedades, tales como la roya del café. Esta variedad puede ser cultivada a nivel del mar y hasta

una altura de 700 metros de altitud necesitando una temperatura más elevada entre 24 y 30°C. Esta variedad es más productiva que la arábica (de 2300 a 4000 kg de semilla por Ha). Produce granos más redondeados y pequeños con un mayor contenido de cafeína (1,7 a 4%) y con un sabor más amargo que el anterior. Se utiliza principalmente para cafés tipo soluble o para mezclas con arábica. Su sabor no es tan agradable, por ello constituye solo el 25% de la producción mundial de café, a pesar de ser más barata [6].

- **Libérica (Coffea libérica):** El café Libérica se da en un árbol fuerte y de gran tamaño, de hasta 18 metros de altura, de hojas grandes y coriáceas. El fruto y la semilla (grano) son también grandes. El café Libérica se cultiva en Malasia y en África Occidental, pero sólo se comercializa en cantidades muy pequeñas, dado que la demanda de sus características de aroma y sabor es muy escasa [7].

Sembríos de café en el Ecuador

El café es un cultivo de amplio rango de adaptación ecológica, lo que ha permitido su presencia en muchos lugares del mundo. En el

Ecuador se produce las especies de café arábica y robusta, distribuidas en las cuatro regiones geográficas [8].

El café arábigo tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del Ecuador (Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos). Se cultiva desde altitudes cercanas al nivel del mar hasta los 2.000 metros. Las principales variedades arábicas cultivadas en el Ecuador son: Típica, Caturra, Bourbon, Pacas, Catuaí, Catimor y Sarchimor.



FIGURA 2.3. PRINCIPALES ZONAS CAFETALERAS DEL ECUADOR

Fuente: COFENAC 2013

En la Figura 2.3 podemos distinguir en términos generales las cuatro zonas de producción de café arábigo identificadas con los puntos rojos: 1) Manabí-Guayas, de 300 a 700 msnm (las partes altas del sistema montañosos Chongón-Colonche); 2) la zona sur, de 500 a 2.000 msnm (El Oro-Loja); 3) las estribaciones occidentales, de 500 a 1.750 msnm (vertiente occidental de Los Andes); y, 4) las estribaciones orientales, de 500 a 1.500 metros de altura, en la parte centro-norte, y de 1.000 a 1.800 msnm, en la parte suroriental.

En cambio, los puntos verdes de la figura ubican los sembríos de café robusta, los cuales se adaptan en las zonas tropicales húmedas de la costa y la Amazonía ecuatoriana hasta los 500 metros sobre el nivel del mar.

Época de cosecha

La temporada en la cual los frutos de café maduran y están listos para la cosecha varían de acuerdo a las condiciones del clima y del suelo, las prácticas de cultivo y de acuerdo a la especie de café. La forma más adecuada de recolección es por "pepiteo", es decir, cosechar únicamente las cerezas maduras y sin dañar las yemas ubicadas en los nudos de fructificación [9].

La cosecha tanto del café arábigo como del café robusta en las provincias de Loja y El Oro, se la realiza generalmente durante los meses de junio a octubre, mientras tanto en las estribaciones orientales (Zamora Chinchipe), donde la precipitación de lluvias es más frecuente, la época de la cosecha empieza en el mes de Marzo y termina en Agosto.

La primera cosecha de una planta de café se produce alrededor de los 2 años. En la época de cosecha se pueden realizar dos o tres recolecciones, según el estado de madurez de los frutos, desafortunadamente el café arábigo y en cierto grado el robusta, tiene la desventaja de tirar su fruto después de que ha madurado más allá de cierto punto.

De acuerdo a fuentes de la SINAGAP – 2013, las cosechas de café más representativas del año pasado se dieron entre los meses de Junio a Noviembre [10].

Calidad y frescura

La calidad final del producto depende del control de varios factores a durante todo el proceso, los cuales serán explicados brevemente a continuación.

- **Humedad del café verde en etapa de recepción**

La humedad del grano verde con la que llega a la planta no debe sobrepasar el 12,5% porque esto podría ocasionar el crecimiento de hongos. A su vez, cuando la humedad baja más del 10% de humedad, el aroma, la acidez y la frescura empiezan a evaporarse y con una humedad del 8% o menos, estas han desaparecido completamente, dando como resultado una calidad inferior de la infusión [11].

- **Densidad del grano verde en etapa de clasificación**

Una clasificación correcta de granos con diferentes densidades es muy importante ya que los granos ligeros rebajan totalmente la calidad de la bebida final. Este tipo de grano no solamente reduce el aroma, la acidez y el cuerpo de un café sino que a menudo, aporta también un gusto insípido, común y ordinario.

- **Tamaño del grano verde en etapa de tostado**

Los granos verdes son sometidos en la fase de limpieza y clasificación en diferentes mallas con el fin de separarlos de acuerdo a su tamaño. Los granos de café son tostados independientemente de acuerdo a su tamaño clasificado con el fin de evitar que los granos más pequeños se tuesten más

rápido que los grandes y a su vez, obtener un producto final homogéneo.

- **Características sensoriales**

Las características sensoriales, conocidas también como catación o evaluación de la taza, consisten en analizar diferentes características que puede presentar el café a través de la bebida [12].

En toda catación se evalúan los siguientes aspectos básicos.

- Fragancia: a partir del grano tostado y molido
- Aroma: oliendo la infusión
- Gusto: probando la infusión
- Cuerpo: se lo valora a través de la textura y la densidad de la bebida.

2.2. Principios del tostado

El tostado del café verde es un proceso térmico donde se somete al café durante un cierto tiempo a una alta temperatura, produciendo efectos muy importantes físicos y químicos en el café. En esta etapa se desarrolla compuestos responsables del aroma y sabor [13].

El tostado de los granos verdes se realiza básicamente en tres etapas que se explican brevemente a continuación.

La primera etapa consiste en el secado del café verde, la cual normalmente toma el 80% del tiempo total de la torrefacción a temperaturas que van de los 125°C a los 187°C [14].

En la segunda etapa, ocurre la pirolisis (fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno) en el grano de café. Esta consiste en una reacción exotérmica espontánea que ocurre internamente en el grano a altas temperaturas en un período de tiempo aproximado inferior a un minuto y se caracteriza por la crepitación de los granos de café. Esta etapa depende de hasta donde se quiera llevar el proceso de pirolisis (el grado de tueste deseado). Se presenta entonces un aumento de la energía calorífica del sistema, debido al carácter exotérmico de las reacciones, alcanzando temperaturas cercanas a 200°C.

La tercera y última etapa es la de enfriamiento, en la cual se detiene la reacción de la pirolisis en el café a través de una corriente de aire fría alrededor de los granos ya tostados.

El rango de temperatura para la torrefacción está situado entre 185°C y 240°C siendo la temperatura óptima para la torrefacción la comprendida entre 210°C y 230°C. Por encima de esta temperatura

se inicia la sobre torrefacción del grano que ocasiona una carbonización sobre éste.

Cambios físicos durante el tostado

- **Pérdida de peso:** Pierde alrededor del 15-20%, debido en gran parte a la evaporación de su humedad y en menor parte a la pirolisis de algunos componentes, la cual es conocida como merma [15].
- **Incremento en volumen:** El grano aumenta de volumen, entre un 100% y un 130% en el caso del café natural en función del tiempo de tueste. La expansión de los granos es ocasionada por el almacenamiento del CO₂ dentro de los granos, generando una presión interna de 5.5 – 8 atmósferas.
- **Color:** El color amarillo verdoso se transforma en un marrón, más o menos oscuro en función del grado de tueste escogido. En términos generales, cuanto más claro sea el color, menos tostado, el sabor más suave, más ácido y menos amargo. Cuando más oscuro más tostado, el sabor será más fuerte, menos ácido y más amargo [16].
- **Textura interna:** Cuando se produce la expansión de los granos, ocurre también una crepitación en donde estos

comienzan a abrirse, debido a la presión ejercida por los gases dentro del grano.

- **Cambios en la densidad:** Debido al proceso de torrefacción el grano de café sufre un aumento en el volumen, ocurriendo un cambio sensible en la densidad.

Cambios químicos durante el tostado

La composición química del grano sufre una importante transformación, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Azúcares, grasas, proteínas, sustancias nitrogenadas no proteicas, ácidos, etc., todo sufre una transformación debido a las altas temperaturas a que es sometido el grano.

- **Agua:** el agua "libre" del grano se evapora. El agua generada en las diferentes reacciones químicas que suceden durante la torrefacción, también se evapora en su gran mayoría. Sin embargo, el grano queda con 0,5 – 3,5% de humedad al final [17].
- **Cafeína:** El café verde tiene dependiendo de la especie entre 1 – 2% de cafeína. Durante el tostado se pierde alrededor de un 10%, pero después del tostado su contenido sigue igual debido a que las pérdidas de peso son insignificantes [18].

- **Dióxido de carbono (CO₂):** durante el proceso de torrefacción, se produce CO₂ gaseoso como producto de la pirolisis. Cerca del 2% del CO₂ generado es retenido dentro del café tostado [19].

Tostadora de tambor

Estos sistemas consisten en un proceso largo entre 12 hasta 25 minutos y se tuesta por aire caliente. La cantidad de aire caliente se mantiene o varía según las características de la tostadora, escalonando su temperatura durante todo el proceso [15].

Con este sistema se consigue una gran uniformidad del tueste del grano, tanto en el núcleo como en la superficie, debido al reparto uniforme del aire caliente en toda la masa de café que está girando dentro del tambor.

El enfriado se realiza en un tambor circular, removiendo el café con unas palas, a temperatura ambiente. La base es de chapa perforada y un potente moto-ventilador en la base aspira el aire a través de los granos.

Comportamiento de temperaturas en el tostado

En la figura 2.4 podemos observar el comportamiento entre la temperatura del tambor VS la temperatura del producto desde su entrada a la tostadora.

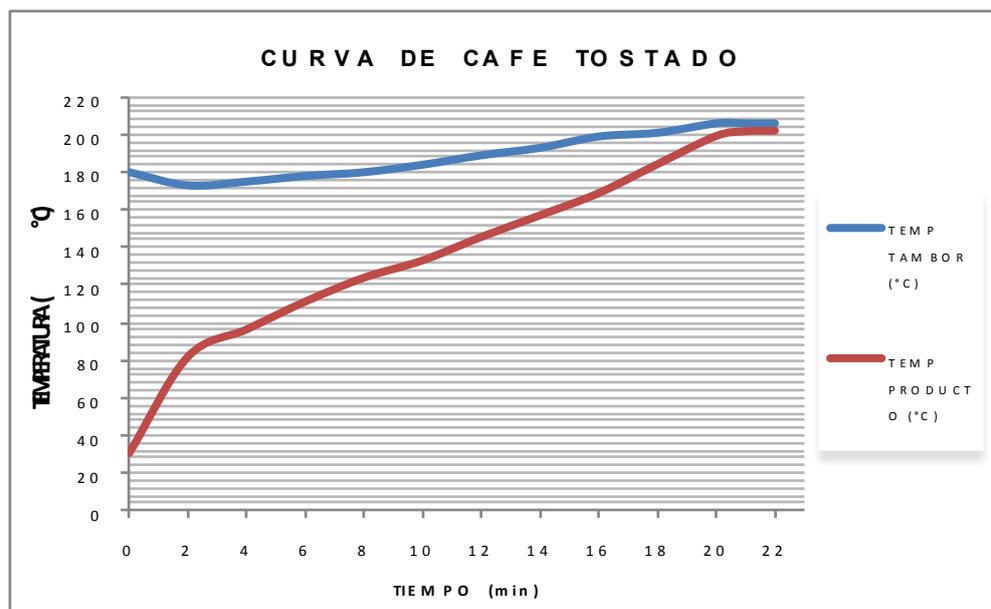


FIGURA 2.4. INTERACCIÓN DE TEMPERATURAS EN ETAPA DE TOSTADO

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

La temperatura del tambor desciende levemente y comienza a subir en forma lenta hasta una temperatura de 206°C donde se estabiliza la misma.

El café verde entra al tambor a temperatura ambiente (30°C), y aumenta gradualmente hasta alcanzar una temperatura cerca de los 200°C. El café tostado es retirado al haber alcanzado el grado de tueste deseado, el cual se mide por contraste con un pantone de acuerdo a la escala de discos de color Agtron/SCCA. Los valores se encuentran en el rango perteneciente al disco #45 (Ver Anexo A).

2.3. Principios de la molienda

La molienda del café tostado es la etapa más importante para la elaboración de una buena bebida, la que consiste en convertir en polvo al grano de café tostado mediante molinos.

La molienda tiene como fin reducir el tamaño de las partículas de café a un tamaño menor para obtener un mayor contacto de la superficie con el agua al momento de elaborar la bebida [15].

El grano molido debe tener una granulometría perceptible al tacto y no llegar a tener una consistencia harinosa. Si está poco molido, al realizar la infusión, no se extraerán todos los sabores, y si lo está excesivamente, se disolverán excesivamente los componentes menos aromáticos y más amargos, además de formarse una pasta que dificultará el proceso.

La determinación de la granulometría o medida de las partículas molidas está en función del tipo de cafetera que se usará en la preparación del café. El resultado final de un mismo café en una misma cafetera será diferente si variamos la molienda tanto por el efecto de la misma como por la cantidad de producto (a más fino, más cantidad en el mismo volumen).

Es importante el control de la temperatura del café molido: esta no puede estar por encima de 50°C (lo ideal es conseguir que no supere los 35°C) ya que a partir de aquí podemos notar gustos de café requemado y además tendremos más pérdidas de gases y aromas de lo habitual. La velocidad del motor y el estado de las fresas son elementos que hay que tener en cuenta para preservar la calidad del café.

Molinos de fresas

Este tipo de molino consiste en dos fresas que muelen el café tostado, una fija y otra rotatoria, atrapando y triturando los granos entre ambas [15].

La separación de las fresas es graduable, con lo que se puede obtener la granulometría precisa: desde un café casi pulverizado para el café turco, hasta granulometrías de 0,7 mm o superiores.

Las fresas son mecanizadas a partir de aceros especiales de gran dureza. Existe un desgaste debido tanto a la temperatura de trabajo, que dilata los discos, como al roce continuado en el trabajo de molienda.

La calidad de estos molinos reside principalmente en el fresado de los discos, los materiales y la refrigeración que puede ser por aire o por agua, incidiendo en una o en ambas fresas. Un correcto fresado evita que se produzca polvo al moler, aportando esponjosidad al producto y el consiguiente aumento de volumen del paquete.

2.4. Atmósferas modificadas

Definición

Método de empaquetado que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas, o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto. La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el período de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como

respiración del producto envasado, cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del envase [20].

Gases utilizados en el envasado en atmósfera modificada

El fin del envasado de alimentos en atmósfera modificada es la sustitución en el envase del aire que rodea al alimento con una mezcla de gases, en proporción diferente a la del aire [20].

La composición del aire aproximada la encontramos en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1. COMPOSICIÓN GASEOSA DEL AIRE SECO A NIVEL DEL MAR

| G A S | P O R C E N T A J E S |
|-------------------------------|------------------------------|
| Nitrógeno (N_2) | 78'03 |
| Oxígeno (O_2) | 20'99 |
| Argón (Ar) | 0'94 |
| Dióxido de Carbono (CO_2) | 0'03 |
| Hidrógeno (H_2) | 0'01 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Las principales características de cada uno de los gases más importantes se detallan a continuación.

Oxígeno (O_2): El oxígeno es probablemente el gas más importante en el deterioro de los alimentos, siendo utilizado tanto por los microorganismos aerobios como por los tejidos vegetales, y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos incluyendo la oxidación de la grasa y compuestos sensibles como vitaminas y aromas. Por esta razón, se elimina el oxígeno o se reduce hasta niveles tan bajos como sea posible.

Dióxido de carbono (CO_2): El dióxido de carbono ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano, sobre todo contra las bacterias aerobias de la descomposición. La absorción de este gas depende en gran medida de los contenidos de humedad y grasa de los productos. El CO_2 se difunde a través del film de envasado por encima de 30 veces más rápidamente que cualquiera de los otros gases empleados para el envasado de productos alimenticios.

Nitrógeno (N_2): El nitrógeno (N_2) es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene por destilación fraccionada del aire al igual que el oxígeno. Es un compuesto inerte, es decir, que no reacciona químicamente con otras sustancias y presenta además una solubilidad muy baja en el agua y en las grasas.

Aprovechando su naturaleza poco reactiva este gas se utiliza como sustituto del oxígeno. Desplaza al O_2 en el espacio de cabeza del envase con el fin de evitar el desarrollo de microorganismos aerobios y los problemas de oxidación y enranciamiento. También actúa como gas de relleno ya que previene el colapso del envase cuando los alimentos absorben el dióxido de carbono.

2.4.1. Efectos de atmósferas modificadas en el café

El café envejece rápidamente después de ser tostado, perdiendo sus propiedades organolépticas si éste se mantiene en contacto con el oxígeno captando la humedad del ambiente. Por este motivo, el envasado debe realizarse inmediatamente [21].

Existe la idea que un tercio del CO_2 se libera inmediatamente cuando los granos tostados son molidos, y el otro tercio se libera durante un período de 30-40 minutos antes de empaquetar el producto [22].

Sin embargo, el CO_2 liberado del café molido puede arrastrar con él parte del sabor y aromas volátiles. El principal problema con el producto molido es su inestabilidad frente a la oxidación y

el envejecimiento, lo que significa que el producto necesita ser envasado con materiales de mayor capacidad barrera.

TABLA 2.2. MEZCLA RECOMENDADA DE GASES PARA ALIMENTOS SECOS Y PRODUCTOS PARA PASTELERIA

| Producto | Mezcla de gases | Volumen del gas | Tiempo de vida útil | | Temperatura de almacenamiento |
|------------------|--|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------------------------|
| | | Volumen del producto | Aire | M A P | |
| Pan pre-horneado | 100% CO ₂ | <u>50 - 100 ml</u> | 5 días | 20 días | 20 - 25°C |
| | | 100 g producto | | | |
| Tortas | 50% CO ₂ + 50% N ₂ | <u>50 - 100 ml</u> | 15 días | 60 días | 20 - 25°C |
| | | 100 g producto | | | |
| Café (molido) | N ₂ o CO ₂ | <u>50 - 100 ml</u> | 4 semanas | 24 semanas | 20 - 25°C |
| | | 100 g producto | | | |
| Leche en polvo | 100% N ₂ | <u>50 - 100 ml</u> | 12 semanas | 52 semanas | 20 - 25°C |
| | | 100 g producto | | | |
| Maní | 100% N ₂ | <u>50 - 100 ml</u> 100 g producto | 12 semanas | 52 semanas | 20 - 25°C |

Fuente: Linde Ag (2010)

De acuerdo a la tabla 2.2., según las recomendaciones de la compañía LINDE GAS, líder en producción de gases para envasado de alimentos, el café tostado y molido envasado con 100% de

Nitrógeno (N_2) y almacenado a una temperatura de 20 - 25°C, posee un tiempo de vida útil de 24 semanas aproximadamente [23].

Los estudios han mostrado que el café con un contenido aproximado del 4% de humedad, encerrado en un envase con el 0,5% de oxígeno residual y almacenado a 21°C, podría permanecer con alta, media y baja calidad durante 6 meses, 12-17 meses y 20-25 meses, respectivamente [24]; [25].

Si el oxígeno residual se incrementa hasta el 1%, el tiempo de almacenamiento para lograr los respectivos grados de calidad se podría reducir a 4 meses, 9-17 meses y 14-20 meses. Por lo tanto, es importante minimizar el contacto con el oxígeno en todas las etapas de la producción.

Durante la operación de llenado-empaquetado, frecuentemente cuando el producto se introduce en el interior del paquete, se mezcla con gas inerte, para reducir la absorción de oxígeno por el café. Se utiliza una corriente de gas inerte (nitrógeno) para obtener el nivel de oxígeno residual requerido. El arrastre por corriente de gas se realiza durante la operación de formado vertical-llenado-cerrado.

Los materiales flexibles de empaquetado utilizados normalmente son laminados, a menudo metalizados (por ejemplo poliéster metalizado) para mejorar las propiedades de barrera. El producto molido necesita de todos modos ser desgasificado antes de empaquetado en las bolsas flexibles. Para reducir el tiempo de desgasificación y por lo tanto el tiempo necesario antes de empaquetar el producto, a los paquetes se les coloca una válvula de una dirección. Estas válvulas liberan el CO_2 del interior del empaque sin permitir que el oxígeno entre en el paquete. Se piensa que el café empaquetado de este modo es más fresco que si es empaquetado directamente después de tostar y moler.

Los paquetes de café producidos de esta forma son paquetes de atmósfera modificada, incluso sin realizar el arrastre con nitrógeno, pues el espacio de cabeza está modificado por la liberación de CO_2 del café. Sin embargo, estos paquetes de café molido, se someten normalmente a una corriente de nitrógeno, para reducir los niveles de oxígeno residual en el paquete.

Los paquetes de café molido empaquetados en bolsas metalizadas con válvulas de una vía, con aplicación de corriente de nitrógeno, contienen del 20 al 50% de CO_2 y menos del 1% de oxígeno en el momento de venta al por menor [20].

2.5. Proceso de producción

Descripción del producto

El café tostado y molido es empacado en empaques flexibles cuyo contenido neto es 453g. La estructura trilaminada del empaque está formada por los siguientes componentes.

- **Tereftalato de Polietileno (PET):** es un film transparente y brillante, muy resistente. Tiene buenas propiedades como barrera a la humedad y a los gases [26].
- **Lámina de aluminio (ALU):** utilizado principalmente como lámina de barrera a los gases y a la luz. Se utiliza como componente de estructuras multicapa.
- **Polietileno de baja densidad (LDPE):** es químicamente inerte, termosellable, no posee olor alguno y se retrae por calentamiento. Es impermeable al vapor de agua pero bastante permeable a los gases. Es sensible a los aceites y con escasa resistencia a los olores.

El café es un producto vivo y sigue su proceso natural desprendiendo gases y sustancias volátiles. Por ello, los empaques cuentan con una válvula unidireccional hacia el exterior, desgasificadora, impidiendo la entrada de oxígeno del exterior y a su vez, liberando el exceso de gases que expulsa el café tostado, de lo contrario provocaría el hinchamiento del empaque.

El consumidor deberá almacenar el producto en un lugar fresco, seco y a temperatura ambiente, el cual presenta un tiempo de vida útil de 6 meses, otorgado por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).

Diagrama de flujo actual

El diagrama de flujo mostrado a continuación presenta los porcentajes de rendimiento de cada etapa del proceso detallando en cada una temperaturas y tiempos correspondientes.

Partiendo de una materia prima inicial de 260 lb de café tostado y molido obtenemos un rendimiento del 61% de producto final, dando como resultado 160 lb de producto terminado aproximadamente (Ver Figura 3.1).

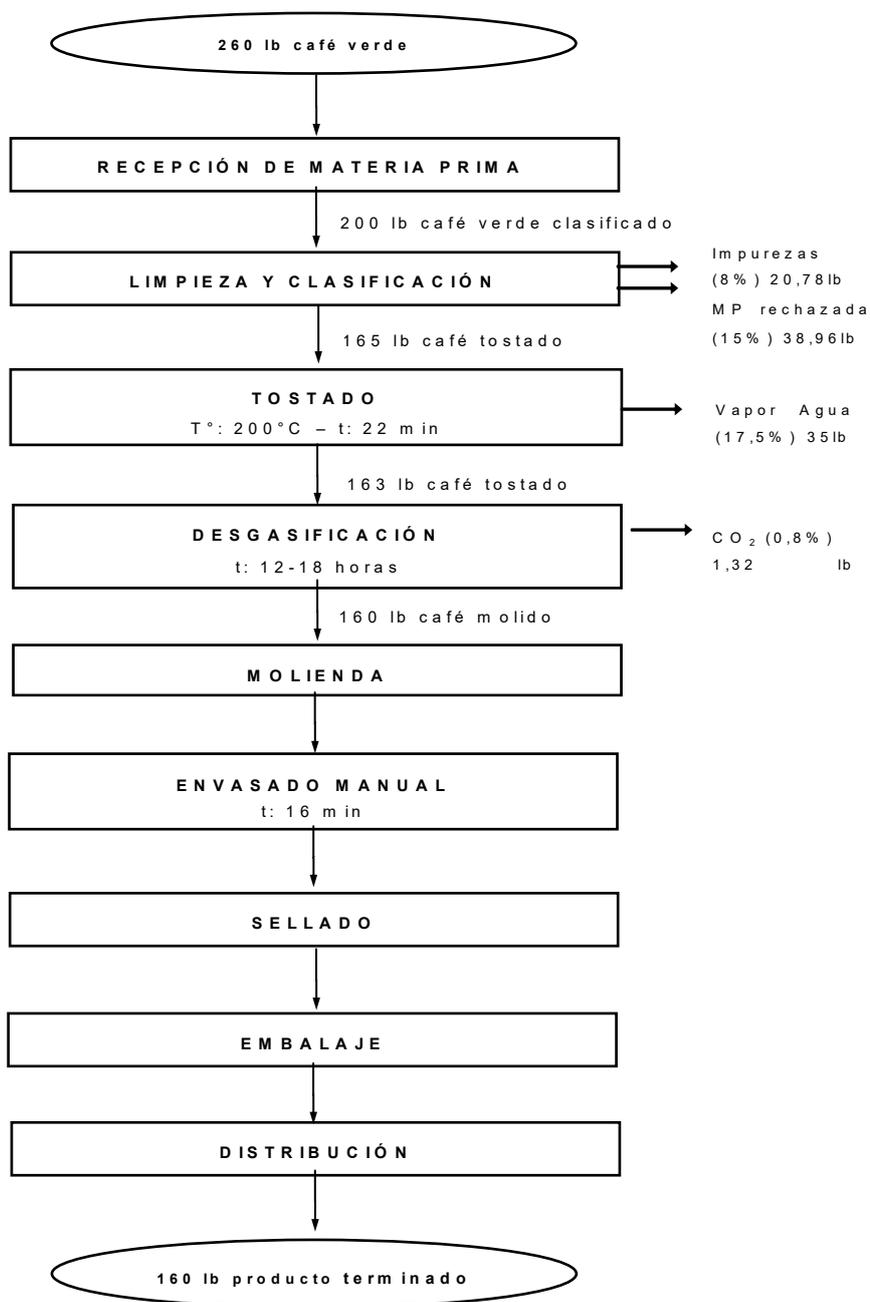


FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

Elaborado por: Anamaría Gardella Pareja (2014)

Descripción del proceso actual

Recepción de materia prima: La materia prima ingresa a la planta luego de haber sido analizada por Control de Calidad, en donde se mide humedad, peso y calidad organoléptica para su aprobación y entrada al proceso. Uno de los controles más importantes en esta etapa es el contenido de humedad con el que llega la materia prima a la planta, la cual no debe sobrepasar el 12,5% de humedad según la Norma INEN 285. Esto provocaría el crecimiento de microorganismos tales como hongos, bacterias y mohos.

Limpieza y clasificación: Los granos de café verde son sometidos a una fase de limpieza y clasificación según el tamaño y la densidad de los granos, siendo esta etapa crucial para el proceso posterior de tostado, ya que permite obtener un producto final con mayor homogeneidad y de calidad superior.

Las máquinas conocidas como catadoras eliminan por medio de una fuerte corriente de aire la mayoría de fragmentos y granos pequeños ligeros que de otro modo, complicarían o demorarían el proceso posterior. Luego, al pasar por la máquina clasificadora, se separan los granos según su tamaño a través de zarandas vibratorias.

Finalmente, la mesa de gravedad llamada también densimétrica, clasifica los granos según su densidad. Esta máquina funciona por medio de un conjunto de ventiladores que generan un lecho fluido de aire sobre una plataforma permeable, en la cual levitan los granos de café en diferentes niveles. Ayudados por la vibración e inclinación de esta plataforma, los granos livianos se van resbalando sobre los pesados hacia la parte más baja de ésta, y los granos pesados son arrastrados hacia la parte alta de la plataforma. De esta forma se desechan los granos vanos fuera del proceso.

Tostado: Los granos de café verde son tostados según el tamaño que han sido clasificados. El café es introducido por cargas de 2 qq (200 lb) en una tostadora de tambor, la cual se encuentra a una temperatura inicial de 250°C. Los granos de café se calientan por aire que circula internamente en el tambor, alcanzando temperaturas próximas a los 200°C. El tiempo de tostado es de aproximadamente 20 a 25 minutos dependiendo de las condiciones climáticas y de las especificaciones del producto.

En esta etapa se controla la humedad final del producto la cual debe ser inferior al 5% según la Norma INEN 1123, de lo contrario, se aceleraría el deterioro del producto estimulando el desarrollo de

microorganismos como los hongos; además del deterioro de los lípidos presentes.

El café tostado es expulsado por la compuerta a la tina de enfriamiento, donde éste pierde calor a través de aspas que giran en forma circular por medio de aspiración de calor.

Desgasificación: El café es envasado en tachos de almacenamiento donde reposa por 12-18 horas con el fin de recuperar humedad y concentrar mejor sus aromas y sabores.

Molienda: La molienda se realiza por medio de un molino de fresas, en donde el café tostado se deposita en las tolvas de alimentación para obtener el grado específico de molienda del producto.

Envasado: Esta operación se realiza manualmente en balanzas digitales en empaques cuyo contenido neto es 453 g.

Sellado: Los empaques son colocados en una banda transportadora, la cual pasa a través de una máquina selladora, en donde los

empaques son sellados y al mismo tiempo codificados. Esta etapa es una de las más importantes en el proceso ya que no deben ocurrir errores en el sellado, de lo contrario, ingresaría oxígeno al producto y no se cumpliría con el tiempo de vida útil estimado.

Embalaje: El producto terminado es encartonado en cajas de 24 unidades para su distribución inmediata.

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

3.1. Situación actual de la línea

La empresa cuenta con una sola línea de proceso semi-industrial en la cual se producen alrededor de 25000 libras mensuales de café tostado y molido. En el área de producción se encuentran ocho empleados distribuidos a lo largo del proceso, donde se realizan diariamente diferentes actividades tales como: tostado, molienda, envasado, sellado y embalaje.

3.2. Identificación de etapas con problemas

Se realizó una evaluación en cada etapa del proceso para identificar si existen problemas críticos y conocer si éstas se encuentran bajo control a través de Herramientas de la Calidad [27].

Se tomó información del historial de datos de los controles respectivos en cada área. Por medio de gráficos de línea, se realizó un análisis general para conocer los problemas existentes mediante la comparación de los límites establecidos según las especificaciones de varias normas.

Recepción

En esta etapa se registra la humedad con la que llega la materia prima en estado verde.

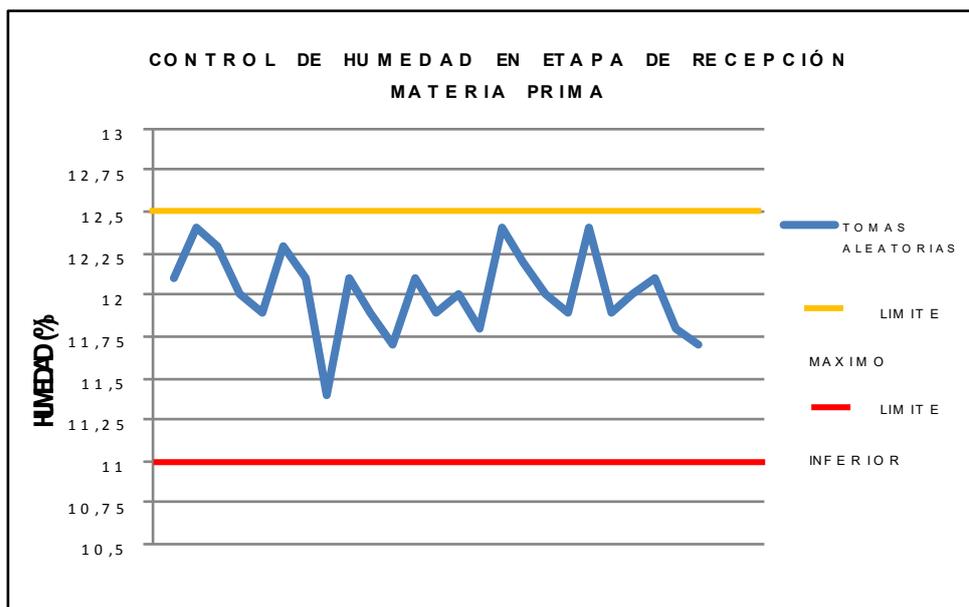


FIGURA 3.2. COMPARACIÓN CON LÍMITES ESTABLECIDOS PARA HUMEDAD EN ETAPA DE RECEPCIÓN

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

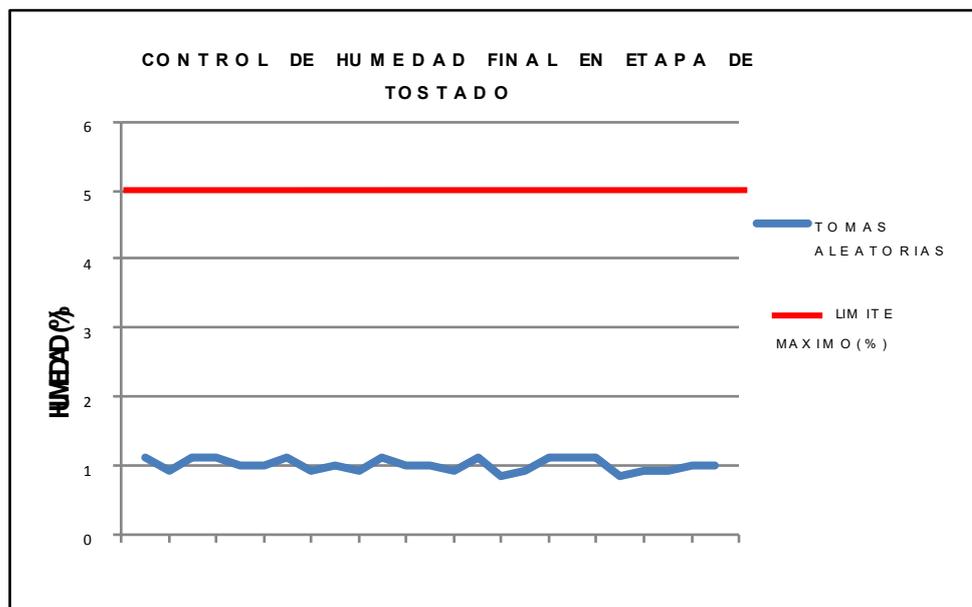
La figura 3.2 muestra los límites superior (12,5%) e inferior (11%) de humedad permitida con la que debe ser aceptado el café verde según la Norma INEN 285 (Ver Anexo B).

El gráfico de líneas muestra que los valores obtenidos en meses anteriores durante la recepción de materia prima están dentro de los límites permitidos ya que si el café verde sobrepasa el 12,5% de humedad aumenta el crecimiento de microorganismos tales como hongos, bacterias, mohos, entre otros, e influye también, en el deterioro de las características originales de la taza final. Por ende, el lote que exceda el límite superior será rechazado.

Tostado

Los controles llevados a cabo en esta etapa son la humedad y el color final del café tostado.

La figura 3.3 muestra el comportamiento de las humedades de tomas al azar del historial de tres meses de registros. Según la norma INEN 1123, la humedad del café tostado y molido no debe sobrepasar el 5% de humedad, por lo tanto, este parámetro se encuentra bajo control (Ver Anexo C).



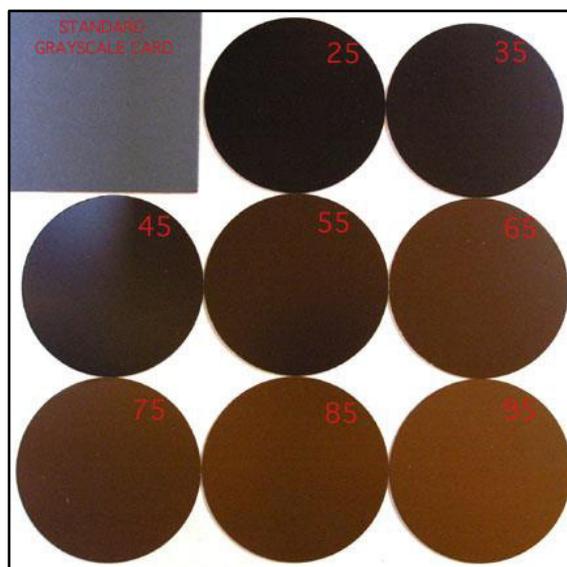
**FIGURA 3.3. COMPARACIÓN CON LÍMITES ESTABLECIDOS
PARA HUMEDAD EN LA ETAPA DE TOSTADO**

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

El color es el parámetro más utilizado para establecer el grado de tueste del café, muy importante para evaluar la calidad del producto final.

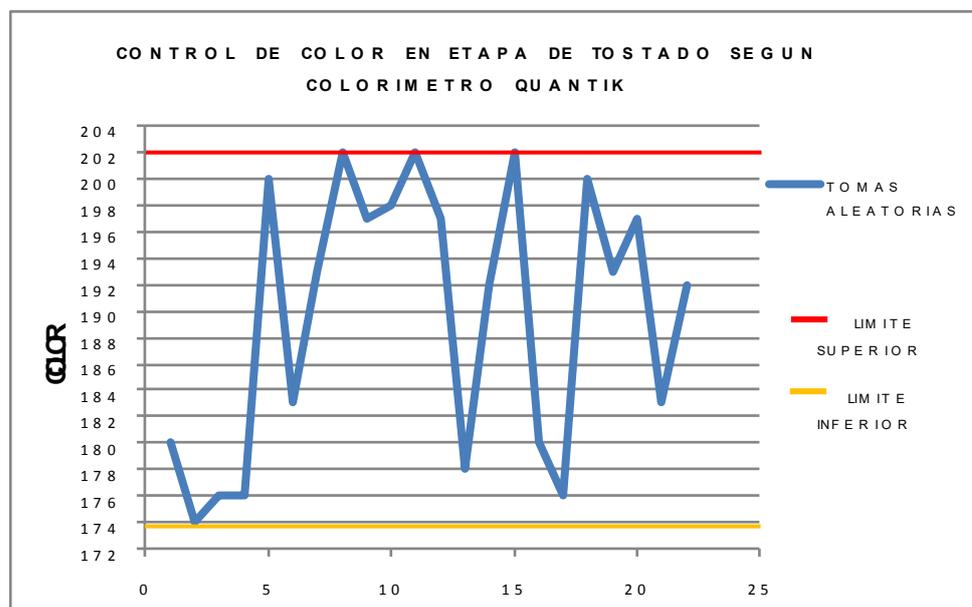
La empresa lleva el control del grado de tueste final según las características requeridas basándose en la tabla de equivalencias entre colorímetros según la SCCA/Agtron Roast Color Classification System (Ver Anexo A).

Los datos obtenidos con el colorímetro Quantik se encuentran dentro de una escala propia del fabricante. En el caso de los discos de color Agtron/SCCA, la escala se compone de ocho discos donde se encuentran ocho niveles de tostado diferentes que van desde el tueste ligero hasta el muy oscuro.



**FIGURA 3.4. DISCOS DE COLOR SEGÚN AGTRON/SCCA
ROAST COLOR CLASSIFICATION SYSTEM**

El color del café tostado de acuerdo a las políticas de la empresa debe estar según el colorímetro Quantik entre los valores 173 (café moderadamente oscuro – espresso) y 202 (café medio oscuro – Vienesse Full City-Light French Espresso), equivalente al disco #45 según la SCCA.



**FIGURA 3.5. COMPARACIÓN CON LÍMITES ESTABLECIDOS
PARA COLOR SEGÚN COLORÍMETRO QUANTIK EN ETAPA
DE TOSTADO**

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Los datos tomados al azar de la figura 3.5 se encuentran dentro de los límites establecidos por políticas de la empresa, asegurando que este parámetro también se encuentra bajo control.

Molienda

El café tostado y molido, debe presentar por lo menos el 51% en peso del tamaño de partícula que corresponda a su grado de molienda.

Según la Norma INEN 1123, existen cuatro tipos de molienda que se detallan a continuación en la tabla 3.1

TABLA 3.1. TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

| TAMAÑO DEL TAMIZ | Debajo del tamiz de 350 μm | Entre los tamices 350 $\mu\text{m} - 500 \mu\text{m}$ | Entre los tamices 500 $\mu\text{m} - 700 \mu\text{m}$ | Entre los tamices 700 $\mu\text{m} - 900 \mu\text{m}$ |
|------------------------|---|---|---|---|
| No. Mallas Tyler | Debajo de Malla 45 | Sobre Malla 45 | Sobre Malla 35 | Sobre Malla 25 |
| DENOMI NACIÓN | Extrafino | Fino | Mediano | Gruoso |

Fuente: Norma INEN 1123

Los tamices se encuentran asociados a un número de mallas de acuerdo a la Norma INEN 154 (Ver Anexo D).

De acuerdo a datos de la empresa tomados al azar de hojas de control durante varios días, se deduce que la molienda que presenta el producto es de grado mediano.

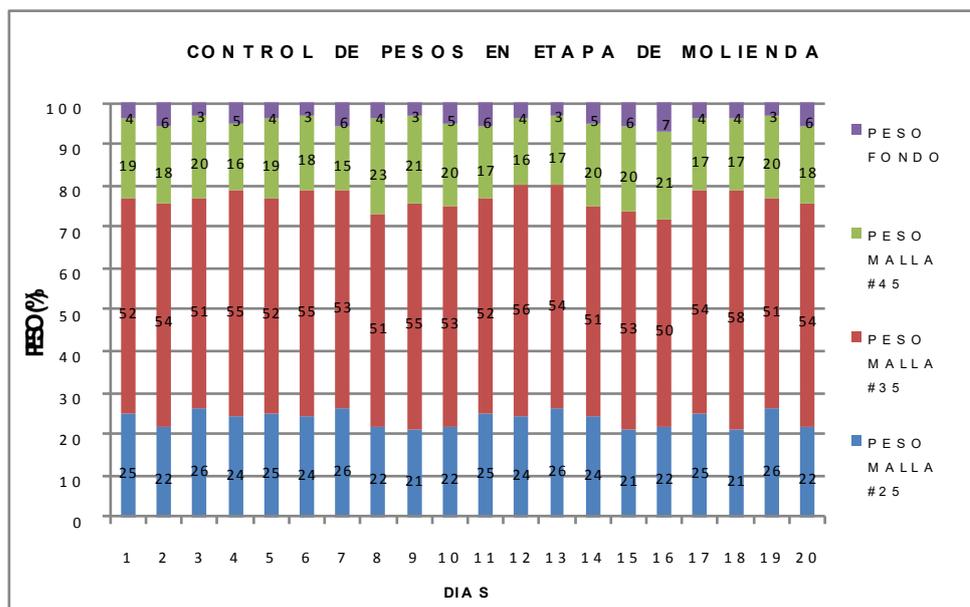


FIGURA 3.6. CONTROL DE PESOS EN ETAPA DE MOLIENDA

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

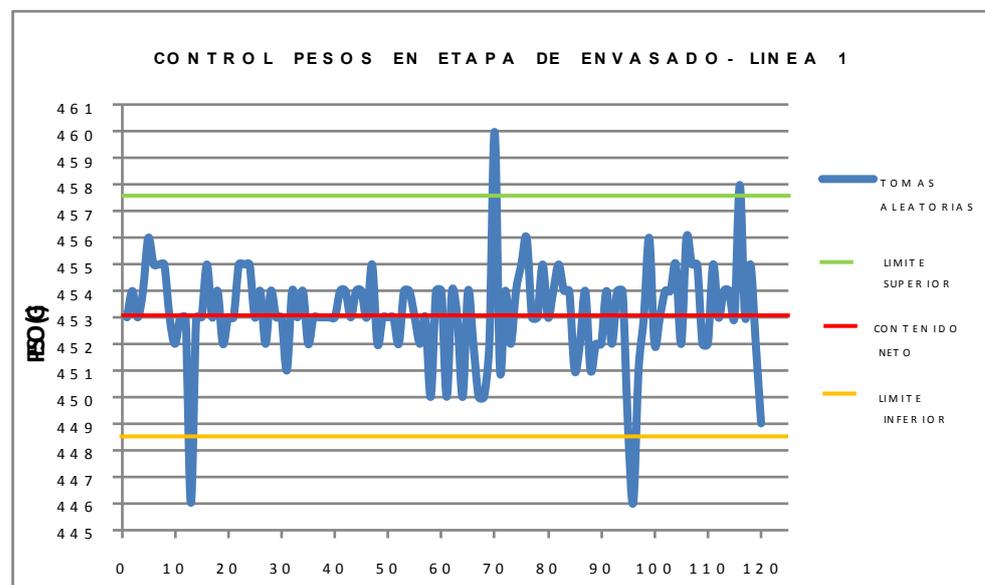
La figura 3.6 demuestra que existe control en ésta etapa ya que cumple con las especificaciones de la norma y el producto presenta homogeneidad.

Envasado

En esta etapa se lleva el control del peso final de los productos empaquetados. De acuerdo a la norma INEN 475, el producto ha sido clasificado de acuerdo al tamaño del elemento unitario como granulación extrafina y polvo (Ver Anexo E).

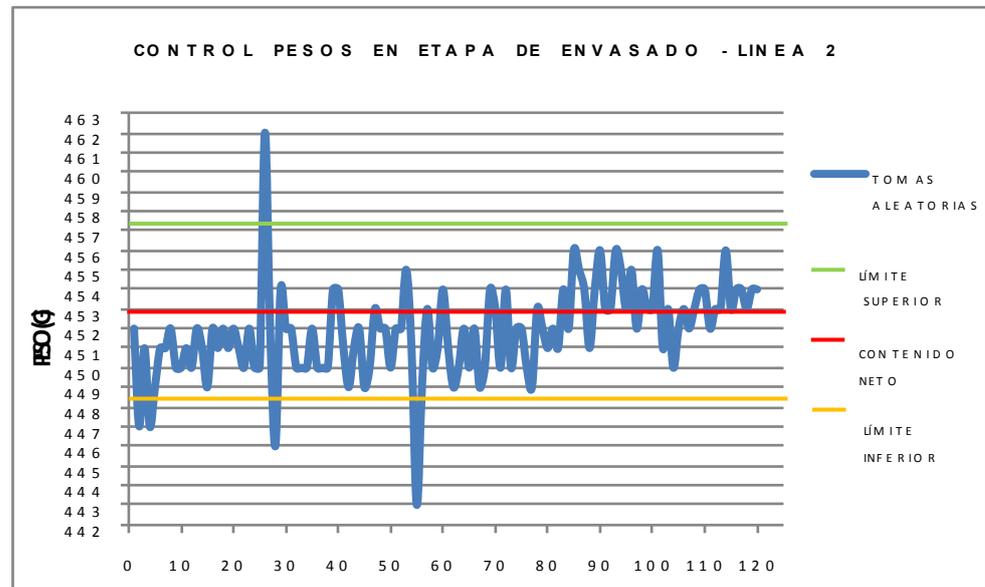
Según la Norma INEN 483 y de acuerdo a la cantidad neta constante del contenido del producto, obtenemos por interpolación un rango de $\pm 4,53\text{g}$ como error máximo permisible (Ver Anexo F).

Se realizó mediante muestras al azar de diferentes lotes, un análisis de las dos líneas de envasado con dos operarios cada una, en las cuales se utilizan balanzas digitales de forma manual. Partiendo del peso del contenido neto del empaque de 453 g, los límites superior e inferior permisibles serían de 457,53 g y 448,47 g respectivamente.



**FIGURA 3.7. COMPARACIÓN CON LÍMITES ESTABLECIDOS
PARA PESO EN ETAPA DE ENVASADO - LINEA 1**

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)



Las figuras 3.7 y 3.8 demuestran que esta etapa tiene problemas ya que existen algunas variaciones tanto por encima como por debajo de los límites establecidos. Este análisis nos proporciona una idea general de que la etapa posee un problema crítico al cual se le realizarán mediciones estadísticas posteriormente con sus respectivas conclusiones.

Se elaboró conjuntamente una tabla de frecuencias en cada línea de envasado para determinar si se está realizando correctamente. El

contenido neto de envasado es de 453 g. de café molido. La línea 1 presenta un 3,33% de producto fuera de especificaciones, mientras que la línea 2, un 4,17%. Además, de los datos obtenidos que se encuentran dentro de especificaciones, obtuvimos que la línea 1 tiende a llenar producto de menos, alrededor del 26% y también, tiende al sobrellenado en un 42%. La línea 2 en cambio, presenta producto alrededor del 62% de menos y 21% de más. (Ver Anexo G y Anexo H).

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ EN ETAPA DE ENVASADO

Se realizó un estudio de causa-raíz de los problemas en la etapa de envasado por medio de diagrama de espina de pescado y análisis de 5 por qué (Ver Figura 3.9).

Después de haber elaborado el diagrama de espina pescado, se concluye que el método es la causa del problema.

El método de envasado de café tostado y molido se realiza de forma manual y el peso del producto, a pesar que se encuentra establecido por la empresa, presenta cierta variabilidad al final de la línea.

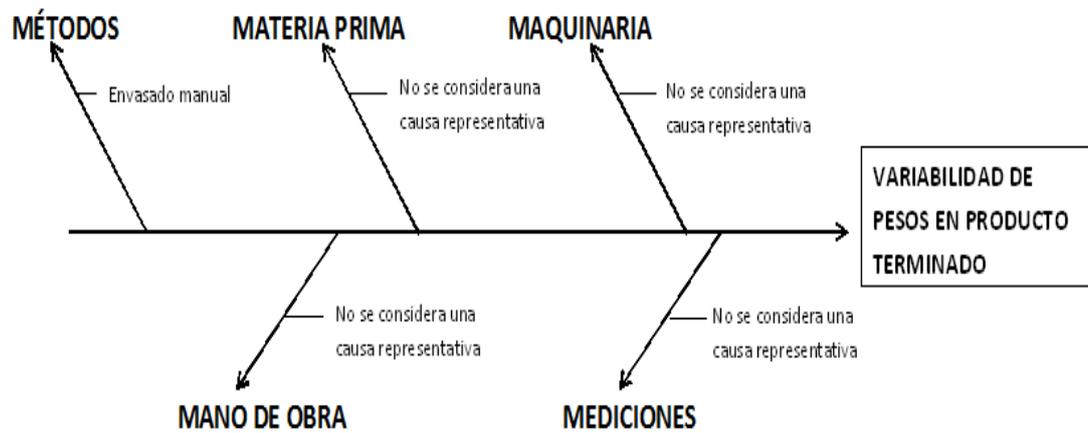


FIGURA 3.9. DIAGRAMA ESPINA-PESCADO PARA IDENTIFICAR CAUSA RAÍZ DE VARIABILIDAD DE PESOS EN PRODUCTO TERMINADO

Elaborado por: Anamaria Gardella P. (2014)

Los envasadores son los encargados del correcto pesado, pero con el fin de cumplir la demanda diaria por políticas de la empresa, aumentan la velocidad en el envasado y pierden la concentración.

Por ende, existen variaciones en los pesos de producto terminado, los cuales han sido detectados en el estudio realizado en este trabajo.

Para conocer a mayor profundidad las causas más específicas del problema, se utilizará la herramienta de los "5 por qué".

Análisis de los "5 por qué"

1.- ¿Por qué existe producto final con variabilidad de pesos?

Porque no se realiza un adecuado pesado en la etapa de envasado.

2.- ¿Por qué no se realiza un adecuado pesado?

Porque los operarios se desconcentran ocasionalmente.

3.- ¿Por qué los operarios sufren de desconcentración??

Porque existen factores que alteran la concentración de los mismos, tales como movimientos repetitivos, estado de ánimo y criterio al momento del llenado.

4.- ¿Por qué existen esos factores?

Porque el envasado se realiza de forma manual y apresurada.

5.- ¿Por qué el envasado se realiza de forma manual?

Porque la empresa no cuenta actualmente con equipos de envasado que estandaricen el llenado y pesado de los empaques, sin causar fatiga en los operarios.

Se concluye entonces que la causa principal en la etapa de envasado es el método manual ya que existen variaciones en el peso final del producto porque no se cuenta con una máquina automática de envasado que estandarice el llenado y pesado de los empaques sin susceptibilidad de errores humanos.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL PROCESO

Análisis estadístico de la etapa de envasado

Anteriormente se concluyó que la etapa de envasado presentaba problemas en el proceso, para lo cual se realizará un estudio estadístico de dicha etapa.

Para su efecto se utilizará como herramienta el módulo estadístico QI Macros Chart de Excel 2010, el cual nos proporcionará histogramas y gráficos de dispersión de cada una de las líneas de envasado.

El programa nos ayudará a obtener los límites que el proceso puede tolerar según el comportamiento actual, determinando así si el proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones de proceso.

Se trabajó con datos obtenidos en las dos líneas de envasado, tomando 10 datos cada 60 minutos de cada una, antes que éstos, sean enviados a la etapa de embalaje (Ver Anexo I).

Obtención de histogramas y gráficos de dispersión.

Envasado Línea 1

El histograma de la figura 4.1 muestra la distribución de los datos que están siendo analizados. Los datos más frecuentes se encuentran entre los valores de 452 g. y 454 g. y se puede considerar que presenta una distribución normal.

La media obtenida es 453,2 g. y el rango en que deberían estar los pesos según la norma de especificación es entre 448,47 g. y 457,53 g. con una media de 453 g. Comparando la media obtenida y la media ideal, se ve que el proceso está cercano a lo óptimo sin embargo tiende a medidas superiores de las recomendadas. La desviación estándar que se obtuvo fue 1,87 g., lo que quiere decir que no existe mucha variación de los datos respecto a la media.

Los límites del proceso obtenidos en la etapa de envasado en la línea 1 son 447,5 g. y 458,9 g., comparándolos con los límites de especificaciones, 448,47 g. y 457,53 g., se concluye que el proceso de ésta línea no es capaz de cumplir con los límites de especificaciones.

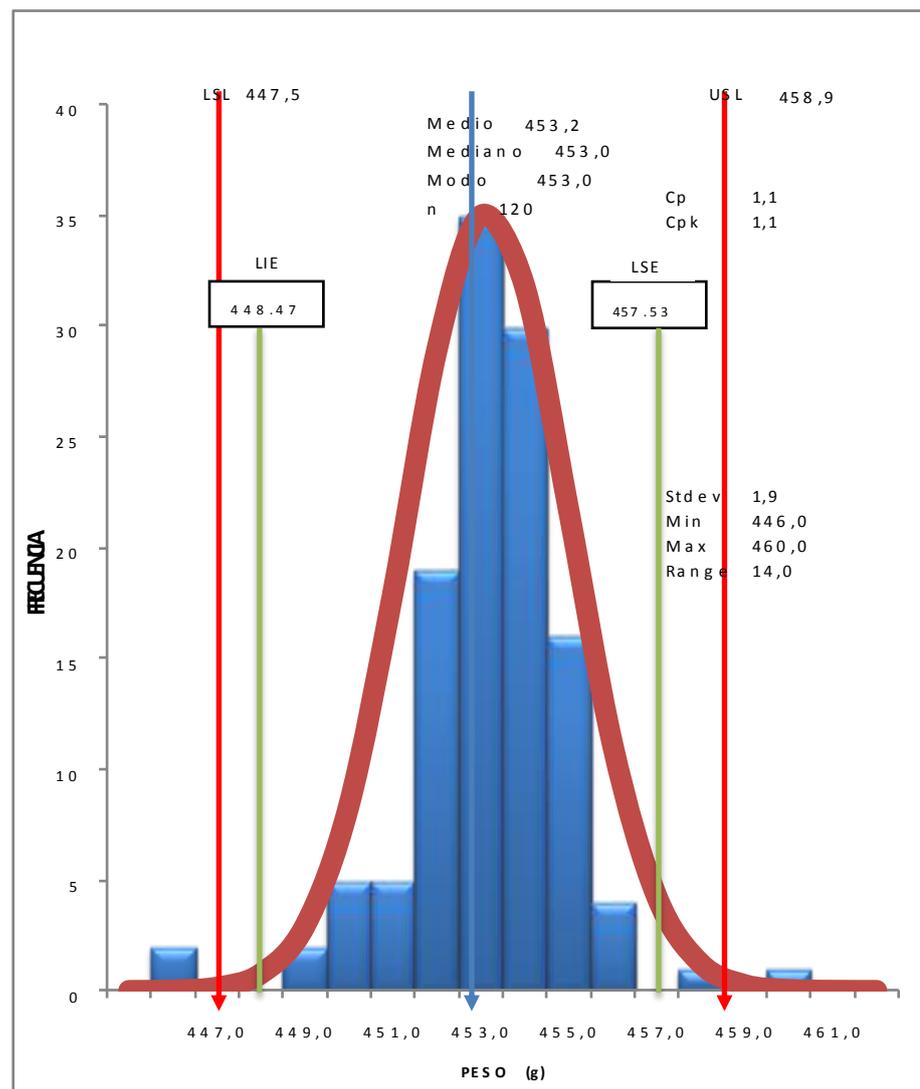


FIGURA 4.1. HISTOGRAMA ETAPA DE ENVASADO LÍNEA 1

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Envasado - Línea 2

En la figura 4.2 podemos observar el histograma obtenido de datos registrados en la línea 2 de envasado. Presenta una distribución amplia de datos, en donde los más frecuentes se encuentran entre 450 g. y 452 g. aproximadamente.

Las medidas ideales según las especificaciones de la norma son de igual manera como se mencionó anteriormente entre 448,47 g. y 457,53 g., con una media ideal de 453 g.

La media del proceso obtenida es 451,8 g., por lo que se concluye que el proceso tiende a medidas inferiores en el envasado. La desviación estándar encontrada es de 2,31 g., lo que quiere decir es que la variación de los datos respecto a la media es algo amplia.

Los límites de tolerancia del proceso en la etapa de envasado en la línea 2 son 444,9 g. y 458,7 g. Comparando los límites de especificaciones, los cuales son 448,47 g. y 457,53 g., se concluye que no es capaz de cumplir con las especificaciones.

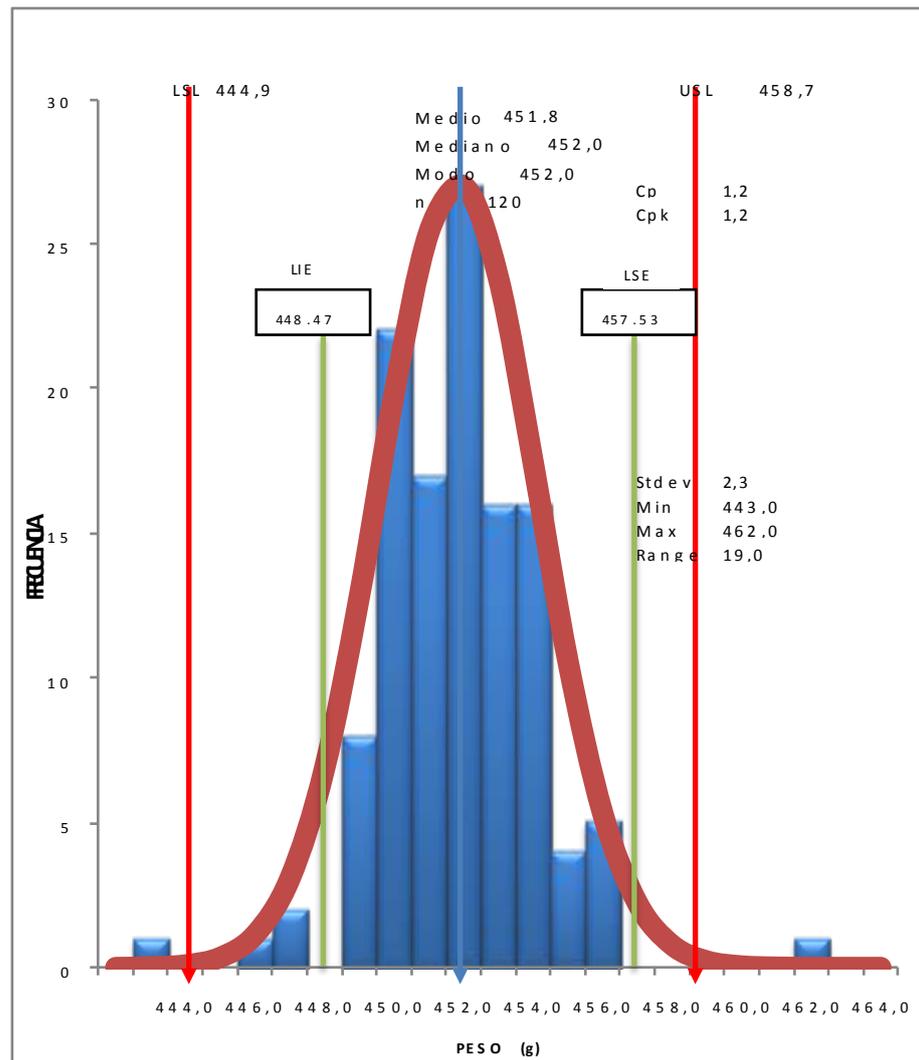


FIGURA 4.2. HISTOGRAMA ETAPA DE ENVASADO LÍNEA 2

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Análisis de Box Plot

Se realizó un análisis de box plot para comprobar la simetría de la distribución de los datos de cada línea. Observamos que la línea 1 si

presenta una distribución simétrica, a diferencia de la línea 2, donde la mediana no está en el centro del rectángulo, por lo que concluimos que la distribución no es simétrica (Ver Figura 4.3).

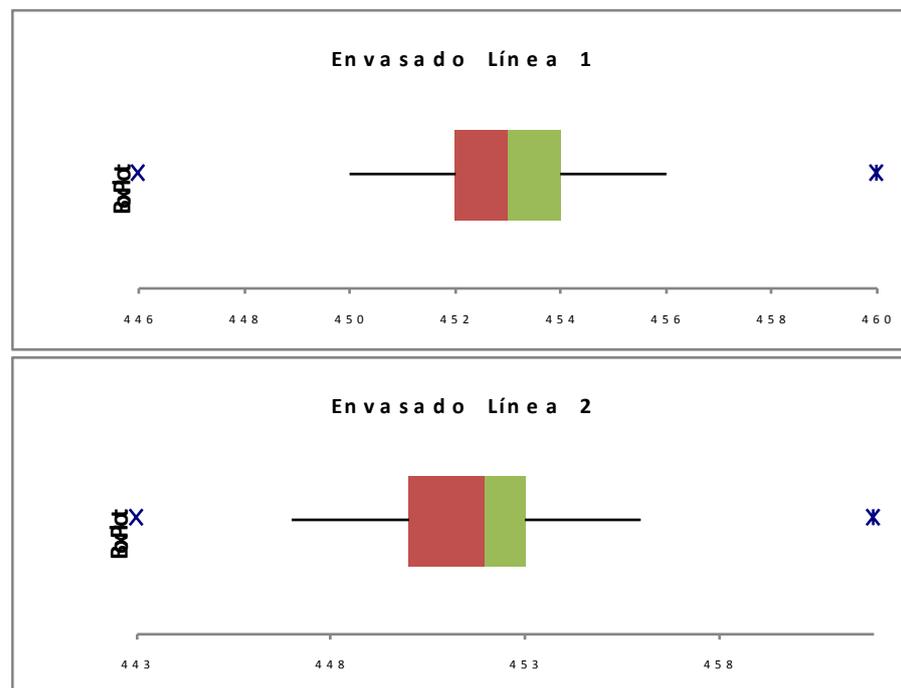


FIGURA 4.3. BOX PLOT ENVASADO LÍNEA 1 Y LÍNEA 2

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Establecimiento de Capacidad de Proceso de Envasado

Los índices de capacidad son estimaciones numéricas de la capacidad del proceso, lo cual nos determina si el proceso es o no capaz de cumplir con las especificaciones dadas.

El valor C_p nos da a conocer si el proceso es capaz o no, asumiendo que esté centrado.

El C_{pk} nos muestra el comportamiento del proceso con respecto a la media, indicándonos el desplazamiento positivo o negativo con respecto al punto medio.

De acuerdo a los datos de la tabla 4.1 se obtendrán las respectivas conclusiones.

TABLA 4.1. VALORES DE REFERENCIA DE CAPACIDAD DE PROCESO

| VALORES GUÍAS DE LA CAPACIDAD | CONCLUSIÓN |
|--------------------------------------|--|
| 1,33 o mayor | El proceso es satisfactorio |
| 1,00 a 1,33 | El proceso es capaz, pero marginalmente. El proceso no soportará quizás un cambio significativo. |
| 1,00 o menor | El proceso no es satisfactorio. O el proceso está fuera de especificaciones o eso está a punto de suceder. |

Fuente: Folleto PACAP, Seminario Taller AIB Internacional, (2011)

Para determinar si el proceso es capaz o no, analizaremos conjuntamente un gráfico de probabilidad normal, el cual nos permitirá verificar el supuesto de que los datos se distribuyen según una Normal.

Envasado – Línea 1

A partir del gráfico de probabilidad de la figura 4.4, se distribuyen de forma aproximadamente normal, por lo que los índices que obtengamos serán válidos a la hora de interpretar la capacidad del proceso.

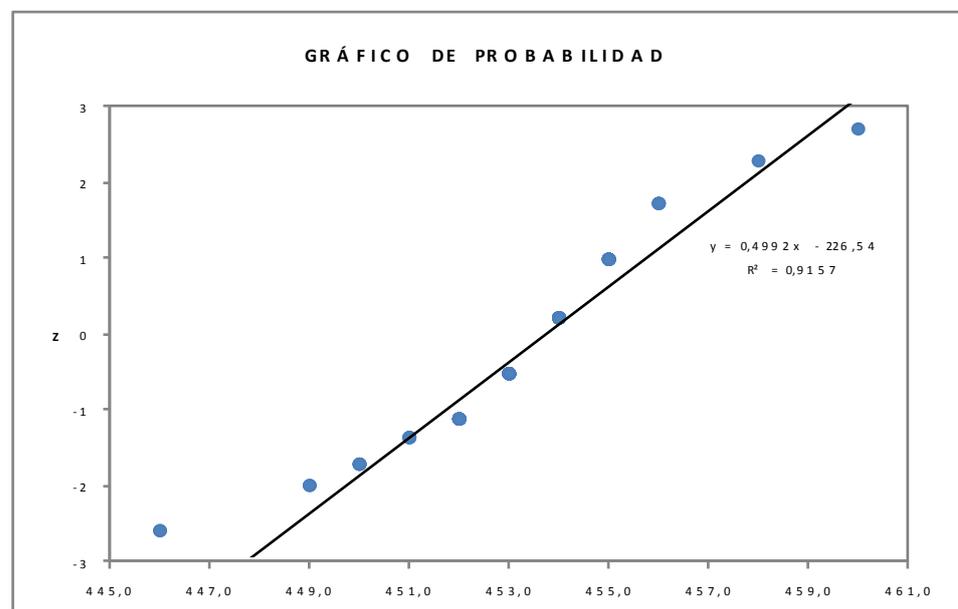


FIGURA 4.4. GRÁFICO DE PROBABILIDAD ENVASADO LÍNEA 1

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

De forma coherente los valores de los índices Cp (1,10) y Cpk (1,09) son inferiores a nuestro valor de referencia (1,33), por lo

que concluimos que la línea 1 necesitará mejorar su proceso de producción para lograr que éste sea capaz.

Envasado - Línea 2

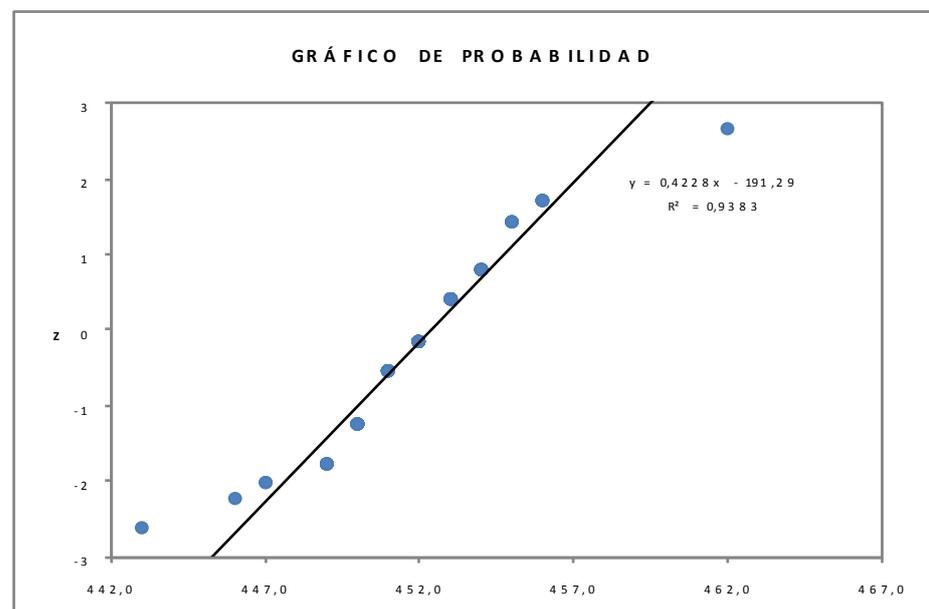


FIGURA 4.5. GRÁFICO DE PROBABILIDAD ENVASADO LÍNEA 2

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

De acuerdo al gráfico de probabilidad mostrada en la figura 4.5 podemos observar que los datos tomados poseen una distribución normal. Sin embargo, los valores de los índices Cp (1,24) y Cpk (1,23) son inferiores también a nuestro valor de referencia (1,33),

por lo que se concluye que el proceso es capaz, pero debe mejorar para no obtener datos fuera de especificaciones.

4.1. Análisis de la producción promedio de acuerdo a la demanda

Según datos proporcionados por el sistema contable con el que cuenta la empresa, ésta produce un promedio de 25.000 libras mensuales de café tostado y molido. En la figura 4.6 podemos observar el incremento de la producción mensual durante el último año.

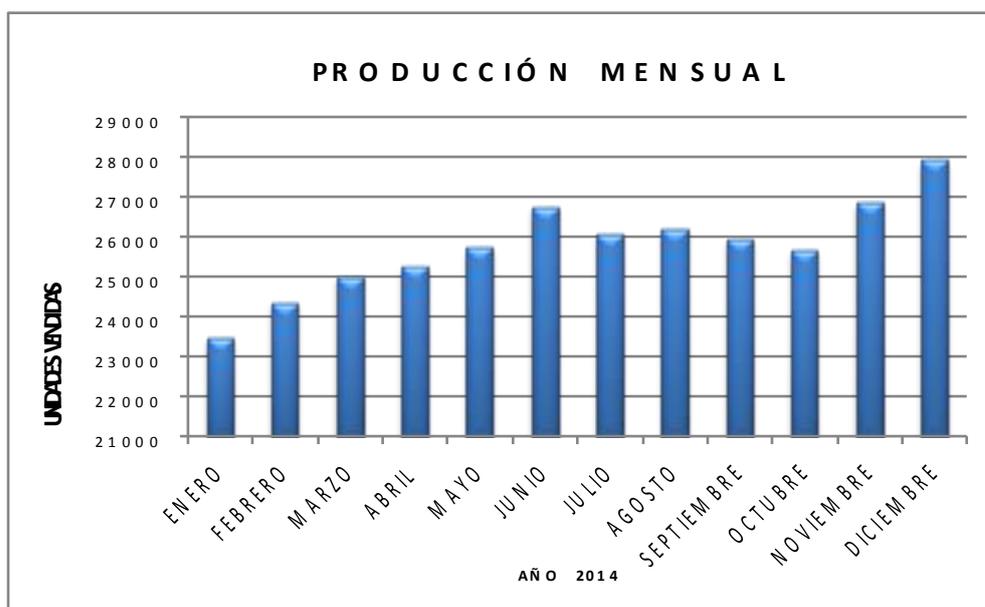


FIGURA 4.6. PRODUCCIÓN MENSUAL

Fuente: Sistema Contable de la empresa (2014)

Actualmente la empresa cubre la demanda generada por restaurantes y hoteles dentro del perímetro urbano de la ciudad de Guayaquil, como también se encuentra dentro de las grandes cadenas de supermercados y comisariatos a nivel nacional.

Debido a la participación en ferias nacionales e internacionales, y a su vez, al haber intervenido en macro ruedas de negocios que ofrece todos los años Pro-Ecuador, le han solicitado a la empresa diferentes franquicias internacionales que se encuentran dentro del país, el servicio de su producto para sus instalaciones a nivel nacional. A su vez, diferentes cadenas de hoteles provinciales del Ecuador solicitan también su producto para el servicio en los mismos.

Por este motivo, la empresa se encuentra en la necesidad de incrementar su producción mensual para cumplir con dicha demanda, representando alrededor de un 60% adicional de su producción actual, las cuales se encuentran detalladas a continuación en la tabla 4.2.

**TABLA 4.2. PRODUCCIÓN ACTUAL Y PRODUCCIÓN
ESTIMADA**

| | |
|---------------------------------|----------|
| PRODUCCIÓN MENSUAL ACTUAL | 25000 lb |
| AUMENTO PRODUCCIÓN ACTUAL (60%) | 15000 lb |
| PRODUCCIÓN MENSUAL FUTURA | 40000 lb |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Esta meta se podrá alcanzar siempre y cuando la planta cuente con la capacidad necesaria en los equipos y el proceso se encuentre bajo control.

4.2. Análisis de la capacidad de la línea de producción

Se realizó un análisis de la capacidad de algunas etapas que dependen de equipos ya que éstos serían los limitantes en el proceso. Con este estudio se podrá especificar posteriormente el balance de la línea.

Etapas de Tostado: El tambor de la tostadora con la que cuenta actualmente la empresa tiene una capacidad máxima de 260 lb de café verde/batch, pero por políticas de la empresa se tostan 2 quintales (200 libras) en cada parada.

De acuerdo al grado de tostado que se utiliza en la empresa, el tiempo que demora cada batch es de 22 minutos a 200°C.

Considerando que existe una merma del 17,5% durante el tostado, obtenemos los siguientes resultados de la capacidad de la máquina con sus respectivos rendimientos (Ver tabla 4.3).

TABLA 4.3. RENDIMIENTOS DE CAFÉ TOSTADO

| | CAPACIDAD MÁXIMA (lb) | CAPACIDAD REAL (lb) |
|------------------|--------------------------|------------------------|
| CAFÉ VERDE | 260 | 200 |
| MERMA (17,5%) | 45,5 | 35 |
| CAFÉ TOSTADO | 214,5 | 165 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Partiendo de éstos datos obtenemos por regla de tres la capacidad real y la capacidad máxima de la tostadora.

Se tiene que:

214,5 lb café tostado -----→ 22 minutos

X -----→ 60 minutos

X = 585 lb café tostado

La capacidad máxima de la tostadora es de 585 lb/ hora.

Y, 165 lb café tostado -----> 22 minutos

X -----> 60 minutos

X = 450 lb café tostado

La capacidad real de la tostadora es de 450 lb/h.

Para calcular el % de utilización del equipo se realizó el cálculo con

la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Utilización} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100\%$$

Entonces,

$$\% \text{ Utilización} = \frac{450 \text{ lb/h}}{585 \text{ lb/h}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Utilización} = 77\%$$

Se obtiene como resultado que la tostadora posee un porcentaje de utilización del 77%, es decir, que se cuenta con un 23% más de capacidad del equipo para un futuro aumento de producción.

Etapa de Molienda: La capacidad real del molino con el que cuenta la empresa es de 155 lb/h, y éste es utilizado a tiempo completo, por lo que se deduce que la capacidad máxima es también de 155 lb/h.

Etapa de Envasado: La empresa cuenta actualmente con dos líneas de envasado manual con 4 operarios. En cada línea, uno es encargado del llenado manual, y el otro es el encargado de corregir el peso adecuado con la ayuda de una balanza digital.

Se tomó el tiempo para definir el número de empaques llenados en cada línea durante 1 hora con el fin de obtener una capacidad real de dicha etapa. Los resultados se observan en la tabla 4.4.

TABLA 4.4. PESOS EN ETAPA DE ENVASADO

| LÍNEA 1 | LÍNEA 2 | TOTAL |
|---------|---------|--------|
| 314 lb | 303 LB | 617 LB |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Se concluye entonces que la capacidad real de la etapa de envasado manual es de 600 lb/h aproximadamente. La capacidad máxima será definida de acuerdo al número de operarios que trabajen en dicha etapa.

Etapa de Sellado: En la etapa de sellado se utiliza una máquina semi-automática de banda continua, la cual ha sido ajustada según las especificaciones y tamaño del empaque para su óptimo sellado.

Ésta permite sellar 960 libras/hora, siendo ésta su capacidad real. La capacidad máxima es la misma que la real ya que el equipo trabaja de acuerdo a las especificaciones fijadas para el producto.

Etapa de Embalaje: El producto terminado es encartonado en cajas de 24 unidades por un solo operario, para luego ser embalado para su posterior distribución. Este proceso demora alrededor de dos minutos, lo cual nos da como resultado una capacidad real alrededor de 720 lb/h. La capacidad máxima depende también del número de operarios que trabajen en la etapa de embalaje.

A continuación se muestra en la tabla 4.5 la capacidad real y la capacidad máxima de cada una de las etapas, el % de utilización y el número de operarios en proceso.

TABLA 4.5. CAPACIDADES DE CADA ETAPA DEL PROCESO

| ETAPA | CAPACIDAD MÁXIMA (lb/h) | CAPACIDAD REAL (lb/h) | % UTILIZACIÓN | # OPERARIOS EN PROCESO |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| TOSTADO | 585 | 450 | 77 % | 1 |
| MOLIENDA | 155 | 155 | 100 % | 1 |
| ENVASADO MANUAL | 600 | 600 | 100 % | 4 |
| SELLADO | 960 | 960 | 100 % | 1 |
| EMBALAJE | 720 | 720 | 100 % | 1 |
| | | | | 8 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P (2014)

Se concluye entonces que la etapa que limita el proceso es la molienda, la cual tiene una capacidad de 155 lb/hora.

La empresa trabaja en tiempos irregulares, debido a que no maneja producto en stock y produce de acuerdo a pedidos diarios.

Así, como hay días que cumple con sus pedidos en 8 horas de

trabajo, existen también días que trabajan 10 horas como hay otros que trabajan solo 4 horas.

En la Tabla 4.6 vemos el número promedio de horas que trabajan regularmente en la planta.

TABLA 4.6. HORAS-TRABAJO DIARIAS PROMEDIO

| HORAS TRABAJADAS AL DÍA | | | | | | |
|-------------------------|------|-------|------|------|-------|-------------------|
| LUN | MART | MIÉRC | JUEV | VIER | TOTAL | PROMEDIO H/DÍA |
| 8 | 10 | 8 | 7 | 4 | 37 | 7,4 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P (2014)

Basándonos en la capacidad límite fijada por la molienda de 155 lb/h, se determina la capacidad máxima de producción mensual del proceso con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad máxima proceso} = \text{capacidad máxima límite} \times \text{horas/día promedio} \times \text{días laborables /mes}$$

Entonces,

$$\text{Capacidad máxima del proceso} = 155 \text{ lb/h} \times 7.4 \text{ h/día} \times 22$$

días/mes

$$\text{Capacidad máxima del proceso} = 25.234 \text{ lb/mes}$$

Se concluye que la capacidad máxima con la que cuenta la empresa actualmente es de 25.234 lb/mes, la cual cubre con la demanda actual que es alrededor de 25.000 lb/mes.

4.3. Estudio de distribución del personal

En esta sección se proporcionará información de cómo están ubicadas cada etapa del proceso con sus respectivos equipos y el número de operarios que trabaja en cada etapa. Se concluye con un gráfico del lay-out de la planta actual.

El personal se encuentra distribuido según como se detalla en la tabla 4.7, teniendo un total de 8 operarios a lo largo de la línea de proceso.

TABLA 4.7. DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL EN LA LÍNEA

| ETAPA | NÚMERO DE OPERARIOS |
|--------------|----------------------------|
| Tostado | 1 |
| Molienda | 1 |
| Envasado | 4 |
| Sellado | 1 |
| Embalaje | 1 |
| TOTAL | 8 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Las etapas del proceso están distribuidas en forma continua, en donde los equipos se encuentran siguiendo una secuencia que facilita su elaboración, comenzando en el área de tostado y termina en el área de producto terminado.

En el plano 4.1, podemos apreciar el lay-out actual del área de producción de la planta con sus respectivas etapas identificadas y el tamaño de cada una. También se muestra a través de recuadros rojos, el número de operarios que laboran en cada área del proceso.

A continuación se detallan los equipos presentes en el lay out actual de la planta.

A. Elevador neumático de café verde

B. Tambor de tostado

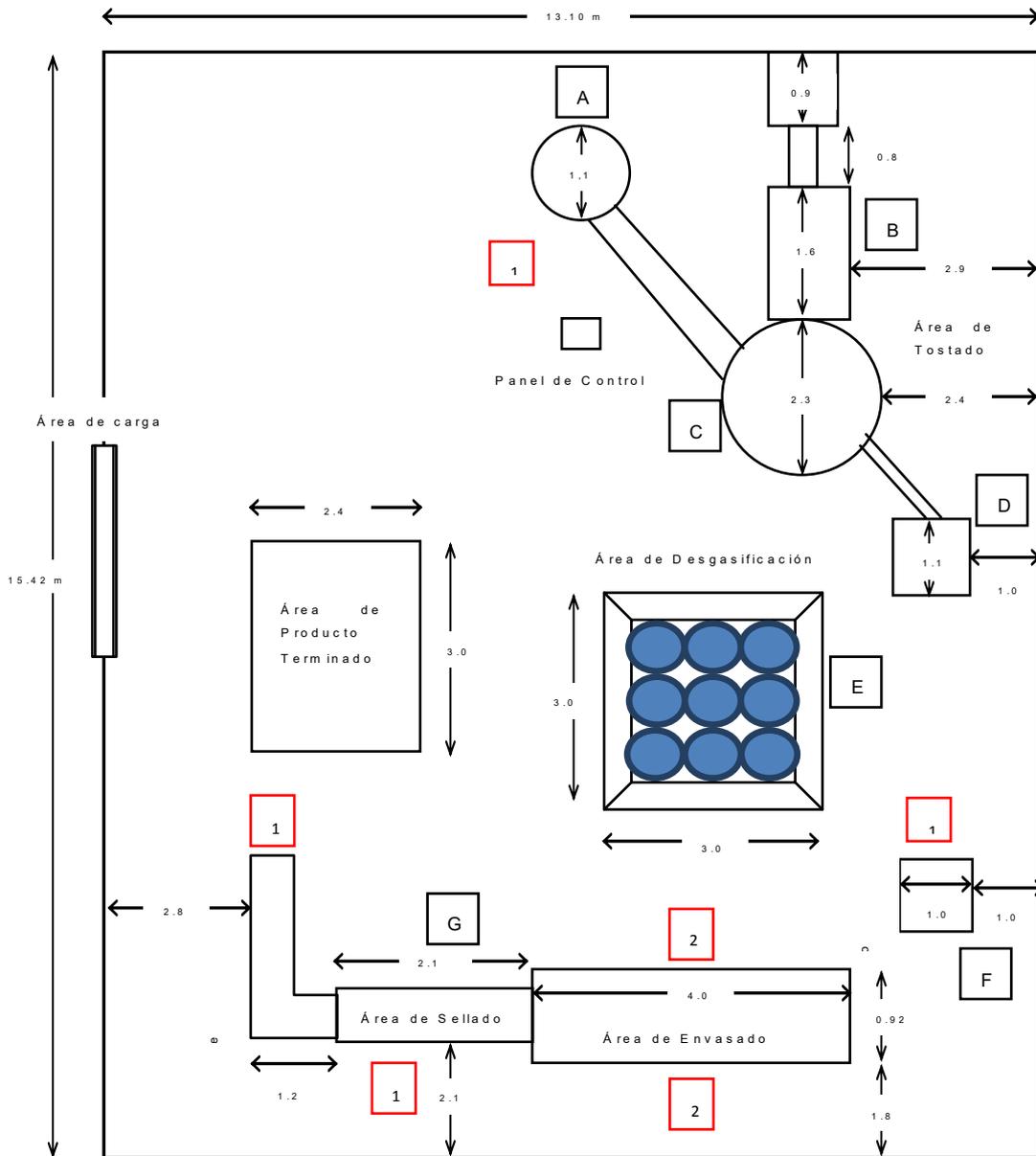
C. Tina de enfriamiento

D. Sacapiedras

E. Tachos de desgasificación

F. Molino de fresas

G. Selladora



**PLANO 4.1. LAYOUT ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
DESDE ETAPA DE TOSTADO HASTA ETAPA DE EMBALAJE**

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

CAPÍTULO 5

5. BALANCE DE LA LÍNEA

5.1. Propuestas de mejora

Luego de haber realizado el estudio de las capacidades de cada etapa, y analizando la producción estimada que se desea cumplir, se plantean algunas opciones para balancear la línea.

La primera propuesta sería la adquisición de un molino con las mismas especificaciones que el que posee la empresa actualmente, el cual será manejado por el mismo operario de la etapa de molienda.

Como se analizó anteriormente, la etapa de la molienda es la etapa límite del proceso ya que ésta permite cumplir únicamente con la demanda actual de 155 lb/h aproximadamente.

En la tabla 5.1 se muestra un análisis de la capacidad actual de la etapa comparándola con la capacidad estimada a futuro, considerando que se trabaja 8 horas diarias por 5 días a la semana.

**TABLA 5.1. ANÁLISIS DE CAPACIDADES REAL Y ESTIMADA
EN ETAPA DE MOLIENDA**

| ETAPA LIMITANTE (MOLIENDA) | CAPACIDAD REAL | CAPACIDAD ESTIMADA |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|
| PRODUCCION LB/H | 155 | 227 |
| PRODUCCION LB/DIA | 1240 | 1818 |
| PRODUCCION LB/MES | 27280 | 40000 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Entonces, con la adquisición de un nuevo molino con la misma capacidad que el actual de 155 lb/h, la etapa se abastecería para producir aproximadamente hasta un 27% adicional de la demanda estimada, dando como resultado una capacidad máxima en la etapa de molienda de 54.560 lb/mes de café tostado y molido.

Como segundo punto, se ha realizado varios estudios de control de peso en la etapa de envasado manual, dando como resultados variaciones de pesos en el producto final.

A pesar que los operarios han recibido capacitaciones periódicas, siguen existiendo problemas constantes en dicha etapa, lo cual perjudica a la empresa ya que esto genera pérdida de tiempo al realizar constantemente registros de pesos y el producto que no cumpla con las especificaciones es rechazado y enviado a reempacarse.

De acuerdo a las políticas de la empresa de ofrecer siempre un producto fresco y de buena calidad, se propone adquirir también una máquina de envasado con atmósferas modificadas utilizando nitrógeno para su operación.

De acuerdo a la información detallada en el marco teórico, se utilizará como gas de envasado Nitrógeno al 100% definido según la publicación (The ultimate combination for freshness MAPAX® modified atmosphere packaging) de la empresa LINDE gas, la cual es líder en producción de gases para envasado de alimentos (Anexo J).

Los tanques de gas serán proveídos por Linde (AGA) o INDURA, las cuales se encuentran ubicadas en la ciudad de Guayaquil, y

son las principales proveedoras de gases para industria y hospitales en el Ecuador.

El equipo trabaja de forma semi-automática, inyectando nitrógeno durante el envasado desplazando así el oxígeno al exterior. El oxígeno residual se eliminará en su mayoría junto con CO_2 a través de una válvula desgasificadora que posee el empaque. La capacidad de la máquina envasadora es de aproximadamente 960 lb/h según las especificaciones del equipo. Posee un margen de error de $\pm 0,5\%$.

Con la utilización de ésta máquina se obtendrá mayor exactitud en el peso, mayor rapidez y menor contacto manual del operario con el producto.

Como tercera propuesta, se propone disminuir el número de operarios que trabajan en la etapa de envasado de cuatro a uno. De modo que se necesitaría únicamente un solo operario encargado del control de la máquina y su respectiva alimentación de producto.

A continuación se muestra en la tabla 5.2 la capacidad real y la capacidad máxima de cada una de las etapas con la maquinaria

propuesta, el % de utilización y el nuevo número de operarios en proceso. De igual manera, la etapa de molienda sigue siendo la etapa límite del proceso con 310 lb/h de café tostado y molido, y el número de operarios de proceso se ha reducido a 5 personas.

TABLA 5.2. CAPACIDADES ESTIMADAS DE ETAPAS DEL PROCESO

| ETAPA | CAPACIDAD MÁXIMA (lb/h) | CAPACIDAD REAL (lb/h) | % UTILIZACIÓN | # OPERARIOS EN PROCESO |
|--------------|-------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| TOSTADO | 585 | 450 | 77% | 1 |
| MOLIENDA | 310 | 310 | 100% | 1 |
| ENVASADO MAP | 960 | 960 | 100% | 1 |
| SELLADO | 960 | 960 | 100% | 1 |
| EMBALAJE | 720 | 720 | 100% | 1 |
| | | | | 5 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P (2014)

Se presenta como complemento de este capítulo un nuevo diagrama de flujo (Ver Figura 5.1) y un nuevo lay-out propuesto de la planta incluyendo las propuestas mencionadas anteriormente, tales como, la inclusión de la máquina envasadora en atmósferas modificadas con nitrógeno, la disminución de los operarios en proceso y un molino adicional (Ver Plano 5.1).

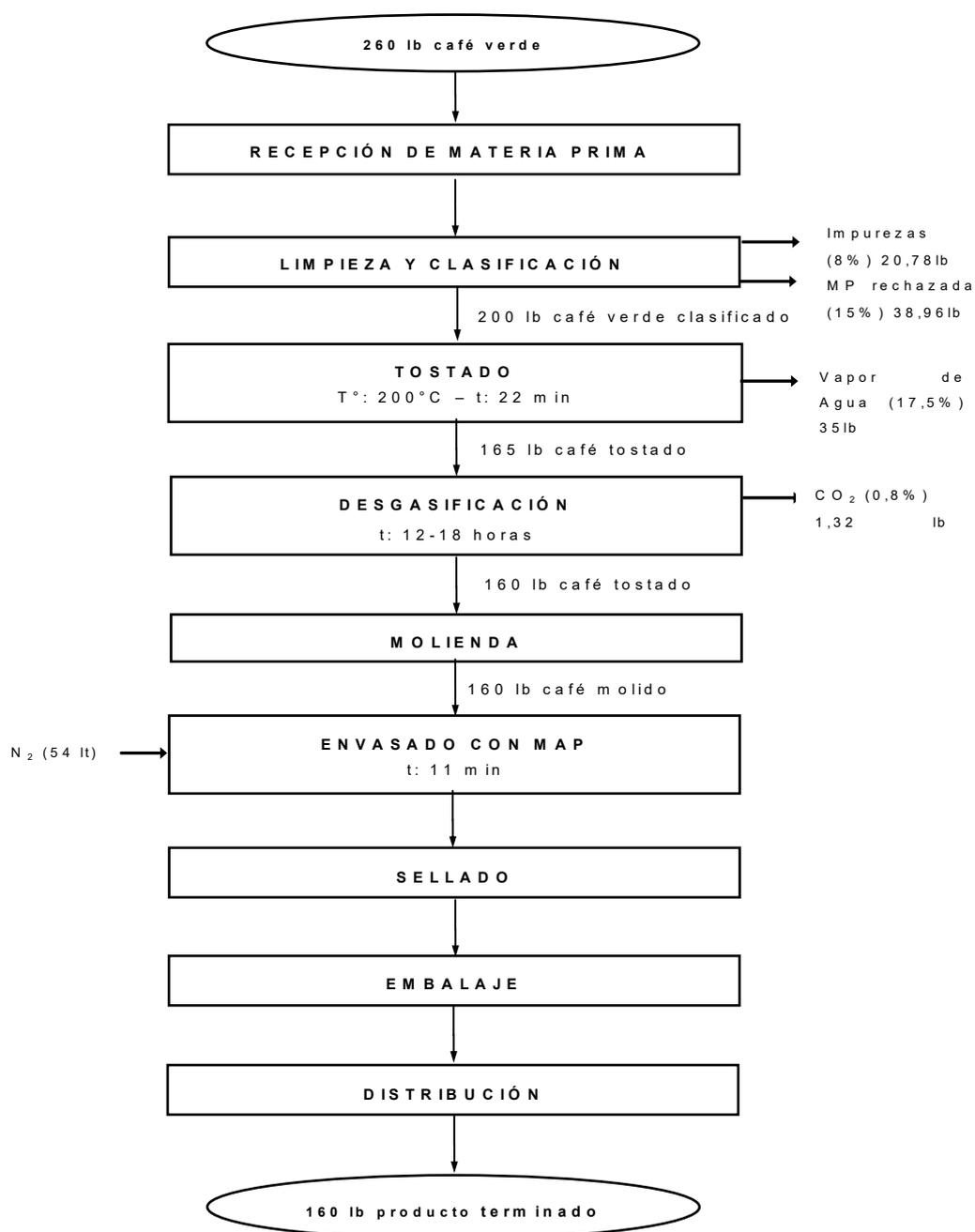


FIGURA 5.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO PROPUESTO

Elaborado por: Anamaría Gardella Pareja (2014)

De igual manera, se señalan en el lay out propuesto los equipos presentes en la planta y el número de operarios que trabajan en cada área dentro de un recuadro rojo. A continuación el detalle de los equipos identificados de la siguiente manera.

A. Elevador neumático de café verde

B. Tambor de tostado

C. Tina de enfriamiento

D. Sacapiedras

E. Tachos de desgasificación

F. Molinos de fresas

G. Envasadora semi-automática con Nitrógeno

H. Selladora

Todas las propuestas de mejora serán analizadas más adelante para comprobar si representan algún tipo de ahorro para la empresa.

5.2. Análisis de costos estimados

Se comenzará realizando un análisis actual de los costos totales para definir el costo actual de producción y precio de venta.

Posteriormente se analizarán los costos estimados considerando el aumento de producción propuesto, con el fin de establecer un nuevo costo de producción y precio de venta.

Análisis de costos actuales de producción

Costos fijos

De acuerdo al número de operadores se calculará el costo de mano de obra directa mensual asumiendo un sueldo básico del año 2014 de \$340 de acuerdo al Ministerio de Relaciones Laborales más sus beneficios sociales (Ver Tabla 5.3).

TABLA 5.3. COSTO ACTUAL MANO DE OBRA DIRECTA

| M A N O D E O B R A | # O P E R A R I O S | S U L E D O / M E S + O B L I G A C I O N E S | T O T A L (\$ / M E S) |
|--------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| Operadores | 8 | \$ 447,50 | \$ 3.580,00 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Costos variables

Partiendo del costo por materia prima y materiales embalaje de \$1,83 por empaque y con una producción mensual de 25.000 libras

de café tostado y molido, se obtiene un costo mensual de \$45703.75 (Ver Tabla 5.4).

TABLA 5.4 COSTO ACTUAL MATERIA PRIMA Y MATERIALES DE EMPAQUE

| ITEM | COSTO | UNID | CANTIDAD / LIBRA | UNID | TOTAL |
|--|---------|-----------|------------------|--------|--------------------|
| CAFÉ VERDE | \$ 1,51 | \$ / Lb | 1 | Lb | \$ 1,51 |
| EMPAQUE FLEXIBLE | \$ 0,24 | \$ / Unid | 1 | Unidad | \$ 0,24 |
| CARTÓN | \$ 0,78 | \$ / Unid | 0,042 | Unidad | \$ 0,03 |
| CINTA DE EMBALAJE | \$ 0,06 | \$/Metro | 0,75 | Metro | \$ 0,04 |
| TOTAL / EMPAQUE DE 1 LIBRA DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO | | | | | \$ 1,83 |
| COSTO MENSUAL | | | | | \$ 45703,75 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Costos por suministro de energía

Se calculó el costo mensual por suministro de energía que utiliza el proceso en los equipos tales como energía eléctrica y diesel que utiliza el quemador del tostador, dando como resultado un costo mensual de \$508.75 (Ver Tabla 5.5).

**TABLA 5.5. COSTOS ACTUALES DE ENERGÍA CONSUMIDA
EN PRODUCCIÓN**

| ENERGÍA ELÉCTRICA | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| EQUIPOS | POTENCIA (KW /H) | COSTO (\$/KW) | TOTAL (\$/H) | TOTAL MENSUAL (\$/MES) |
| TOSTADORA | 13,66 | \$ 0,08 | \$ 1,09 | \$ 177,91 |
| MOLINO | 5,58 | \$ 0,08 | \$ 0,45 | \$ 72,67 |
| SELLADORA | 1,2 | \$ 0,08 | \$ 0,10 | \$ 15,63 |
| TOTAL | | | \$ 1,64 | \$ 266,21 |
| DIESEL | | | | |
| EQUIPOS | CONSUMO (GALÓN/H) | COSTO (\$/GALÓN) | TOTAL (\$/H) | TOTAL MENSUAL (\$/MES) |
| TOSTADORA | \$ 1,50 | \$ 0,99 | \$ 1,49 | \$ 241,76 |
| TOTAL SUMINISTRO DE ENERGÍA | | | \$ 3,13 | \$ 508,75 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Gastos administrativos y ventas

Se calcularán los gastos administrativos para poder obtener posteriormente un costo real del producto a comercializar. Se obtiene un gasto administrativo y de ventas mensual de \$6285.43 (Ver Tabla 5.6).

TABLA 5.6. GASTOS ACTUALES ADMINISTRATIVOS Y DE VENTAS

| GASTOS ADMINISTRATIVOS Y VENTAS | | | |
|--|--------------------|---|--------------------------------|
| EMPLEADOS | # EMPLEADOS | SU L E D O / M E S + O B L I G A C I O N E S | T O T A L M E N S U A L |
| GERENTES | 3 | \$ 1.486,67 | \$ 4.460,01 |
| CONTADOR | 1 | \$ 882,50 | \$ 882,50 |
| VENTAS | 1 | \$ 942,92 | \$ 942,92 |
| TOTAL | | | \$ 6.285,43 |

Elaborado por: Anamaria Gardella P. (2014)

Costo total

De acuerdo a los costos fijos y a los costos variables, en función de la producción, calculamos nuestro costo total de con la siguiente fórmula.

$$\text{Costo total} = \text{costos fijos} + \text{costos variables} + \text{costos por suministro de energía} + \text{gastos administrativos}$$

$$\text{Costo total} = \$3580,00 + \$45703,75 + \$508,75 + \$6285,43$$

$$\text{Costo total} = 56077,93 \text{ \$/mes}$$

Precio de venta

Para obtener el precio de venta, se divide el costo total mensual para la cantidad de libras mensuales producidas.

$$\text{Precio de venta} = \$56077,93 / 25000 \text{ lb}$$

$$\text{Precio de venta} = \text{mayor a } \$ 2.24$$

Dicho valor corresponde al precio para alcanzar el punto de equilibrio en función de los costos de producción, cualquier aumento en el precio de venta generará utilidades en el proceso.

Análisis de costos estimados de producción

Se realizará un análisis de los costos estimados, asumiendo que la producción aumentará a 40000 libras producidas de café tostado y molido, y considerando las propuestas de mejora que se mencionó anteriormente.

Costos fijos

El costo de mano de obra directa se calculará de acuerdo al número de operarios propuestos, el cual es de 5 personas (Ver Tabla 5.7).

TABLA 5.7. COSTO ESTIMADO MANO DE OBRA DIRECTA

| COSTO MANO DE OBRA DIRECTA | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------|----------------|
| MANO DE OBRA | # OPERARIOS | SULEDO /MES + OBLIGACIONES | TOTAL (\$/MES) |
| Operadores | 5 | \$ 447.50 | \$ 2237.50 |

Elaborado por: Anamaria Gardella P. (2014)

Costos variables

Los costos variables relacionados con la materia prima y materiales de embalaje aumentarían debido al aumento estimado de unidades producidas a 40000 lb de café tostado y molido.

Asumiendo que el costo por libra es el mismo de \$1.83 de acuerdo a la Tabla 5.4 que se expuso anteriormente, y trabajando 8 horas al día y 22 días al mes, se obtiene un costo mensual de \$73126.

Costos por suministro de energía

Se calculó el costo mensual por suministro de energía e insumos que utilizan los equipos del proceso tales como energía eléctrica, diésel y nitrógeno para la máquina envasadora propuesta, dando como resultado un costo mensual de \$876.43 (Ver Tabla 5.8).

El uso de nitrógeno es calculado de acuerdo a las recomendaciones de la empresa LINDE Gas, la cual estima el uso de 50-100 ml de nitrógeno por cada 100 g de producto, lo que nos da un promedio a usar de 340 ml de nitrógeno por cada empaque.

TABLA 5.8. COSTOS TOTALES ESTIMADOS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA E INSUMOS

| ENERGÍA ELÉCTRICA | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| EQUIPOS | POTENCIA (KW /H) | COSTO (\$/KW) | TOTAL (\$/H) | TOTAL MENSUAL (\$/MES) |
| TOSTADORA | 13,66 | \$ 0,08 | \$ 1,09 | \$ 192,33 |
| MOLINO | 5,58 | \$ 0,08 | \$ 0,45 | \$ 78,57 |
| ENVASADORA | 1,0 | \$ 0,08 | \$ 0,08 | \$ 14,08 |
| SELLADORA | 1,2 | \$ 0,08 | \$ 0,10 | \$ 16,90 |
| TOTAL | | | \$ 1,64 | \$ 301,88 |

| DIESEL | | | | |
|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| EQUIPOS | CONSUMO (GALON/H) | COSTO (\$ /GALON) | TOTAL (\$/H) | TOTAL MENSUAL (\$/MES) |
| TOSTADORA | \$ 1,50 | \$ 0,99 | \$ 1,49 | \$ 261,36 |

| NITRÓGENO | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| EQUIPOS | CONSUMO (LITRO/H) | COSTO (\$/LITRO) | TOTAL (\$/H) | TOTAL MENSUAL (\$/MES) |
| ENVASADORA | \$ 77,37 | \$ 0,02 | \$ 1,78 | \$ 313,19 |
| TOTAL SUMINISTROS ENERGÍA | | | \$ 4,90 | \$ 876,43 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

Los gastos administrativos y ventas serían los mismos valores que la situación actual con un valor de \$6285.43 mensuales.

Costo total

Utilizando la fórmula anterior obtenemos el costo total.

$$\text{Costo total} = \$2237,50 + \$73126 + \$876.43 + \$6285,43$$

$$\text{Costo total} = \$82525,36 \text{ mensuales}$$

Precio de venta

Para obtener el precio de venta, se divide el costo total mensual para la cantidad de libras mensuales producidas, dando como resultado:

$$\text{Precio de venta} = \$82525,36 / 40000 \text{ lb}$$

$$\text{Precio de venta} = \text{mayor a } \$2.06$$

Dicho valor corresponde al precio para alcanzar el punto de equilibrio en función de los costos de producción, cualquier aumento en el precio de venta generará utilidades en el proceso.

Para un mejor estudio del precio del producto, se debe analizar el estado de resultados de pérdidas y ganancias de la empresa; tomando en cuenta el total de la producción, los gastos totales generados, gastos de comercialización, etc., de tal manera que nos permita establecer un costo real del producto

Inversión

Para realizar una estimación de la inversión, se tomarán en cuenta los precios reales comerciales de las máquinas propuestas que se presentan a continuación (Ver Tabla 5.9).

TABLA 5.9. INVERSIÓN INICIAL

| EQUIPO | PRECIO |
|----------------------------|---------------------|
| Molino de fresas | \$ 6.200,00 |
| Envasadora semi-automática | \$ 16.400,00 |
| TOTAL DE INVERSIÓN | \$ 22.600,00 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

5.3. VAN Y TIR

Se procede a calcular el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) para ver la rentabilidad y conveniencia del proyecto y de la inversión realizada. Se debe tomar en cuenta los siguientes datos.

- Inversión Inicial = \$ 22600,00
- Precio de Venta estimado = \$3.40 cada empaque
- Interés Tasa Máxima Referencial Banco Central = 11.83%

Se realizó un flujo de caja general a 5 años para establecer los ingresos y egresos anuales aproximados de la empresa considerando el aumento progresivo de la producción hasta llegar a la meta propuesta del 60% adicional (Ver Anexo K).

Posteriormente, se incrementará un 10% anual, cifra que se ha venido presentado anualmente desde el 2009 hasta la actualidad, según datos estadísticos de la empresa (Ver Figura 5.2).

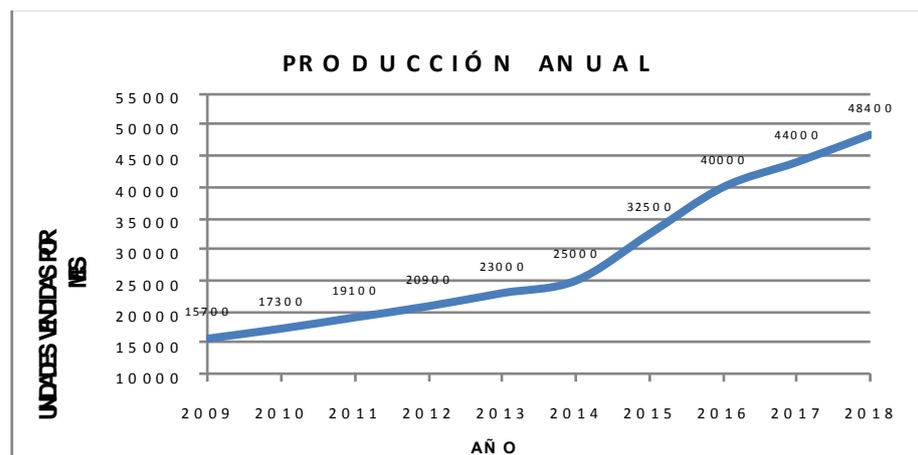


FIGURA 5.2. PROYECCIÓN ANUAL DE VENTAS

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

VAN

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

V_t : representa los flujos de caja en cada período t

I_0 : es el valor del desembolso inicial de la inversión

n : es el número de períodos considerado

k : es la tasa de interés

El resultado del VAN se puede analizar de tres maneras:

- Cuando el Van es mayor a cero, la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, por lo tanto el proyecto debe aceptarse.
- Cuando el VAN es menor a cero, la inversión produciría pérdidas de acuerdo a la rentabilidad exigida, por lo tanto el proyecto debe rechazarse.

- Cuando el VAN es igual a cero, la inversión no produciría pérdidas ni ganancias, dado que el proyecto no genera rentabilidad alguna. La decisión de aprobación o no del proyecto, debe basarse en otros criterios.

TIR

Es la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero, por medio de la cual, se recupera la inversión.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, así se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

F_t es el flujo de caja en el período t

n es el número de períodos

I es el valor de inversión inicial

Partiendo del flujo de caja y usando la (ecuación 1) y la (ecuación 2) tenemos entonces:

TABLA 5.10. CALCULO DEL VAN Y TIR

| | |
|---------------------------|----------------|
| Inversión Inicial= | \$ 22.600,00 |
| | \$ (22.600,00) |
| Flujo Año 1 (f1) | \$ 279.913,08 |
| Flujo Año 2 (f2) | \$ 432.777,48 |
| Flujo Año 3 (f3) | \$ 574.244,04 |
| Flujo Año 4 (f4) | \$ 688.083,96 |
| Flujo Año 5 (f5) | \$ 818.243,88 |
| tasa de interés | 11,83% |
| n = | 5 años |
| VAN | 1892150,23 |
| TIR | 12,91 |

Elaborado por: Anamaría Gardella P. (2014)

De acuerdo al VAN y TIR obtenidos en la Tabla 5.10, se determinó que el proyecto debe aceptarse ya que el valor es mayor a cero, lo que significa que generará ganancias y el TIR es de 12,91.

El monto de la inversión se recuperará en el primer año de producción.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. La empresa procesadora de café tostado y molido sí se encuentra en la capacidad de aumentar la producción en un 60% adicional a su producción actual ya que cuenta con la capacidad necesaria de los equipos y espacio en la planta, a excepción en la etapa de molienda.
2. En la etapa de envasado se encontraron variaciones en el peso del producto final debido a que los operarios trabajan bajo presión por cumplir con las metas diarias propuestas por la empresa. Se obtuvieron histogramas a través del Software QI Macros Chart de Excel 2010, en donde se evidencia que, a pesar que los datos

recogidos se encuentran dentro de los límites de especificaciones, la línea 1 tiende al sobrellenado en un 42% y la línea 2 en cambio, presenta producto alrededor del 62% por debajo de la media.

3. De acuerdo al análisis estadístico, la etapa crítica identificada fue el envasado, en donde se analizó por separado las dos líneas correspondientes. Ambas líneas presentan producto fuera de especificaciones en pequeña proporción, con un 3,33% en la línea 1 y un 4,17% en la línea 2. Con el uso de herramientas estadísticas se ayudará a tener un mayor control en ésta etapa con el fin de mantener la uniformidad del producto, lo cual beneficiará económicamente a la empresa.

4. La etapa de la molienda representa la capacidad límite del proceso ya que les permite producir un máximo de 155 lb/h, cubriendo únicamente su demanda actual de 25000 libras mensuales de café tostado y molido aproximadamente. Con la adquisición de un nuevo molino similar al actual, y de acuerdo al análisis de las capacidades del resto de equipos de la línea, la empresa puede cumplir con la meta propuesta de producir 40000 libras

mensuales, teniendo un margen de confianza aproximado de 27% adicional a la capacidad de producción, alcanzando a producir un promedio de 54560 libras de café molido.

5. Se propone también la adquisición de una maquinaria de envasado con atmósferas modificadas utilizando nitrógeno que permita alargar el tiempo de vida útil para poder manejar producto en stock, manteniendo así, las características organolépticas del producto como recién procesado. La implementación de esta maquinaria permitirá tener menor contacto físico con el producto evitando una posible contaminación cruzada y aumentar a su vez, la capacidad de producción en esta etapa.

6. Al reemplazar el envasado manual por un equipo que será operado por un solo empleado, el número de operarios disminuirá de 8 a 5 personas, lo cual reducirá gastos de mano de obra directa, y por ende, se reducirá el costo total de producción en un 9% por empaque procesado.

7. De acuerdo al VAN obtenido mayor a cero y el TIR de 12.91, la empresa se encuentra en condiciones de aceptar las propuestas mencionadas del proyecto recuperando la inversión durante el primer año de producción.

6.2. Recomendaciones

1. A mediano plazo, se recomienda que la empresa invierta en la adquisición de un detector de metales que se ubicaría al final de la etapa de envasado como medida de control BPM.
2. Se sugiere adquirir un verificador de pesos para el personal del área de envasado.
3. Se deben realizar constantemente capacitaciones a los operarios para generar conciencia y responsabilidad en el trabajo diario.
4. Se aconseja el uso de herramientas estadísticas con el fin de llevar un mayor control dentro del proceso y obtener información de la situación actual de la empresa con mayor exactitud y de manera inmediata.

A P É N D I C E S

APÉNDICE A

TABLA DE EQUIVALENCIA DE COLORES DE TOSTADO DE DIFERENTES COLORIMETROS SEGÚN SCAA / AGTRON ROAST COLOR CLASSIFICATION SYSTEM

| Color Quersik | L* | Agtron E-19 | SCAA Color Tile | Denominación Español | Denominación Inglés |
|---------------|-------|-------------|-----------------|------------------------------|--|
| 100 | 13.00 | 29.99 | Tile # 25 | Muy escuro (café casi negro) | Dark French |
| 101 | 13.04 | 30.12 | Tile # 35 | Café muy escuro | Belgian Dark French |
| 138 | 14.39 | 34.53 | Tile # 35 | Café muy escuro | Belgian Dark French |
| 139 | 14.43 | 35.07 | Tile # 35 | Café escuro | French Espresso |
| 172 | 15.78 | 39.91 | Tile # 35 | Café escuro | French Espresso |
| 173 | 15.83 | 40.07 | Tile # 45 | Café medio/oscuro escuro | Espresso |
| 201 | 17.17 | 44.04 | Tile # 45 | Café medio/oscuro escuro | Espresso |
| 202 | 17.22 | 45.03 | Tile # 45 | Café medio escuro | Venezuel Full City - Light French Espresso |
| 227 | 18.60 | 49.97 | Tile # 45 | Café medio escuro | Venezuel Full City - Light French Espresso |
| 228 | 18.66 | 50.19 | Tile # 55 | Café medio | Medium - Medium High American |
| 268 | 21.36 | 59.82 | Tile # 55 | Café medio | Medium - Medium High American |
| 269 | 21.44 | 60.09 | Tile # 65 | Café medio claro | Light Medium American |
| 302 | 26.07 | 79.47 | Tile # 65 | Café medio claro | Light Medium American |
| 303 | 26.95 | 79.77 | Tile # 75 | Café medio/oscuro claro | Light |
| 338 | 29.32 | 88.24 | Tile # 75 | Café medio/oscuro claro | Light |
| 331 | 29.42 | 88.56 | Tile # 85 | Café claro | Cinnamon |
| 349 | 31.09 | 94.54 | Tile # 85 | Café claro | Cinnamon |

A P É N D I C E B

R E Q U I S I T O S D E L C A F É A R Á B I C A

NTE INEN 285

2006-01

TABLA 1. Requisitos del café arábica.

| REQUISITO | GRADO 1 | GRADO 2 | GRADO 3 | GRADO 4 | MÉTODO DE ENSAYO |
|----------------------|---|--|--|---|------------------|
| Altitud | De estricta altura: Arriba de 1 200 msnm. De altura: Entre 800 y 1 200 msnm. | De zona baja o alta | De zona baja o alta | De zona baja o alta | ----- |
| Humedad | 11% mínimo 12,5 % máximo | 11% mínimo 12,5 % máximo | 11% mínimo 12,5 % máximo | 11% mínimo 12,5 % máximo | INEN 286 |
| Estado fitosanitario | Libre de todo insecto vivo y/o muerto, hongos y contaminantes sensoriales perceptibles | | | | INEN 288 |
| Forma | Grano normal | Grano normal | Grano normal | Grano normal | INEN 288 |
| Color | Verde gris azulado | Verde gris azulado | Verde gris azulado | Verde a verde pálido | INEN 288 |
| Número de defectos | Máximo 10 defectos secundarios en una muestra de 300 gramos | Máximo 15 defectos secundarios y sin defectos primarios en una muestra de 300 gramos | Máximo 23 defectos secundarios y sin defectos primarios en una muestra de 300 gramos | Máximo 45 defectos en una muestra de 300 gramos | INEN 289 |
| Tamaño del grano | Mínimo 95% arriba de la zaranda #15. Máximo 5% debajo de la zaranda #15. | Mínimo 85% arriba de la zaranda #18. 0% debajo de la zaranda #15. | Mínimo 95% arriba de la zaranda #15. Máximo 5% debajo de la zaranda #15. | Mínimo 95% arriba de la zaranda #15. Máximo 5% debajo de la zaranda #14. | INEN 290 |
| Calidad de taza* | Acidez, aroma y sabor de medio alto a alto, mediano cuerpo y tueste homogéneo. | Taza limpia y libre de sabores extraños. | Taza limpia y libre de sabores extraños. | Taza limpia y libre de sabores extraños. | ISO 6668 |

* Ver Anexo B

Fuente: NTE INEN 285

A P É N D I C E C

TABLA 2. Requisitos físicoquímicos para el café tostado en grano y el café tostado y molido.

| REQUISITOS | UNIDAD | MINIMO | M A X I M O | METODO DE ENSAYO |
|--|----------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| Humedad | % | --- | 5 | NTE INEN 1 114 |
| Contenido de Cafeína en base seca: - Para café sin descafeinar. | % | 0,75 | -- | NTE INEN 1 112 |
| - Para café descafeinado. | % | -- | 0,3 | |
| Cenizas totales | % | -- | 5 | NTE INEN 1117 |
| Extracto acuoso (en base seca) | % | - | 32 | COVENIN 434 |
| Grado de tueste: - Oscuro - Mediano - Claro | % de reflexión | 18 27,1 34,1 | 27 34 40 | NTE INEN 1 123 (Anexo B) |

F u e n t e : N T E I N E N 1 1 2 3

APÉNDICE D

**EQUIVALENCIA DE DIMENSIONES NOMINALES DE ABERTURA PARA
LAS MALLAS DE ALAMBRE**

| INEN | ASTM |
|------------------------------|--------------------|
| Abertura indicada | Designación |
| 125 m m | 5 pul |
| 106 m m | 4,24 pul |
| 90 m m | 3 ½ pul |
| 75 | 3 |
| 63 | 2 ½ |
| 53 | 2,12 |
| 45 | 1 ¾ |
| 37,5 | |
| 31,5 | 1 ¼ |
| 26,5 | 1,06 |
| 22,4 | 7/8 |
| 19 | ¾ |
| 16 | 5/8 |
| 13,2 | 0,53 |
| 11,2 | 7/16 |
| 9,5 | 3/8 |
| 8 | 5/16 |
| 6,7 | 0,265 |
| 5,6 | No. 3 ½ |
| 4,75 | No. 4 |
| 4,00 | No. 5 |
| 3,35 | No. 6 |
| 2,80 | No. 7 |
| 2,36 | No. 8 |

| INEN | ASTM |
|------------------------------|--------------------|
| Abertura indicada | Designación |
| 2,00 | No. 10 |
| 1,70 | No. 12 |
| 1,40 | No. 14 |
| 1,18 | No. 16 |
| 1 m m | No. 18 |
| 850 µ m | No. 20 |
| 710 µ m | No. 25 |
| 600 µ m | No. 30 |
| 500 µ m | No. 35 |
| 425 µ m | No. 40 |
| 355 µ m | No. 45 |
| 300 µ m | No. 50 |
| 250 µ m | No. 60 |
| 212 µ m | No. 70 |
| 180 µ m | No. 80 |
| 150 µ m | No. 100 |
| 125 µ m | No. 120 |
| 106 µ m | No. 140 |
| 90 µ m | No. 170 |
| 75 µ m | No. 200 |
| 63 µ m | No. 230 |
| 53 µ m | No. 270 |
| 45 µ m | No. 325 |
| 38 µ m | No. 400 |

Fuente: NTE INEN 154

APÉNDICE E

CLASIFICACIÓN PRODUCTOS ENVASADOS

3.4 De acuerdo al tamaño del elemento unitario del producto.

3.4.1 *Paquetes de productos de granulación extrafina y polvos.* Cuando el peso del elemento unitario es menor a 0,1 g.

3.4.2 *Paquetes de productos de granulación.* Cuando el elemento unitario pesa más de 0,1 g pero menos de 5 g.

3.4.3 *Paquetes de productos de granulación mediana.* Cuando el elemento unitario esté comprendido entre 5 g y 50 g.

3.4.4 *Paquetes productos de granulación gruesa.* Cuando el elemento unitario es mayor a 50 g.

F u e n t e : N T E I N E N 4 7 5

APÉNDICE F

| ERROR MÁXIMO PERMISIBLE PARA PAQUETES DE CANTIDAD NETA CONSTANTE | | | | |
|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Cantidad declarada | Productos de granulación extrafina y polvos (nota 1) | Productos de granulación fina | Productos de granulación media | Productos de granulación gruesa |
| 1 g | ± 50 mg | | | |
| 2 | 50 | | | |
| 3 | 50 | | | |
| 5 | 50 | | | |
| 10 | 100 | ± 150 mg | | |
| 20 | 200 | 300 | | |
| 30 | 300 | 450 | | |
| 50 | 500 | 750 | | |
| 100 | 1 g | 1,5 g | ± 2 g | |
| 200 | 2 | 3 | 4 | |
| 300 | 3 | 4,5 | 6 | |
| 500 | 5 | 7,5 | 10 | ± 15 g |
| 1 kg | 10 | 15 | 20 | 30 |
| 2 | 20 | 25 | 30 | 40 |
| 3 | 30 | 40 | 45 | 50 |
| 5 | 50 | 60 | 65 | 70 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 20 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 30 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| más de 50 | 500 | 500 | 500 | 500 |

Fuente: NTE INEN 483

APÉNDICE G

| DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA DATOS AGRUPADOS EN SASADOLINEA 1 | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|------------|-------------|-----------|
| | | | Frecuencia absoluta | Frecuencia relativa | Frecuencia absoluta acumulada | Frecuencia relativa porcentual | Frecuencia relativa acumulada | Frecuencia relativa porcentual acumulada | Meda | | |
| CLASE | LIMITES CALCULADOS | | LIMITES REALES | | fi | fr | fa | f% | fra | fra% | xi |
| 1 | 446,0 | 448,2 | 446-448 | | 2 | 0,02 | 2 | 1,67 | 0,02 | 1,67 | 447 |
| 2 | 448,2 | 450,4 | 449-450 | | 7 | 0,06 | 9 | 5,83 | 0,08 | 7,50 | 449 |
| 3 | 450,4 | 452,6 | 451-452 | | 24 | 0,20 | 33 | 20,00 | 0,28 | 27,50 | 452 |
| 4 | 452,6 | 454,8 | 453-454 | | 66 | 0,54 | 98 | 54,17 | 0,82 | 81,67 | 454 |
| 5 | 454,8 | 457,0 | 455-456 | | 20 | 0,17 | 118 | 16,67 | 0,98 | 98,33 | 456 |
| 6 | 457,0 | 459,2 | 457-459 | | 1 | 0,01 | 119 | 0,83 | 0,99 | 99,17 | 458 |
| 7 | 459,2 | 461,4 | 460-461 | | 1 | 0,01 | 120 | 0,83 | 1,00 | 100,00 | 460 |
| nF | | | | | 120 | 1,00 | 100,00 | | | | |

Fuente: Datos de la empresa (2014)

APÉNDICE H

| | | | | DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA DATOS AGRUPADOS EN LAS A LINEAS 2 | | | | | | |
|-------|-------------------|-------|---------------|---|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|------|
| | | | | Frecuencia absoluta | Frecuencia relativa | Frecuencia absoluta acumulada | Frecuencia relativa porcentual | Frecuencia relativa acumulada | Frecuencia relativa porcentual acumulada | Meda |
| CLASE | LIMITE CALCULADOS | | LIMITE REALES | fi | fr | fa | f% | fra | fra% | xi |
| 1 | 441,9 | 444,9 | 442-444 | 1 | 0,01 | 1 | 0,83 | 0,01 | 0,83 | 443 |
| 2 | 444,9 | 447,9 | 445-447 | 3 | 0,03 | 4 | 2,50 | 0,03 | 3,33 | 446 |
| 3 | 447,9 | 450,9 | 448-450 | 30 | 0,25 | 34 | 25,00 | 0,28 | 28,33 | 449 |
| 4 | 450,9 | 453,9 | 451-453 | 60 | 0,50 | 94 | 50,00 | 0,78 | 78,33 | 452 |
| 5 | 453,9 | 456,9 | 454-456 | 25 | 0,21 | 119 | 20,83 | 0,99 | 99,17 | 455 |
| 6 | 456,9 | 459,9 | 457-459 | 0 | 0,00 | 119 | 0,00 | 0,99 | 99,17 | 458 |
| 7 | 459,9 | 462,9 | 460-462 | 1 | 0,01 | 120 | 0,83 | 1,00 | 100,00 | 461 |
| n | | | | 120 | 1,00 | | 100,00 | | | 452 |

Fuente: Datos de la empresa (2014)

APÉNDICE I

BASE DE DATOS OBTENIDOS EN LÍNEAS DE ENVASADO CON PESO
PRODUCTO FINAL

| CONTROL DE PESOS ENVASADO LÍNEA 1 | | | | | | | CONTROL DE PESOS ENVASADO LÍNEA 2 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 3 | DÍA 4 | DÍA 5 | DÍA 6 | | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 3 | DÍA 4 | DÍA 5 | DÍA 6 | | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 3 | DÍA 4 | DÍA 5 | DÍA 6 |
| 453 | 453 | 454 | 450 | 454 | 453 | | 452 | 451 | 451 | 451 | 452 | 456 | | 447 | 450 | 449 | 449 | 451 | 451 |
| 454 | 455 | 454 | 454 | 455 | 454 | | 451 | 452 | 451 | 450 | 454 | 453 | | 447 | 450 | 452 | 452 | 452 | 450 |
| 453 | 455 | 453 | 453 | 454 | 454 | | 449 | 450 | 449 | 450 | 456 | 452 | | 451 | 462 | 450 | 452 | 455 | 453 |
| 454 | 455 | 454 | 450 | 454 | 455 | | 451 | 452 | 453 | 449 | 454 | 452 | | 451 | 452 | 452 | 449 | 454 | 452 |
| 456 | 453 | 454 | 454 | 451 | 452 | | 452 | 446 | 452 | 450 | 451 | 453 | | 452 | 454 | 452 | 454 | 454 | 454 |
| 455 | 454 | 453 | 452 | 452 | 456 | | 450 | 452 | 450 | 453 | 456 | 454 | | 450 | 452 | 450 | 453 | 456 | 454 |
| 455 | 452 | 455 | 450 | 454 | 455 | | 451 | 454 | 452 | 454 | 454 | 454 | | 451 | 452 | 452 | 450 | 453 | 452 |
| 455 | 454 | 452 | 450 | 451 | 455 | | 452 | 454 | 452 | 454 | 454 | 454 | | 452 | 450 | 455 | 450 | 456 | 453 |
| 453 | 453 | 453 | 452 | 452 | 452 | | 451 | 454 | 451 | 452 | 455 | 456 | | 451 | 450 | 451 | 452 | 455 | 456 |
| 452 | 453 | 453 | 460 | 452 | 452 | | 449 | 452 | 443 | 452 | 453 | 453 | | 449 | 452 | 449 | 450 | 455 | 454 |
| 453 | 451 | 453 | 451 | 454 | 455 | | 452 | 450 | 449 | 450 | 455 | 454 | | 452 | 450 | 449 | 450 | 455 | 454 |
| 453 | 454 | 452 | 454 | 452 | 453 | | 451 | 454 | 452 | 449 | 452 | 454 | | 451 | 450 | 453 | 449 | 452 | 454 |
| 446 | 453 | 454 | 452 | 454 | 454 | | 452 | 450 | 450 | 453 | 454 | 453 | | 452 | 450 | 450 | 453 | 454 | 453 |
| 453 | 454 | 454 | 454 | 454 | 454 | | 451 | 454 | 451 | 452 | 455 | 456 | | 451 | 450 | 453 | 449 | 452 | 454 |
| 453 | 452 | 453 | 455 | 449 | 453 | | 452 | 454 | 452 | 453 | 453 | 453 | | 452 | 450 | 450 | 453 | 454 | 453 |
| 455 | 453 | 452 | 456 | 446 | 458 | | 451 | 454 | 449 | 450 | 455 | 454 | | 451 | 450 | 453 | 449 | 452 | 454 |
| 453 | 453 | 453 | 453 | 451 | 453 | | 452 | 454 | 451 | 452 | 453 | 453 | | 452 | 450 | 450 | 453 | 454 | 453 |
| 454 | 453 | 450 | 453 | 453 | 455 | | 451 | 454 | 451 | 452 | 453 | 454 | | 451 | 450 | 450 | 453 | 454 | 453 |
| 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 452 | | 451 | 454 | 451 | 452 | 453 | 454 | | 451 | 454 | 451 | 452 | 453 | 454 |
| 453 | 453 | 454 | 453 | 452 | 449 | | 452 | 454 | 454 | 451 | 453 | 454 | | 452 | 454 | 454 | 451 | 453 | 454 |

Fuente: Datos de la empresa (2014)

APÉNDICE J

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE GASES EN MAP

| PRODUCTO | % O ₂ | % CO ₂ | % N ₂ |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Carnes rojas | 60 - 85 | 15 - 40 | - |
| Carnes cocidas / curadas | - | 20 - 35 | 65 - 80 |
| Aves | - | 25 | 75 |
| Pescado (blanco) | 30 | 40 | 30 |
| Pescado (graso) | - | 60 | 40 |
| Salmón | 20 | 60 | 20 |
| Queso duro | - | 100 | - |
| Queso blando | - | 30 | 70 |
| Pan | - | 60 - 70 | 30 - 40 |
| Galletas sin leche | - | 60 | 40 |
| Galletas con leche | - | - | 100 |
| Pasta fresca | - | - | 100 |
| Frutas y hortalizas | 3 - 5 | 3 - 5 | 85 - 95 |
| Alimentos secos/tostados | - | - | 100 |

Fuente: Linde Ag (2010)

APÉNDICE K
FLUJODECAJA

| FLUJODECAJA | AÑO | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ingresoporventas | | \$ 1.020.000,00 | \$ 1.326.000,00 | \$ 1.632.000,00 | \$ 1.796.200,00 | \$ 1.974.720,00 |
| (-) Costosdeoperación | | \$ 740.086,92 | \$ 893.222,52 | \$ 1.057.755,95 | \$ 1.107.116,04 | \$ 1.156.476,12 |
| Utilidadantesdel impuesto | | \$ 279.913,08 | \$ 432.777,48 | \$ 574.244,04 | \$ 688.083,96 | \$ 818.243,88 |
| Impuestoalarenta22% | | \$ 61.580,88 | \$ 95.211,05 | \$ 126.333,69 | \$ 151.378,47 | \$ 180.013,65 |
| Utilidadneta | | \$ 218.332,20 | \$ 337.566,43 | \$ 447.910,35 | \$ 536.705,49 | \$ 638.230,23 |
| Inversióninicial | \$ 22600,00 | | - | - | - | - |
| FLUJONEIODEFECTIVO | \$(22600,00) | \$ 218.332,20 | \$ 337.566,43 | \$ 447.910,35 | \$ 536.705,49 | \$ 638.230,23 |

BIBLIOGRAFÍA

- [1] García Roche L., Olmo Enjuto V. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Cataluña. La industria Alimentaria – Proceso de Elaboración del Café
- [2] Alvarado M., Rojas G. Cultivo y Beneficiado del Café. Primera edición. Costa Rica (1994)
- [3] Gómez, G. Cultivo y Beneficio del Café. Publicaciones Camacho. México (1998)
- [4] Ministerio de Agricultura y Riego – Perú. Sector Agrario. Café. Generalidades del Producto.
- [5] Clifford M.N. and Willson K.C. - Coffee; botany, biochemistry and production of beans and beverage. Pp: 13-47. London, Croom Helm (1985)
- [6] Wrigley G., Coffee. London, Longman (1988)
- [7] International Coffee Organization – Botanicals Aspects. Disponible en: <http://www.ico.org/es/>
- [8] COFENAC. El sector cafetalero ecuatoriano. Diagnóstico. Portoviejo, Ecuador. 2011. PP.: 14-15 Disponible en <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf>

[9] Cumbicus Torres E., Jiménez Azuero R. Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. P: 28. Loja – Ecuador (2012)

[10] Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca- Coordinación General del Sistema De Información Nacional. Boletín Situacional Café (2013) Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/brocoli-cafe/boletin-cafe#/1/zoomed>

[11] CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL. La Guía del café. Grado de humedad y secado (1994)

[12] Lingle T., The Basics of Cupping Coffee. Second Edition. SCCA (1993)

[13] Sivetz, M. and Foote, E. Coffee Processing Technology, Fruit – Green, Roast, and Soluble Coffee, Volume One. PP.: 203-213. Westport, Connecticut (1963)

[14] Pictet G.A., La torréfaction du café: procesos technologique et transformations chimiques. ASIC No. 12, Montreux (1987)

[15] Solá A. Tostado y molido del café. FORUM DEL CAFÉ. Folleto 7. PP.: 3-41.

[16] Little, A. and Mackinney, G., On the color of coffee. The coffee Brewing Institute. New York (1957)

- [17] Rodríguez, M. La física y química en el tueste del café. FORUM DEL CAFÉ. Folleto 41. PP.: 38-45.
- [18] Ramalakshmi, K. & Raghavan, B. (1999). Caffeine in Coffee: Its Removal. Why and How? Critical Reviews in Food Science and Nutrition. PP.: 441-456.
- [19] Clarke, R. and Macrae, R. Roasting and grinding coffee. Volume II. Technology. London.
- [20] Parry, R. T., Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. A. Madridi Vicente, Ediciones. PP.: 15-30; 201-202. Madrid – España (1995)
- [21] García, E.; Gago, L.; Fernández, J. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Elecé industria gráfica (2006)
- [22] Jenkins, W.A. and Harrington, J.P. Coffee, in Packaging Foods with Plastics, Technomic Publishing Co., Inc., 1991. Pp: 189-195.
- [23] LINDE Gas. The ultimate combination for freshness. MAPAX® modified atmosphere packaging. Disponible en: http://www.linde-gas.nl/internet.lg.lg.ndl/nl/images/MAPAX%20brochure172_4683.pdf
- [24] Heiss, R. and Radtke, R. Proc. 9 th Coll. ACIC. Pp: 163-174 (1977)
- [25] Radtke-Granzer, R. and Piringer, O. G. DtLebnsmittRdsch., Pp: 77(6), 203. (1981)

[26] Fellows, P. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y práctica. Segunda Edición. Editorial Acribia, S.A. PP.: 592-603. Zaragoza, España (2000)

[27] Camisón, C., Cruz, S., González, T.: Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas. PP.: 1222 a 1310. Pearson Educación, S.A., Madrid (2007)