



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MAGÍSTER EN MATEMÁTICA CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA

TEMA:

**DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ
(COFFE ARÁBIGA) TOSTADO Y MOLIDO, EN EL BARRIO LANDANGUI,
PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN LOJA.**

AUTOR: Lcda. Saltos Arce Marjorie Irene

DIRECTOR TFM: Ing. Guevara Viejo Jorge Fabricio, PHD

Milagro, abril 2022

Ecuador

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por la Srta. Marjorie Irene Saltos Arce, para optar al título de Magister en Matemática, mención en modelación matemática y que acepto tutiar a la estudiante, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 30 días del mes de noviembre de 2021.



Firmado electrónicamente por:

**JORGE
FABRICIO
GUEVARA VIEJO**

Ing. Fabricio Guevara Viejo, PhD.

C.I. 0917882961

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Comité Académico del Programa de Maestría en Matemáticas, mención en Modelación matemática de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 25 días del mes de abril de 2022.



Lcda. Marjorie Irene Saltos

CI: 0918863911

CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

EL TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN MATEMÁTICA CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA** otorga al presente proyecto de investigación las siguientes calificaciones:

MEMORIA CIENTÍFICA	[58.33]
DEFENSA ORAL	[40.00]
TOTAL	[98.33]
EQUIVALENTE	[Excelente]



Firmado electrónicamente por:
**JUAN DIEGO
VALENZUELA
COBOS**

Phd. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JORGE
FABRICIO
GUEVARA VIEJO**

Ph.D GUEVARA VIEJO JORGE FABRICIO
DIRECTOR/A DE TFM



Firmado electrónicamente por:
**LUIS EDUARDO
SOLIS GRANDA**

M.A.E. SOLIS GRANDA LUIS EDUARDO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madrecita Reina América Arce Yépez que con mucho sacrificio, trabajo y amor me impulsaron a seguir adelante y quien con sus bendiciones estuvo en todo momento apoyándome para no desistir. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija.

Lcda. Marjorie Saltos Arce

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera muy especial a **Dios** por bendecirnos la vida, con salud y por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco al director de la Tesis al **Ing. Jorge Fabricio Guevara Viejo, PHD** por su desinteresada ayuda me brindo con la enseñanza de sus conocimientos, me brindo la guía que se necesitó para poder encaminar correctamente los lineamientos del tema de investigación.

Finalmente agradezco a mi familia en especial mi madre **América Arce Yépez**, amigos y demás personas que de una u otra forma estuvieron generosamente prestos con su disposición y ayudada brindada para la ejecución de esta investigación, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Lcda. Marjorie Saltos Arce

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Doctor.

Fabricio Guevara Viejo

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi título de cuarto nivel, cuyo tema fue Diseño de un modelo matemático de la producción de café (coffe arábica) tostado y molido, en el barrio Landangui, parroquia Malacatos, cantón Loja y que corresponde a la Dirección de Investigación y Posgrado.

Milagro, 28 de abril de 2022



Saltos Arce Marjorie Irene

CI:0918863911

ÍNDICE GENERAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	2
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Café (Coffea arábica L.).....	4
1.1.1 Taxonomía.....	4
1.1.2 Requerimientos de clima	4
1.1.3 El café a nivel mundial.....	5
1.1.4 El café a nivel nacional y de Loja.	5
1.1.5 Química del Coffea arábica en su forma Verde.....	6
1.2 Operaciones Unitarias.....	7
1.2.1 Secado	9
1.2.2 Almacenamiento	10
1.2.3 Transporte	10
1.2.4 Recepción.....	10
1.2.5 Selección.....	11
1.2.6 Tueste	11
1.2.7 Enfriamiento	13

1.2.8 Molido y envasado.....	13
1.2.9 Almacenaje.....	14
1.2.10 Conversiones.....	14
1.3 Modelamiento Matemático.....	15
1.3.1 Estudio de la situación real.....	16
1.3.2 Elaboración del modelo matemático.....	16
1.3.3 Solución del modelo	17
1.3.4 Validación del modelo	17
1.3.5 Elementos básicos de un modelo matemático	18
1.3.6 Tipos de Modelamiento Matemático.....	19
1.3.7 Modelos matemáticos mediante Ecuaciones Diferenciales.....	19
1.4 Costos de variables a utilizarse para fijar el precio del café procesado.....	21
1.5 Método de Evaluación Rural Rápida.....	22
2. MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1 Contexto Territorial.....	24
2.2 Aplicación del método de evaluación rural rápida.....	25
2.3 Métodos de modelamiento a utilizar.....	27
2.3.1 Modelamiento del balance de materiales, materia o masa.....	28
2.3.2 Modelamiento de los costos de Producción	32
2.4 Variables	34
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
4.1 Conclusiones.....	46
4.2 Recomendaciones.....	47
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6. ANEXOS.....	52

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Composición de café verde	7
Tabla 2. Composición química del Coffea arábica posterior al tueste....	12
Tabla 3. Pliego tarifario del consumo eléctrico en función del sector.....	23
Tabla 4. Operaciones unitarias críticas del proceso de café tostado y molido	29
Tabla 5. Fórmulas y simbología para cuantificarla masa de materia a proceso por Operación Unitaria	31
Tabla 6. Fórmulas y simbología para cuantificarla masa de materia perdida o eliminada por Operación Unitaria.....	32
Tabla 7. Identificación de variables por operación unitaria crítica.....	36
Tabla 8. Potencia de aparatos del proceso	37
Tabla 9. Valores de costos de servicios básicos, especificaciones técnicas de quemador industrial	38
Tabla 10. Costos indirectos por operación Unitaria.....	40
Tabla 11. Fórmulas de costos de operaciones.....	41

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de proceso del café tostado y molido	9
Gráfica 2. Esquema de modelización matemática	16
Gráfica 3. Tipos de modelos matemáticos	20
Gráfica 4. Hacienda “Daniela”	25
Gráfica 5. Balance de materia en procesamiento de café en caja negra	30
Gráfica 6. Diagrama de proceso del Coffea arábica desde cerezos	35

RESUMEN

La hacienda “Daniela”, fue por objeto de una ordenanza municipal prohibida de la extracción de agregados pétreos del río Campanas, así como también su producción de panela, dos rubros que generaban ingresos a su propietario y familia. Es por esto que le urgió dar un giro de negocio, y un posible giro de negocio puede constituirse el Coffea arábica, información desprendida de la entrevista rural rápida.

Por esta razón y debido a la alta cotización de los arábigos de estricta altura, el propietario de la hacienda ha volcado sus ojos en el café, pero se hizo necesario modelar matemáticamente y aunque sea de carácter teórico, los costos de producción en su forma de café tostado y molido, para saber si representa su costo por libra un valor menor al del precio comercial.

Con factores de conversión de la Organización Internacional del Comercio, al no existir datos o poder generarlos para establecer los balances de masa, que vayan desde el ingreso de los cerezos del café como materia prima, hasta su industrialización como café tostado y molido

Del balance de materia prima de masa inicial 100Kg, se logró obtener 22,11 Kg equivalentes un porcentaje de 22,11% de café tostado y molido que representaron un costo de \$ 2,85 por libra, además se calcularon las horas efectivas de trabajo, consumos de servicios básicos, y los costos de cada operación unitaria en sujeción al diagrama de flujo propuesto, junto con la modelización lineal polinómica validada en el software Excel.

Palabras clave: Extraer, coffe Arabica, factores de conversión, modelización lineal.

ABSTRACT

The "Daniela" farm was prohibited by a municipal ordinance from extracting stone aggregates from the Campanas River, as well as from producing panela, two items that generated income for the owner and his family. This is why it was urgent for him to turn his business around, and a possible line of business could be *coffea arabica*, according to information from the rapid rural interview.

For this reason and due to the high price of arabica beans, the owner of the farm has turned his eyes to coffee, but it became necessary to model mathematically and even if it is of a theoretical nature, the costs of production in the form of roasted and ground coffee, to know if its cost per pound represents a lower value than the commercial price.

With conversion factors of the International Trade Organization, since data does not exist or can be generated to establish the mass balances that go from the entrance of the coffee cherry trees as raw material, to its industrialization as roasted and ground coffee.

From the balance of raw material of initial mass 100Kg, it was possible to obtain 22.11 Kg equivalent to a percentage of 22.11% of roasted and ground coffee that represented a cost of \$ 2.85 per pound, in addition the effective hours of work, consumption of basic services, and the costs of each unitary operation were calculated subject to the proposed flow diagram, together with the linear polynomial modeling validated in the Excel software.

Key words: Extract, *coffea arabica*, conversion factors, linear modeling.

INTRODUCCIÓN

El barrio rural Landanguí, donde se encuentra la hacienda “Daniela” que pertenece a la parroquia Malacatos del cantón Loja y provincia de Loja, está atravesado por el río Campanas, barrio que a pesar de tener pequeños minifundios con tierra muy fértil a lo largo de sus riveras, estos estaban dedicados a la minería de extracción de agregados pétreos para la construcción de obras civiles, actividad que fue su principal fuente de ingresos económicos: hasta que debieron cerrar sus canteras debido a la “ordenanza municipal para regular, autorizar y controlar la explotación y transporte de materiales áridos y pétreos en el cantón Loja” expedida en el año 2014, la cual revirtió sus permisos de explotación. Al verse sus propietarios obligados a cambiar de actividad económica que les reporte ingresos monetarios, se decidieron desde hace siete años atrás debido a las bondades del clima, avocarse en la mayoría de casos al cultivo del café, sin contar que poseían en sus minifundios árboles frutales para autoconsumo o para la venta en pequeña escala. Sin embargo y en referencia al café, sus cultores venden su producción primaria sin darle valor agregado alguno dejando de percibir un mayor beneficio monetario, entregándolo envuelto en su epidermis, llamado también pergamino o cáscara por secado al ambiente, lo que genera un castigo en el precio de venta debido a la merma que sufre la materia prima al momento de su industrialización por de las empresas procesadoras.

Este problema junto a la falta de industrialización de la materia prima por parte de los productores, tiene su nudo crítico en el desconocimiento del dimensionamiento de la maquinaria, equipos y el diseño de procesos que les permitan industrializar su producción, así como también con las herramientas empresariales adecuadas modelar matemáticamente su producción agroindustrial, lo que les impide comprender mejor y valorar su proceso productivo primario, tomar las mejores decisiones en cuanto a su producción cafetalera, si amerita venderla como grano, o como producto con valor agregado en su forma de café tostado y molido

AL realizar el modelamiento matemático de la producción agroindustrial del Coffe arábica con valor agregado en su forma de tostado y molido, se pretende trabajar sobre una problemática que afecta a la Unidad Productiva Agropecuaria, es decir sobre situaciones o sobre fenómenos reales. Encontrar y

validar la ecuación que permita, determinar los costos implícitos en la transformación de la materia prima, ayuda a dimensionar de mejor manera los costos del proceso de industrialización, lo que les ayudará a los dueños de la hacienda en un futuro próximo tomar mejores decisiones en cuanto a su producción, identificarán mejor las variables que puedan afectar a su producción y estarán en capacidad de maximizar utilidades y minimizar costos sin afectar la calidad garantizada que tiene en los mercados internacionales las variedades de café producidas en la provincia de Loja.

Es por esto que las variables a considerar para el modelo matemático del café tostado y molido, sean estas dependientes e independientes, estarán recogidas en la o las ecuaciones que modelen los análisis másicos y de costos que estén involucrados en las operaciones unitarias de recepción de la materia prima, pasando por el tueste, hasta concluir con el molido del café, debiendo estas ecuaciones ser sometidas a la respectiva comprobación o validación.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un modelo matemático para la producción agroindustrial del café aplicable al sector cafetalero del barrio rural Landangui, cantón Loja, provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Confeccionar el diagrama de proceso agroindustrial del café tostado y molido.
- Identificar en el proceso agroindustrial las variables dependientes, independientes y constantes.
- Validar mediante el método de prueba la veracidad del modelo matemático.

Planteamiento Hipotético.

Ho: ¿Es el modelo matemático a obtener validable para ser utilizado en el proceso de industrialización en su forma de café tostado y molido en la hacienda “Daniela”?

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Café (*Coffea arábica* L.)

El *Coffea arábica* tiene su origen en el África tropical oriental, comprendiendo los países de: Etiopía, Sudán y Kenia, según referencias históricas es nativo de la región que comprende los actuales países de Etiopía y Yemen (Plantas y Hongos, s.f.)

El café que se cultivaba en la península arábica y sus habitantes los tostaban, hervían y se producía una bebida, pero el mundo arábico por el lejano año mil cien guardaban celosamente sus frutos evitando que se fuguen a otros países. Avanzado el tiempo y ya para el siglo quince, algunas semillas se sacaron de la península arábica y su cultivo se extendió hasta El Cairo y todo el imperio turco. Posteriormente por el año de 1723 en las Américas, más concretamente en la isla Martinica siendo llevada la semilla por los colonizadores portugueses al territorio que actualmente es Brasil, en cuanto a Centroamérica y Sudamérica, este fenómeno ocurrió en el siglo diecisiete en Guatemala, Puerto Rico, Costa Rica, y, a Venezuela, Colombia y Ecuador respetivamente (Nestle, 2019)

1.1.1 *Taxonomía*

El café cuyo nombre científico es *Coffea arábica* L, en su clasificación taxonómica pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliópsida, orden Gentianales, familia Rubiaceae, sub Familia Ixoriadeae, Tribu Coffeae, Género Coffea, Especie arábica L, (Wikipedia, 2021)

1.1.2 *Requerimientos de clima*

En cuanto a las características del entorno de desarrollo del cultivo de café, en el apartado de lluvias, los cafetos requieren de mil ochocientos a dos mil ochocientos milímetros de precipitación anuales y una temperatura promedio comprendida entre los diecinueve a veintiún grados centígrados (Coffee media, 2016). En cuanto a la calidad de los suelos, los cafetales o cafetos de *Coffea*

arábica, requiere de suelos profundos, bien drenados, los limos volcánicos le sientan bien, en cuanto al pH este debe encontrarse en el rango de 4.2 a 5.1 (Infoagro, s.f.)

1.1.3 El café a nivel mundial

A nivel mundial se producen aproximadamente unas 7.7 millones de café de toneladas en unas 10.5 millones de toneladas de territorio que comprende territorios de más de 50 países cada año. Del total de producción el 85% de la misma corresponde a América Latina o Latinoamérica, 10% en Asia y 5% en África, del porcentaje de producción de café, la variedad arábica representa el 85%. Dentro de los países y en orden decreciente de superficie de terreno dedicada a cultivo tenemos: Brasil, Indonesia, Colombia, México, Vietnam, Etiopía, Perú, India, Uganda y Honduras; en cuanto la cantidad producida en toneladas en orden de importancia del menor al mayor tenemos: Brasil, Vietnam, Indonesia, Colombia, India, Honduras, Etiopía, Perú, Guatemala y México (Yara, 2022).

1.1.1 El café a nivel nacional y de Loja.

En Ecuador las zonas productoras de Coffea arábica según el Instituto Ecuatoriano de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) son: “Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi, Los Ríos, Guayas Esmeraldas y Galápagos” (Tecnología INIAP, 2014).

A nivel nacional las variedades que más se cultivan son la arábica y la robusta, y también en menor cantidad el denominado “café gourmet”, denominación que se le da al café por sus cualidades especiales de aroma y sabor perteneciendo a los denominados “Cafés orgánicos”; en la provincia de Loja, los cantones que reportan superficie sembrada de cafetos son Calvas, Espíndola, Quilanga, Puyango y Paltas (López Mora, 2013).

El Coffea arábica en la provincia de Loja ocupa el segundo lugar en extensión de territorio dedicada a este cultivo en relación al país, con aproximadamente treinta mil hectáreas de Coffea arábica, pero más que la

cantidad producida del fruto del arbusto o la extensión de territorio destinada al mismo, destacan las características organolépticas o sensoriales que lo han catapultado a ser considerado si no como el mejor, uno de los mejores del país, lo que le ha valido que desde el año 2007 a la presente sea galardonado con el concurso nacional “Tasa dorada” (Fernández, 2020)

Tal renombre y reconocimiento ha alcanzado el café lojano, que en la Subasta Electrónica Internacional del 26 de noviembre de 2021, con los mejores lotes de café ganadores del concurso tasa dorada, con un precio promedio o base de \$35.43 logró en la antes mencionada subasta alcanzar la cifra récord de \$100 la libra y \$10000 por el quintal, siendo comprados por importantes franquicias de café como: las estadounidenses Paradise Coffee Roasters Hilo, Chromatic Coffee, la canadiense Hatch Coffee y la taiwanesa 4-arts Zero Defects Coffee (El Comercio, 2021).

1.1.5 Química del Coffea arábica en su forma Verde.

Para caracterizar los componentes del denominado café verde o previo al tueste, es necesario dividirlo en sus componentes mayoritarios y minoritarios, dentro de los primeros se destacan: carbohidratos o glúcidos, lípidos o grasas y proteínas; en cuanto a los minoritarios: cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, y sacarosa, estos componentes minoritarios son los causantes del aroma y sabor característicos de la bebida, *con* máximos y mínimos de sus componentes mayoritarios y minoritarios tenemos:

Tabla 1.

Composición de café verde

Componentes	Porcentaje (%)
Minerales	3.00 - 4.20
Cafeína	0.90 – 1.20
Trigonelina	1.00 – 1.20
Lípidos	12.00 – 18.00
Ácidos clorogénicos	5.00 – 8.00
Ácidos Alifáticos	1.50 – 2.00
Carbohidratos	60.00
Oligosacáridos	6.00 – 8.00
Polisacáridos	50.00 – 55.00
Sacarosa	6.00 – 9.00
Aminoácidos	2.00
Proteína	11.00 – 13.00
Azúcares reductores	1.00

Fuente: tomado de (Andrade, 2018).

1.2 Operaciones Unitarias.

Las operaciones unitarias que abarca la Ingeniería Química, y de la cual forma parte la Ingeniería de alimentos, debido a que parte del estudio de las propiedades químicas de los alimentos a través de los procesos de transformación de las materias primas en productos terminados conlleva a dos hechos: el primero que aunque el número de procesos individuales es grande, cada uno puede ser fragmentado en una serie de etapas denominadas o llamadas operaciones que se repiten a lo largo de los procesos, y como segundo hecho, las operaciones individuales tienen técnicas muy comunes basándose en principios científicos, por ejemplo mover sólidos, transferir calor o energía de una sustancia a otra, y desde luego reducción de tamaño de partícula, secado, destilación y evaporación, todos estos procesos aplicables a procesos físicos y químicos (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

Sin embargo, todo proceso productivo que implique la aplicación de Operaciones Unitarias, no puede estar aislado del proceso llamado balance de materia o de materiales, debido a que, sin este balance, resultaría imposible estimar costos, defectos de maquinaria, o en su defecto mejorar los procesos productivos e impedir su modelamiento matemático.

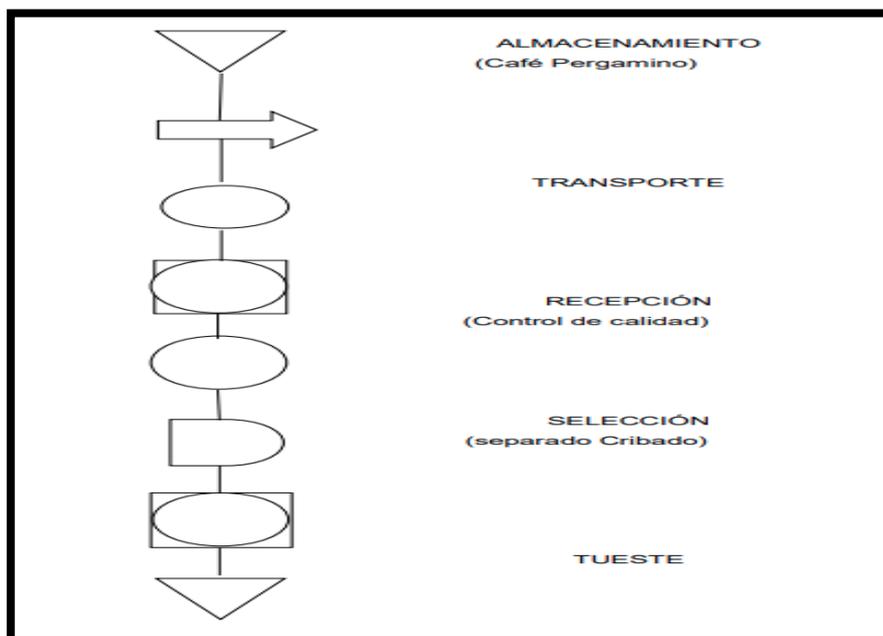
En si los balances de materia son la base en el diseño de procesos, siendo la primera etapa cuantitativa del diseño y sirve para:

Saber sobre necesidades o requerimientos de materia prima para procesar y de productos procesados o manufacturados

Para estudiar el comportamiento de la operación de una planta de producción, también identificar y establecer perturbaciones (deficiencias) en los productos finales, y finalmente para calibrar o rectificar la operación de la planta frente al diseño, sobre todo para localizar pérdida de materia y las causas que la generan (Moncada, 2020)

Gráfica 1.

Diagrama de proceso del café tostado y molido



Elaboración El Autor

1.2.1 Secado

Abordar el proceso del secado como operación previa al proceso de transformación en tostado y molido, hace necesaria su definición técnica, la cual en la manera más entendible señala que es la operación unitaria, por la cual se acondiciona los granos de café por medio de la eliminación del contenido del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con la humedad ambiental, con la finalidad de conservar su aspecto, calidad nutritiva y viabilidad de la semilla. El proceso de secado se hace necesario sobre todo si se pretende almacenar los granos de café para su posterior procesamiento, comercialización, el estándar de humedad sugiere que la humedad de los granos, que un inicio fuera del 50% al 75% del peso, se reduzca a un óptimo del 12%, (Berrueta & Limón, 2004).

El proceso de secado sin embargo debe ser referido al parámetro de la humedad en base seca la cual sirve para determinar los porcentajes de eliminación de agua por etapa y proceso, además expresa la razón de la masa de agua que tiene un material sólido con su masa seca, multiplicada por el valor 100, teniendo por fórmula (Martines & Lira, 2010):

$$\%Hbs = \frac{mH_2O}{ms} * 100$$

De donde:

%HBs ≡ Porcentaje de humedad en base seca.

mH₂O ≡ Masa de material sólido.

Ms ≡ masa seca del material

1.2.1.1 Secado Solar o al sol: En el medio rural es el más difundido y tradicional, a este tipo de secado se le atribuyen cualidades organolépticas importantes en la calidad del café como el sabor. Este tipo de secado vierte el café a secarse sobre un patio de cemento de una inclinación del 1 %, para que la energía radiante del sol logre su cometido de evaporar el agua, en capas en un inicio de 3 cm a 4 cm, se remueven los granos cada cierto tiempo, hasta que el café haya perdido del 43 % al 48 %.

Pero este tipo de secado al ser de poca inversión, presenta algunos inconvenientes como: la necesidad de ser instalados en sitios de alta incidencia solar y baja humedad relativa ambiental, alta carga de jornales u horas hombre para guardar el grano por las noches, evitando así su rehidratación o protegiéndolos de una posible precipitación, pero a juicio de la seguridad alimentaria por inocuidad no es recomendable el contacto con el suelo (Besora, 2017)

Existe para este tipo de secado un método denominado de “camas africanas”, el que a diferencia del anterior de secado solar sobre el piso, no permite el contacto de los granos con el suelo, al ser de piso perforado las camas, estas tienen una excelente aireación y por consiguiente una mejor eliminación de la humedad, además de que no existe contaminación por contacto con el piso, prescinde de utilizar una mayor cantidad de horas, en caso de lluvia se debe tener lonas al alcance y su colocación debe darse en una ladera de pendiente suave con la finalidad de que no se acumule agua en charcos de agua de lluvia (Perfect Daily Grind, 2016)

1.2.2 Almacenamiento

Luego de que en la operación previa de secado de los granos de café pergamino con una humedad del 12% con el fin de evitar la proliferación de mohos debido a la disponibilidad de agua que los genera, se los almacena hasta que llegue el momento de procesarlos.

1.2.3 Transporte

A los granos secos al 12%, se los transporta al área de procesamiento, procurando evitar se lastimen los granos del café pergamino.

1.2.4 Recepción

Al recibir los granos se los hace pasar por un juego de cribas para categorizar los granos por su tamaño, se separa el pergamino del café.

1.2.5 Selección.

Se pilan los granos de café pergamino, separándolos de los granos fracturados o incompletos, sobre todo si se tiene la opción de comercializar granos enteros con tueste para exportación, para eso se recurre a la zaranda utilizando de malla 15 para arriba. En este proceso se hace necesario también eliminar restos de corteza.

1.2.6 Tueste

Para este proceso se requiere tener en consideración clara los parámetros de Tiempo y temperatura y sobre todo si se va a escoger el método de tueste, rápido que lo prefieren y utilizan los países nórdicos (1 a 3 minutos a 500 °C) que reporta 2% de peso de humedad (Solá, s.f.) o de tueste tradicional de ritmo lento el cual es muy difundido en el país que se efectúa a 190°C por 18 minutos (Andrade, 2018)

El proceso de tostado o tueste genera cambios tanto físico como químicos, debido a los efectos que produce el calor, los componentes químicos que se obtiene en porcentaje son los siguientes:

Tabla 2.

Composición química del Coffea arábica posterior al tueste

Compuesto	(%) en base seca
Minerales	4.50
Aromáticos	0.10
Melanoidinas	25.40
Ácido clorogénico y quínico	3.30
Ácidos alifáticos	1.60
Trigonelina o derivados	1.00
Cafeína	1.30
Lípidos	17.00
Aminoácidos	0.00
Proteínas	7.50
Otros azúcares	0.00

Azúcares reductores	0.30
Sacarosa	0.00
Polisacáridos	38.00

Fuente: (Puerta, 2020).

En este proceso intervienen también variables como el consumo energético debido al consumo de energía eléctrica y al consumo de gas licuado de Petróleo GLP.

1.2.6.1 Consumo energético en (kW/h): Al hablar de consumo energético, se debe necesariamente partir de su definición en forma del potencial para realizar un trabajo o producir calor, y si se considera cualquier electrodoméstico o en este caso una máquina industrial como es el caso del tostador de café, requerirá de un consumo energético para que el rotor que gira el tambor de la cámara de tueste funcione, lo que resalta la necesidad de conocer bien este concepto.

Al kilovatio hora (kW-h) se lo considera como una herramienta útil para medir el consumo de energía eléctrica sobre todo de fines comerciales e industriales, y equivale a un kilovatio de energía producida o consumida en el periodo de tiempo equivalente a una hora y se usa para tarifar el consumo mensual de energía, la fórmula que utilizan las empresas es como sigue (Connor, 2019)

$$Pago = \frac{Potencia\ del\ aparato\ (W) * horas\ de\ uso\ (h) * 30\ días}{1000} * costo\ kW - h$$

Ejemplo:

Un motor eléctrico de potencia 800 W, trabaja aperturando la puerta de garaje durante 6 horas al día, calcular el consumo en kW-h, si en el país el costo del kW-h es 0,10 centavos

$$Pago = \frac{800W * 6h * 30días}{1000kW} * 0.10 = \$14,40$$

1.2.6.2 Consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP): De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 675, esta entidad lo clasifica en tres niveles: Propano comercial (Alta volatilidad), Butano comercial (baja volatilidad) y mezcla comercial Propano – Butano (volatilidad intermedia), debe además tener una sustancia odorizante para detectar posibles fugas y siempre debe estar libre de agua (INEN, NTE 675, 2017).

Para que el GLP cumpla su cometido requiere de un quemador, y si seleccionamos el modelo 40GS20 tendrá su potencia en Kw entre los rangos máximo y mínimo entre 81 a 220 kW (Thermal combustion, 2019), y este tipo de quemadores usan el poder calorífico del GLP que según la Norma Técnica Ecuatoriana tiene 36kW-h/m³ (INEN, NTE 2260, 2010), datos con los que se puede sacar el Caudal que ocuparía por minuto el tostador de café, con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{P(kW)}{Pc \left(\frac{kWh}{m^3} \right)}$$

1.2.6.3 Agua Potable: El costo del consumo de agua potable está directamente relacionado con la cantidad de metros cúbicos (m³) consumidos multiplicado por su costo unitario, el cual ha sido fijado por la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (UMAPAL) y asciende a \$ 1,04 (Ekos, 2022)

1.2.7 Enfriamiento

Mediante este proceso se induce a la detención de las reacciones química una vez que el café completó su fase de exposición de tiempo y temperatura requerida para completar el tueste, se trata de una operación de espera (Sabora, 2017).

1.2.8 Molido y envasado

Una vez enfriado el café, se ajusta el molino, para obtener una granulometría o tamaño de partícula 3 mm de diámetro, para guardar concordancia con lo exigido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123-2016 (INEN, 2016). Posteriormente se envasa el producto en fundas para empaque provistas de tri capa de laminado con la finalidad de evitar pérdida y/o volatilización de sabores y aromas, importante aspecto a considerar es el vacío al empacar el producto.

1.2.9 Almacenaje

Terminada la operación de sellado el producto se almacenará en una bodega que contenga un ambiente exento de calor, humedad, luz, debido a que la exposición a estos factores afecta a los compuestos aromáticos o alifáticos y de sabor o flavonoides (Tark, 2019)

1.2.10 Conversiones

De acuerdo a la Organización Internacional de Comercio para determinar en masa la Equivalencia en grano verde (EGV), señalan factores de conversión que permitirían ir de cualquier estado, pasando por los cerezos del fruto hasta el café soluble. Dichos factores de conversión han sido recopilados de países tanto productores como consumidores, entre estos factores tenemos:

Cereza seca a grano verde: multiplicación del peso neto de la cereza por 0.5;

Pergamino a grano verde: multiplicación del peso neto del pergamino por 0.8;

Grano Verde Descafeinado a grano verde: multiplicación del peso neto por 1.05;

Café tostado a grano verde: multiplicación del peso neto del café tostado por 1.19;

Café soluble a grano verde: multiplicación del peso neto del café soluble por 2.6;

Café líquido a grano verde: multiplicación del peso neto de los sólidos secos del café contenidos en el café líquido por 2.6. (OIC, 2011)

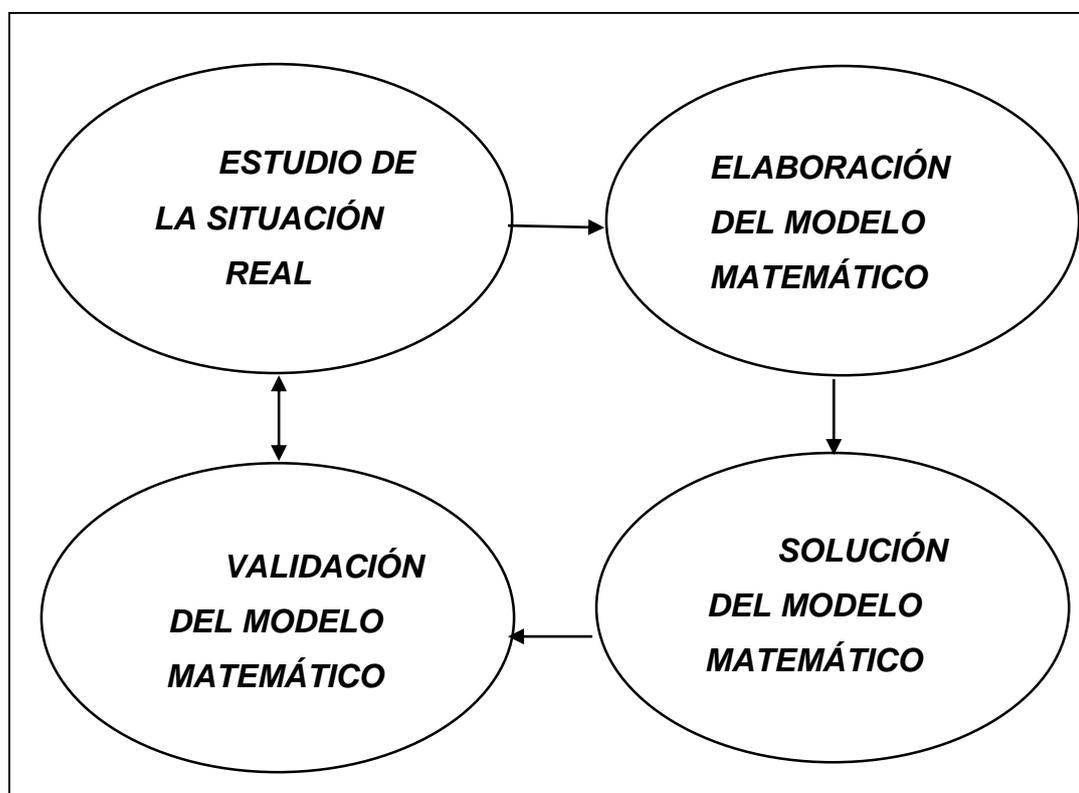
1.3 Modelamiento Matemático.

Al modelamiento o modelo matemático se lo podría definir como una abstracción o representación de un sistema que presenta relaciones directas o indirectas y las interacciones de la acción y la mención en términos de causa y efecto, los sistemas abstraídos de una situación real. Pero para que este sea de utilidad debe representar las características del sistema objeto de estudio (Grupos de investigación, 2013).

Es imprescindible señalar que no existen reglas rígidas en la formulación de un modelo, siendo producto de un proceso mental, pero necesariamente debe someterse a las siguientes etapas, conocidas como: “Fases de la modelación matemática”

Gráfica 2.

Esquema de modelización matemática



Nota: La gráfica representa el ciclo de un modelamiento matemático, Tomado de (Cervantes,p.5, 2015)

1.3.1 Estudio de la situación real.

Partiendo del punto de que las situaciones reales son complejas, es necesario recurrir al apoyo u opinión de expertos en otras áreas, puesto que los matemáticos necesitan comprender al detalle el fenómeno a plantearse, por ello es necesario considerar:

- Conocer las definiciones y el lenguaje de la jerga del fenómeno a estudiar.
- Identificar objetivamente las preguntas a responder.
- Revisar los datos obtenidos
- Identificar variables dependientes e independientes
- Identificar y entender las leyes del fenómeno desde su área de conocimiento.

Resumiendo, se requiere identificar claramente las variables y las leyes que rigen el fenómeno.

1.3.2 Elaboración del modelo matemático.

Para modelar matemáticamente un fenómeno real, se hace necesario el uso del enfoque reduccionista, para simplificar lo más posible, separar distintos fenómenos involucrados en el sistema, extraer el más sencillo, hasta inclusive modelar idealizaciones o abstracciones del fenómeno (Cervantes, 2015)

De no tener datos o si son pocos, se acudirá a realizar observaciones o experimentos para recolectar datos. De esa obtención de datos uno permitirá construir el modelo y el otro validarlo, no sin antes ver si estos datos permiten identificar las variables dependientes o independientes y finalmente elegir el modelo matemático conocido más sencillo que explique el fenómeno o completar algún modelo ya conocido que incorpore nuevas características por el investigador requeridas, lo más desafiante sería construir uno completamente nuevo.

Para construir un modelo matemático, por lo general suele basarse en modelos conocidos del área de estudio o de interés.

1.3.3 Solución del modelo

Para resolver el modelo primero hay que identificar el área de las matemáticas en la que está caracterizado como: Determinista o estocástico, Discreto o continuo o de dimensión finita o infinita. Aunque es probable que se lo pueda solucionar de manera analítica, a veces solo se puede realizar análisis cualitativos o soluciones aproximadas por métodos numéricos y apoyo de computadoras, pero cualquier resultado debe traducírsele en información del problema original o de estudio.

1.3.3.1 Proceso Estocástico: Al denotar estocástico un sinónimo de aleatoriedad, entonces quiere decir que es un sistema que permite realizar seguimiento a un fenómeno aleatorio a través del tiempo. Cada valor posible se llama estado y sus cambios se denomina transición; y a todo registro de este seguimiento se lo denomina realización del proceso

La sucesión $\{X_t(\omega) : t \in Q_t, \omega \in \Omega\}$ es un proceso estocástico si, para cada $t \in T$, $X_t(\omega)$ es una variable aleatoria. Si $T = \{1, 2, 3, \dots\}$, el proceso estocástico $X_t, t \in T$ resulta ser una sucesión de variables aleatorias, ante lo cual se estaría hablando de un proceso estocástico de tiempo discreto. Ahora bien, si el conjunto T es un conjunto continuo en un intervalo, significa que se trata de un proceso estocástico de tiempo continuo (Flores, s.f.)

1.3.4 Validación del modelo

Se parte siempre de las soluciones del modelo, interpretando el significado y/o implicaciones de los datos con el problema inicial, contrastando con información conocida, de haber bastante o una buena coincidencia, el modelo es aceptablemente válido, pero esta validación debe darse a nivel de componentes, a nivel de sistema completo y de casos de referencia (Dinh, 2018)

Al querer modelar el proceso de café tostado y molido, partiendo de que se trata de un proceso de industrialización de materia prima, hace necesario destacar si tiene un enfoque experimental o un enfoque teórico.

1.3.4.2 Enfoque Teórico: Este enfoque se usa para cuando la nave industrial, sus máquinas y componentes aún no han sido construidas ni implementadas en un sistema de permanencia fija de máquinas o lay-out, y su representación se la realiza mediante ecuaciones algebraicas y/o diferenciales, de su solución se conoce el comportamiento de la dinámica del proceso (GICI, 2016)

1.3.5 Elementos básicos de un modelo matemático

Los elementos o características básicas que tiene un modelo matemático son:

1.3.5.1 Variables: Una variable no es más que una característica o también llamada propiedad que puede medirse u observarse, estas a su vez pueden relacionarse con otras por ejemplo podemos tener: estatura, años de estudio, nacimientos, etc.

1.3.5.2 Parámetros: Llamados también constantes, vendrían a ser valores fijos o conocidos y controlables de cualquier modelo.

1.3.5.3 Restricciones: Vendrían a constituir los límites dentro de los cuales, los resultados se vuelven razonables, por ejemplo: el número de hijos, que jamás podrá tener un valor negativo.

1.3.5.4 Relaciones entre variables: Se dan principalmente cuando estas se apoyan en teoría, relacionadas con materias de ciencias experimentales como la Física, Química, Economía, etc.

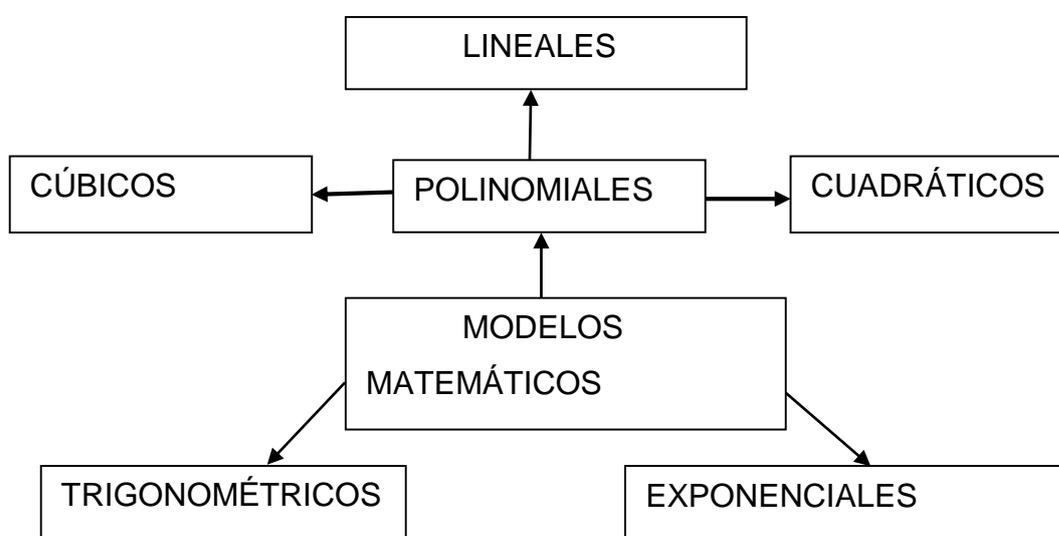
1.3.5.5 Representaciones Simplificadas: Siempre un modelo matemático va a estar representando las relaciones entre variables estudiadas a través de ecuaciones, funciones, fórmulas, etc. (Roldán, 2019).

1.3.6 Tipos de Modelamiento Matemático

Un modelo matemático al basarse en un problema del mundo real, hace necesario formular un modelo matemático el cual al resolverse nos permite obtener conclusiones basadas en las matemáticas, que nos sirven para formular predicciones ante una situación de la realidad. Los modelos matemáticos se detallan a continuación:

Gráfica 3.

Tipos de modelos matemáticos



Fuente: Tomado de (Villalobos, 2011)

1.3.7 Modelos matemáticos mediante Ecuaciones Diferenciales.

Entre los modelos matemáticos que se pueden crear a partir de ecuaciones diferenciales estas tenemos: el crecimiento de poblaciones tanto de

seres humanos o estudios demográficos, microorganismos o microbiológicos, de enfriamiento o calentamiento transmisión de calor, población en función de depredadores y presas, movimiento o cinética, ejemplo:

Inicialmente se tiene un número P_0 de bacterias en $t=1h$, se determina que el número de bacterias es $3P_0/2$. Si la razón de crecimiento es proporcional al número de bacterias $P(t)$ presentes en el tiempo t , determine el tiempo necesario para que se triplique el número de bacterias.

Condición 1: $t = 0$ y $P = P_0$ Condición 2: $t = 1$ y $P = (3/2) P_0$

$$\frac{dP}{dt} = k * P \qquad \int \frac{dP}{P} = k \int dt + C$$

Quedándonos:

$$\ln P = k*t + C \text{ (a)}$$

Reemplazamos condición 1 en (a)

$$\ln P_0 = k *(0) + C$$

$$\ln P_0 = C$$

Reemplazamos condición 2 en (a)

$$\ln \frac{3}{2} P_0 = k(1) + C$$

$$\ln \frac{3}{2} P_0 = k + \ln P_0$$

$$k = \ln \frac{3}{2} P_0 + \ln P_0$$

$$k = \ln \left(\frac{3}{2} \frac{P_0}{P_0} \right)$$

$$k = \ln \frac{3}{2}$$

$$k = 0,41$$

Quedando como resultado:

$$\ln P = 0,41t + \ln P_0$$

$$e^{\ln P} = e^{0,41t} + e^{\ln P_0}$$

$$P = e^{0,41t} * P_0$$

$$P = P_0 * e^{0,41t}$$

Respondiendo a la interrogante:

$$3P_0 = P_0 * e^{0,41t}$$

$$3 = e^{0,41t}$$

$$\ln 3 = 0,41t$$

$$t = \frac{\ln 3}{0,41}$$

$$t = 2,71h$$

En aproximadamente 2,71 horas se triplicará el número de bacterias.

Es necesario señalar que se hacen imprescindibles los conocimientos de Cálculo Diferencial e Integral, así como también la suficiencia de conocimientos matemáticos para poder resolver las ecuaciones Diferenciales a plantearse.

1.4 Costos de variables a utilizarse para fijar el precio del café procesado.

Si bien se trata de un modelo netamente predictivo al utilizar en sus variables los costos conferidos por los respectivos entes que tienen a cargo el control, la regulación y la fijación de precios por sus servicios, le confiere al modelamiento una mejor certeza.

Según la Asociación Nacional Ecuatoriana del Café (ANECAFÉ), el costo del quintal de café con fecha del 3 al 7 de febrero del presente año registró un precio de \$ 50,26 por cada quintal de café en cerezo (anecafe, 2022).

El Corporación Eléctrica del Ecuador EP (CELEC), señala que el costo por los servicios eléctricos brindados en la unidad de medida kilo Vatio por hora (kW-h), se incrementa de manera proporcional en función de rangos de consumo de la siguiente manera:

Tabla 3.

Pliego tarifario del consumo eléctrico en función del sector

Sector	Costo del kW-h (dólares)
Residencial	0,1031

Comercial	0,1044
Industrial	0,799
Otros sectores	0,712

Fuente: (ekosnegocios, 2021).

De la tabla anterior para un mejor modelamiento se elige el coste de la tarifa industrial, debido a que la máquina despulpadora podría requerir de corriente trifásica.

En cuanto tiene que ver al gas licuado de petróleo (GLP), si bien el costo del cilindro de 15 kg es de 1,60, según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020). La realidad indica que el costo del precio del cilindro o bombona de gas es de 3 dólares a domicilio, por lo que lejos de tomar el precio señalado por el ente regulador de su precio, debemos tomar el de comercialización a domicilio.

En cuanto al pago por la hora de trabajo, el ministerio de trabajo establece el valor de la hora ordinaria de trabajo en \$ 1,77 en horario normal de jornada laboral; el valor de la hora suplementaria del trabajo en horario de 18h00 a 00h00 con incremento de un 50% con un costo de \$ 2,66, y la hora extra con recargo del 100% con un valor de \$ 3,54, la hora ordinaria de trabajo se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{SBU (\$ 425)}{(30 \text{ días del mes} * (8) \text{ horas día}} = \frac{240}{30 * 8} = 1,77$$

1.5 Método de Evaluación Rural Rápida

Esta metodología pretende obtener información de primera mano de la población campesina, por medio de encuestas y visitas breves. Es decir, en primer lugar, se realizan visitas breves para obtener información, eso se da antes de aplicar la encuesta a grupos grandes un cuestionario, la selección de ese grupo de informantes se da a manera de entrevista, teniendo presente que quienes van a realizar la entrevista, no deben poseer ni ejercer influencia en el

proceso. Además, el desarrollista rural debe evitar los siguientes tipos de sesgos en las visitas:

Sesgo de espacio: Visitar a gente que se halla en caminos de fácil y cómodo acceso, ignorando la opinión a otros campesinos de sitios de acceso más difícil.

Sesgo de tiempo: Visitas cuando el temporal climático lo permite o durante las horas de trabajo que suele ocupar el campesino.

Sesgo de gente: Hablar únicamente con los líderes, gente que por lo general tienen acceso a grupos humanos acomodados.

Sesgo de proyecto: Mostrarse a los visitantes que llegan a la comunidad de una forma que no se ajusta a la realidad (Pretty, 2009).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Contexto Territorial.

La Hacienda Daniela, ubicada en el cantón Landangui, parroquia Malacatus del cantón Loja y provincia de Loja, próximo al sitio o barrio llamado Nangora, sus coordenadas UTM son 4,178055 y 79,2125, de clima templado promedia 19 °C a 23 °C, se encuentra a 27 Km aproximadamente de la cabecera provincial, sitio en el que por razones de prohibición para explotar una mina de agregados pétreos y producción a pérdida de panela.

Gráfica 4.

Hacienda “Daniela”.



Fuente: (earth.google.com, 2021)

2.2 Aplicación del método de evaluación rural rápida

El contexto territorial en el cual se desarrollará la investigación, es la hacienda “Daniela”, la metodología que se aplicó en la investigación es Método de Evaluación Rural Rápida por sus siglas RAP, donde se plantearon preguntas en una entrevista a su propietario, lo que permitió obtener información que direccionó la investigación de manera efectiva, las preguntas del cuestionario de aplicación para el RAP en modalidad entrevista fueron:

Su propiedad tiene un área de:

Menor a 1 Ha	6 a 10 Ha
De 1 a 5 Ha	11 a 15 Ha
Mayor a 15 Ha	

Su propiedad tiene cultivos como:

Plantas aromáticas	Frutales	Guineo
Plátano	Caña de azúcar	Yuca

Actividades que le representan ingresos

Agricultura
Ganadería
Panela
Mina de Agregados Pétreos

¿Qué motivos que le obligaron a cerrar sus actividades económicas más rentables:

Agricultura
Ganadería
Panelera
Mina

¿Qué le agradecería implementar en su Finca o Unidad Productiva Agropecuaria (UPA) de manera priorizada?

Café
Miel de Abeja
Hierbas de horchata

Priorizando, señale las razones del ¿por qué cree que el café es buen negocio?

Buen Precio de venta Baja Inversión Mercado seguro

Calidad del café Lojano Costumbres de consumo

¿Qué le interesaría hacer con el café?

Cultivarlo y venderlo en forma de cerezo

Agregar valor forma de café grano verde CGV

Agregar valor en forma de café pergamino

Emprender para industrializarlo en forma de café tostado y molido

¿Qué razones de manera priorizada cree que le pudieran impedir establecer su emprendimiento?

Desconocimiento de los costos de producción del proceso

Impuestos

Trámites

Saber si lo que produzco me generaría ganancia

¿Qué nivel de industrialización le interesaría implementar en su emprendimiento?

Poco mecanizado

Medianamente mecanizado

Altamente mecanizado

Como producto de la aplicación del Método de Evaluación Rural rápida (RAP) aplicada al propietario de la hacienda tenemos los siguientes aspectos:

Que la Unidad productiva agropecuaria tiene una extensión de entre 11 a 15 hectáreas de superficie, posee cultivos de hierbas aromáticas, banano y caña de azúcar en pequeña escala o para auto consumo.

Así también el propietario señala que, desde hace ocho años atrás, tuvo que deshabilitar una mina de agregados pétreos debido a una ordenanza municipal que prohibió seguir con esta empresa, poco tiempo después tuvo que deshabilitar una ramada panelera debido a que el municipio impuso un gravamen a la producción panelera, deshabilitando la ramada con el consiguiente cese de producción panelera.

El propietario busca dar un giro de negocio en cuanto a la producción de su finca, debido a que se establece también tasas impositivas a tierras improductivas; y entre sus probables opciones que le gustaría dedicarse pese a

tener pocas plantas de Coffea arábica para venderlo en su forma de tostado y molido, no posee maquinaria y le interesaría saber cuánto costaría procesar el café para ver si teóricamente le resultaría conveniente para invertir de manera segura.

En cuanto le fue consultado el nivel de tecnificación, este sugirió que le gustaría implementar máquinas sencillas, es decir baja tecnificación y que no representen generar costos altos en la producción, por ejemplo: secaderos estilo cama africana o secamiento solar. Y en cuanto a si quisiera en algún momento tecnificar por completo el proceso, sugirió que le gustaría que el mismo emprendimiento le permita adquirir las máquinas y equipos, al sugerirle que los equipos para despulpado y tueste son imprescindibles, señaló que le encantaría adquirirlos. En síntesis, el propietario quiere prioritariamente conocer si le resulta el costo de producción del café tostado y molido menor al precio de venta al público, para emprender, recalcando eso si la mínima inversión; finalmente habló de querer emprender en la industrialización de la miel de abeja a futuro.

Al no existir maquinaria, y mucho menos una plantación de Coffea arábica, que pueda proveer de materia prima para procesar algunos lotes de café tostado, y con ello obtener datos que ayuden a modelar de mejor manera el proceso, derivó en un modelamiento matemático de carácter teórico meramente predictivo.

2.3 Métodos de modelamiento a utilizar.

Al tratarse de un modelo meramente predictivo, de acuerdo a las características, se utilizó el modelamiento matemático polinómico lineal, ya que se trató de balances de materia, y desde luego costos que las operaciones unitarias implican, ya sea por horas hombre, horas máquina, de consumo de gas licuado de petróleo GLP.

Es necesario comprender que para el tema de balance de materia, materiales o balance de masa que entra al proceso y la que sale procesada con las respectivas pérdidas, se la representó bajo la forma de caja negra, que es una herramienta que considera el modelamiento matemático de carácter predictivo.

2.3.1 Modelamiento del balance de materiales, materia o masa

Se consideró necesario analizar las operaciones unitarias críticas, y dentro del proceso de balance de masa o de materia, existen seis operaciones en las cuales se produce pérdida de masa debido a humedad, pergamino y desperdicios de proceso, y estas operaciones a considerar hasta tener la masa del producto a envasar son:

Tabla 4.

Operaciones unitarias críticas del proceso de café tostado y molido

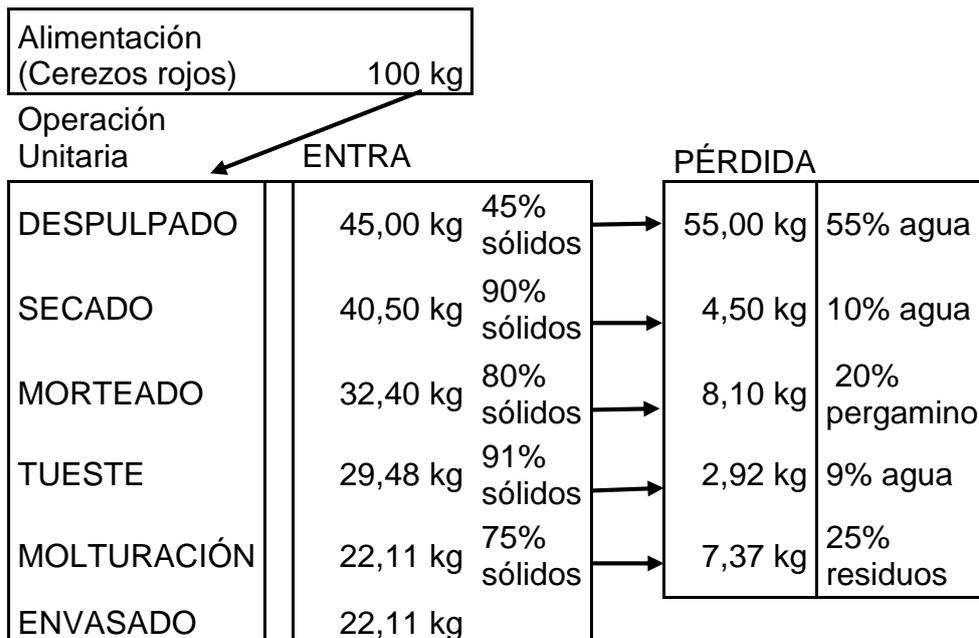
OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	ENTRADA: Cerezos del café
2	DESPULPADO: Pérdida de la masa de pulpa del café
3	SECADO: Pérdida de masa de humedad por secado de café
4	MORTEADO O TRILLADO: Pérdida masa de pergamino
5	TUESTE: Pérdida de la masa de humedad
6	SALIDA: Café tostado y molido

Elaboración: El autor

Por lo que se analizaron las pérdidas en función de los porcentajes de sus componentes, con base a una masa de alimentación a conveniencia de 100kg unidos a los factores de conversión que la Organización Internacional de Comercio (OIC) otorga al café en sus diferentes fases de procesamiento, quedando el balance de masa, materiales o materia de la siguiente manera:

Gráfica 5.

Balance de materia en procesamiento de café en caja negra



BENEFICIO	22,11%
PERDIDAS	77,89%

En el Balance: $E = S$

$$E = B + P$$

$$100\text{Kg} = 22,11\text{Kg} + 77,89\text{Kg}$$

$$100\text{kg} = 100\text{Kg}$$

De donde:

E ≡ Entrada o alimentación de café en cerezos

B ≡ Beneficio o materia prima que se volvió café tostado y molido

P ≡ Pérdida o masa eliminada a través de las operaciones unitarias efectuadas.

Tabla 5.

Fórmulas y simbología para cuantificar la masa de materia a proceso por operación unitaria

OPERACIÓN UNITARIA	FÓRMULA	SIMBOLOGÍA
DESPULPADO	$md = ma * sd$	md ≡ masa del despulpado ma ≡ masa de alimentación

		$sd \equiv$ sólidos del despulpado, (0,45)
		$ms \equiv$ masa del secado
SECADO	$ms = md * ss$	$md \equiv$ masa de despulpado
		$ss \equiv$ sólidos de secado, (0,90)
		$mm \equiv$ masa del marteado
MORTEADO	$mm = ms * sm$	$ms \equiv$ masa de secado
		$sm \equiv$ sólidos de marteado, (0,80)
		$mt \equiv$ masa del tueste
TUESTE	$mt = mm * st$	$mm \equiv$ masa de marteado
		$st \equiv$ sólidos de tueste, (0,91)
		$mm' \equiv$ masa de molturación
MOLTURACIÓN	$mm' = mt * sm'$	$mt \equiv$ masa de tueste
		$sm' \equiv$ sólidos de molturación, (0,75)
ENVASADO	$me = mm'$	

Elaboración: El autor

Quedando como fórmula de cuantificación de la masa de proceso:

$$B = md + ms + mm + mt + mm'$$

$$B = (ma * sd) + (md * ss) + (ms * ss) + (mm * st) + (mt * sm')$$

$$B = (ma * 0,45) + (md * 0,90) + (ms * 0,80) + (mm * 0,91) + (mt * 0,75)$$

De donde: $B \equiv$ Masa a procesar

En cuanto tiene que ver a las pérdidas a causa de las mismas operaciones unitarias, las fórmulas correspondientes serían:

Tabla 6.

Fórmulas y simbología para cuantificar la masa pérdida o eliminada por operación unitaria

OPERACIÓN	UNITARIA	FÓRMULA	SIMBOLOGÍA
DESPULPADO		$mpd = ma * fad$	$md \equiv$ masa perdida del despulpado $ma \equiv$ masa de alimentación $fa \equiv$ fracción acuosa despulpado, (0,55)
SECADO		$mps = md * fas$	$mps \equiv$ masa perdida por secado $md \equiv$ masa de despulpado $ss \equiv$ fracción acuosa de secado, (0,10)
MORTEADO		$mpm = ms * sem$	$mpm \equiv$ masa perdida del morteadado $ms \equiv$ masa de secado $sm \equiv$ sólidos eliminados de morteadado (pergamino, 0,20)
TUESTE		$mpt = mm * set$	$mpt \equiv$ masa perdida por tueste $mm \equiv$ masa de morteadado $st \equiv$ sólidos eliminados de tueste, (vapor H ₂ O; 0,09)
MOLTURACIÓN		$mpm' = mt * sdm'$	$mpm' \equiv$ masa perdida por molturación $mt \equiv$ masa de tueste $sm' \equiv$ sólidos de desperdicio de molturación, (0,25)

Elaboración: El autor

Quedando como fórmula de cuantificación de la masa de desecho (md) durante el proceso:

$$P = mpd + mps + mpm + mpt + mpm'$$

$$P = (ma * fad) + (md * fas) + (ms * sem) + (mm * set) + (mt * sdm)$$

$$P = (ma * 0,55) + (md * 0,10) + (ms * 0,20) + (mm * 0,09) + (mt * 0,25)$$

De donde: $P \equiv$ Pérdida o masa de desecho.

Al haberse realizado el análisis de balance de materiales o balance de masa con base a 100kg,

2.3.2 Modelamiento de los costos de Producción

Para el análisis de los costos de producción o precio de fabrica del café, se utilizó la tarifa por servicio eléctrico o costo de kW-h del CNEL que es de \$ 0,799 para el sector comercial.

En cuanto tiene que ver al costo por consumo de gas licuado de petróleo o GLP, se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones técnicas teóricas, pero bajo el régimen de normativa técnica nacional o internacional : el GLP que por norma técnica ecuatoriana NTE – INEN 2260:2010 entrega una potencia de un poder calorífico de 36 kW-h/m³, envasado en bombonas de gas doméstico con un peso neto de 15Kg aproximadamente a un precio a domicilio de \$ 3,00; el GLP suministrado se conecta a un quemador 40GS20 que entrega una potencia de 220 kW que por lo general traen incorporados las tostadoras del grano, y desde luego la tarifa por metro cúbico de agua a usarse dentro del proceso que corresponde a \$ 1,04, tarifa fijada por la municipalidad del cantón Loja jurisdicción a la cual pertenece la hacienda Daniela.

Otro aspecto a considerar el caudal consumido en el tiempo que dure el tratamiento térmico del tueste del café (190 °C por 18 minutos), y en relación con el coste, es necesario señalar que se consideraron las especificaciones técnicas, el quemador, además los datos de las variables potencia medida en kW y poder calorífico medido en kW-h/m³ estarán de conformidad con las normas técnicas ecuatorianas.

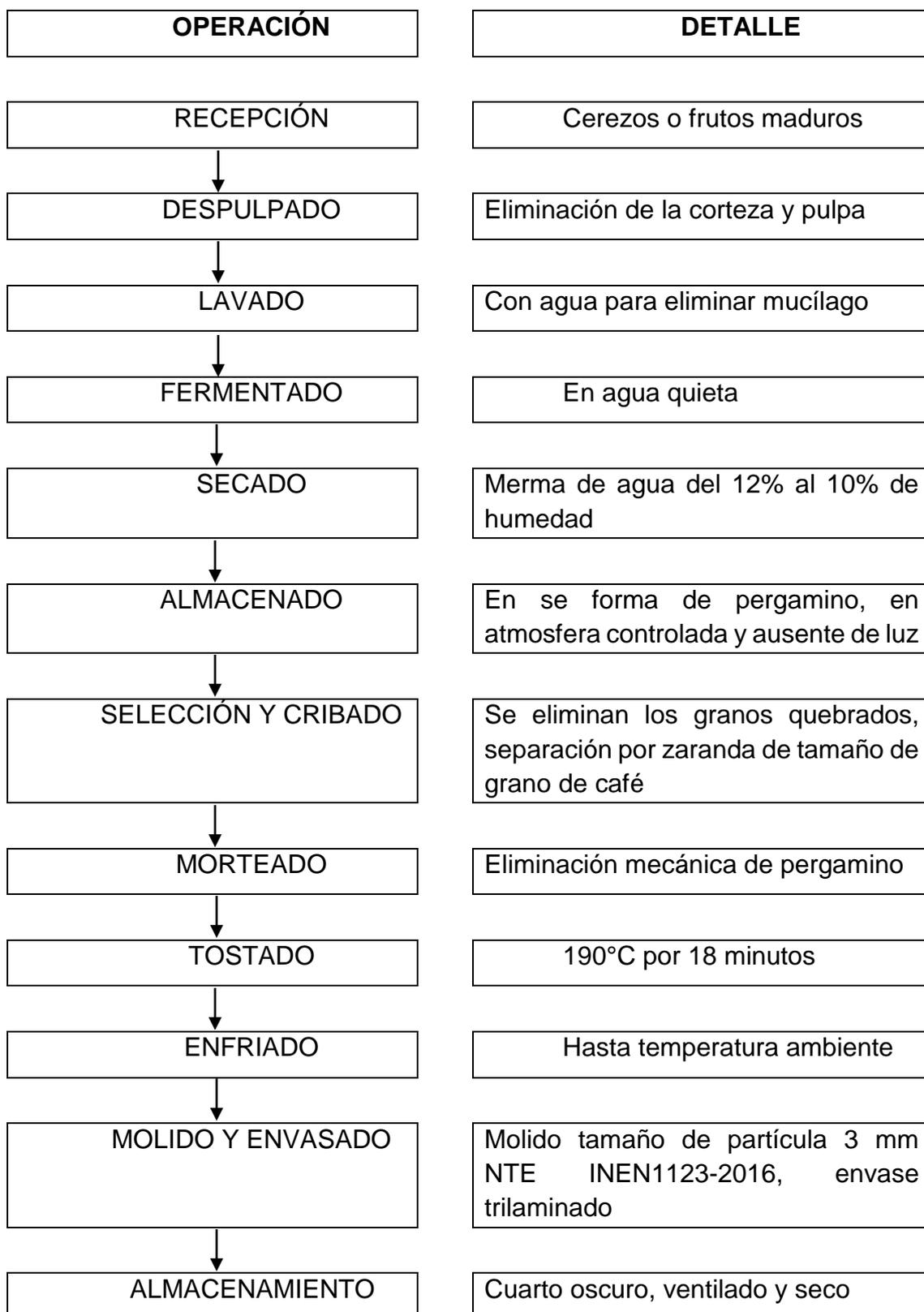
En el apartado el pago de horas por hombre trabajadas se aplicará el valor de la hora que fija el Ministerio del Trabajo y Relaciones Laborales del país que es de \$ 1,77 por hora ordinaria.

Una vez encontradas los valores de las variables que intervinieron dentro del análisis del modelamiento, con base al diagrama de proceso se realizó la valoración de cada una de ellas, partiendo del hecho de que la materia prima inicial fue de 100 Kg, con 22,11 Kg de café tostado y molido a envasar y 77,9 en

pérdidas por eliminación de masa que no entrarían al momento de realizar el modelamiento del cálculo de costo de producción.

Gráfica 6.

Diagrama de Proceso del Coffe arábica desde cerezos.



2.4 Variables

Al ser un proceso predictivo se procedió a la estimación de costos de producción, fue pertinente tener el conocimiento pleno de sus variables:

Tabla 7.

Identificación de variables por operación unitaria crítica

Proceso	Variable	Dependiente	Independiente	constante
Recepción	Costo	√		
	Tiempo		√	
	Energía		√	√
Despulpado	Costo	√		
	costo hora		√	√
	hora* hombre			
	Energía		√	
	Agua		√	√
Lavado	Costo	√		
	Tiempo		√	
	hora hombre		√	
	Agua		√	√
Fermentado	costo hora	√		
	Tiempo		√	
	Energía		√	
Secado	Costo hora			√
	Tiempo		√	
	Agua		√	√
Almacenado	Costo	√		
	Tiempo		√	
	hombres		√	
	Costo hora			√
Selección	Costo	√		
	Tiempo		√	
	hora hombre		√	√
	Energía (kWh)		√	√
	Costo	√		
Tueste	Tiempo		√	
	hora hombre		√	√
	Energía (kWh)		√	√
	Agua potable (\$ /m3			√

	GLP \$ /Kg		√	√
Enfriamiento	Costo	√		
	Tiempo		√	
	hora hombre		√	√
	Costo	√		
Molido y envasado	Tiempo		√	
	hora hombre		√	√
	Agua potable (\$ /m3			
	Energía (kWh)		√	√
	Costo	√		
Almacenaje	Tiempo		√	
	hora hombre		√	√
	Energía (kWh)		√	√

Elaboración: El autor

Una vez señaladas las condiciones de las tarifas por servicios básicos, conociendo el costo en dólares por ley de una hora de trabajo, además de conocer los aspectos técnicos de la potencia de consumo de los aparatos que intervienen dentro del proceso productivo, se los tabuló para iniciar el proceso de estimación de los costos de producción.

Tabla 8.

Potencia de aparatos del proceso

Aparato	Potencia aparato (kW)
DESPULPADOR	0,7457
MORTEADOR	1,492
TOSTADOR	1,5
MOLINO	1,865

Elaboración: El Autor

Tabla 9.

Valores de costos de servicios básicos, especificaciones técnicas de quemador industrial.

COSTOS Y TIEMPO DE SERVICIOS BÁSICOS	
1kW	1.000 kW
Agua m3	1
Costo del m3 de agua	\$ 1,04
días del mes	30
Costo kW-h	\$ 0,80
Costo hora hombre	\$ 1,77
Costo Kg GLP	\$ 0,20
Potencia kW	220,00
Poder calorífico (kW-h/m3)	36,00
masa cilindro Kg	15,00 kg

Elaboración: El autor

También se calculó el consumo en masa utilizado para procesar el beneficiado de 22,11 kg aplicando un tiempo de tratamiento térmico de 190 °C por 18 minutos, se aplicó la fórmula de caudal, la cual es la razón entre la potencia del quemador que fue de 200 kW, y del poder calorífico del gas licuado de petróleo

$$Q = \frac{P(kW)}{Pc \left(\frac{kWh}{m^3}\right)} = \frac{200 m^3}{36 h} = 6,11 \frac{m^3}{h}$$

$$\frac{6,11m^3}{VGLP (lote)} = \frac{60min}{18min} = 6,11$$

$$VGLP(lote) = \frac{6,11m^3 * 18min}{60min} = 1,83m^3$$

Pero como el caudal que fluye resultó en horas, se calculó la fracción en el tiempo correspondiente a su tratamiento térmico es decir a 18 minutos, quedando además los 6,11 m³ que tiene de caudal, debe llevarselos a kilogramos, para sacar la proporción en peso con los 15 Kg de la bombona, utilizando la fórmula de la densidad resultó:

$$m = V(m^3) * d\left(\frac{Kg}{m^3}\right) = 1,83m^3 * 2,17\frac{Kg}{m^3} = 3,97Kg \sim 4Kg$$

El valor obtenido significa: Que 1,83 m³ o su equivalente en kilogramos 4 kg se consumen en 18 minutos para tostar un lote base de 100 kg que tuvo un beneficio de 22,11 kg.

Apara obtener el costo por el consumo de gas licuado de petróleo GLP de 4kg por lote, establecimos la proporcional:

$$\frac{Kg. GLP bombona}{kg. GLP (lote)} = \frac{\$bombona}{\$ GLP(lote)}$$

$$\$GLP(lote) = \frac{\$bombona * (22,11 Kg. lote)}{Kg. bombona}$$

$$\$GLP = \frac{\$3 * 4Kg}{15Kg} = \$0,8$$

De donde:

Kg.GLP bombona ≡ masa del cilindro de gas GLP (15 kg)

kg.GLP (lote) ≡ Masa consumida de GLP por tratamiento térmico

\\$bombona ≡ Costo de la bombona de 15 Kg.

\\$ GLP (lote) ≡ Costo del GLP consumido por tueste de un lote.

Una vez obtenidos los costos de estas variables, se procedió a calcular los costos por Operación unitaria que se constituyeron en Costos o gastos indirectos, necesarios para establecer el beneficio monetario final.

Tabla 10.

Costos Indirectos por operación Unitaria

OPERACIÓN UNITARIA	Hombres n≥1	horas /OU	Horas efectivas	\$pago kW-h	(\$)	H₂O	(\$)	GLP	(\$) horas hombre	(\$) por OOUU
RECEPCIÓN	2	1	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,54	\$ 3,54	
DESPULPADO	2	3	6	\$ 1,79	1,04	\$ -	\$ -	\$ 10,62	\$ 13,45	
LAVADO	2	3	6	\$ -	1,04	\$ -	\$ -	\$ 10,62	\$ 11,66	
FERMENTADO	1	2	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,54	\$ 3,54	
SECADO	1	3	3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,31	\$ 5,31	
ALMACENAJE	2	1	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,54	\$ 3,54	
CRIBADO	2	2	4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,08	\$ 7,08	
MORTEADO	2	2	4	\$ 2,38	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,08	\$ 9,46	
TUESTE	2	1	2	\$ 1,20	1,04	1,83	\$ -	\$ 3,54	\$ 7,61	
ENFRIADO	1	2	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,54	\$ 3,54	
MOLIDO Y ENVASADO	2	2	4	\$ 2,98	1,04	\$ -	\$ -	\$ 7,08	\$ 11,10	
ALMACENAJE	2	1	2	\$ -		\$ -	\$ -	\$ 3,54	\$ 3,54	
				39	\$ 8,35	4,16	1,83	\$ 69,03	\$ 83,37	
								\$ 83,37		

Tabla 11.

Fórmulas de costos de operaciones unitarias

OPERACIÓN UNITARIA	ECUACIÓN
RECEPCIÓN	$CR = \#hOU * \#H * \$ht$
DESPULPADO	$CD = (\#hOU * \#H * \$ht) + (Pmáq * \#hOU * \$kW - h) + (\#m^3H_2O * \$m^3H_2O)$
LAVADO	$CL = (\#hOU * \#H * \$ht) + (\#m^3H_2O * \$m^3H_2O)$
FERMENTADO	$CF = \#hOU * \#H * \$ht$
SECADO	$CS = \#hOU * \#H * \$ht$
ALMACENADO	$CA = \#hOU * \#H * \$ht$
SELECCIÓN Y CRIBADO	$CC = (\#hOU * \#H * \$ht)$
MORTEADO	$CM = (\#hOU * \#H * \$ht) + (Pmáq * \#hOU * \$kW - h)$
TUESTE	$CT = (\#hOU * \#H * \$ht) + (Pmáq * \#hOU * \$kW - h) + (\#m^3H_2O * \$m^3H_2O) + (\$GLP - lote)$
ENFRIADO	$CE = \#hOU * \#H * \$ht$
MOLIDO Y ENVASADO	$CM' = (\#hOU * \#H * \$ht) + (\#m^3H_2O * \$m^3H_2O) + (Pmáq * \#hOU * \$kW - h)$
ALMACENAMIENTO	$CB = \#hOU * \#H * \$Ht$

Elaboración: El autor

De donde:

CR \equiv Costo de Recepción

CD \equiv Costo de Despulpado

CL \equiv Costo de Lavado

CF \equiv Costo de Fermentación

CS \equiv Costo de Secado

CA \equiv Costo de Almacenamiento

CC \equiv Costo de Selección y Cribado

CM \equiv Costo de Morteado

CT \equiv Costo de Tueste

CE \equiv Costo de enfriado

CM' \equiv Costo de molido

CB \equiv Costo de Almacenamiento

#hOU \equiv Horas de operación Unitaria (h)

#H \equiv Hombres (unidades)

\$ht \equiv Costo de hora de trabajo (\$)

Pmáq \equiv Potencia de maquina (kW-h)

\$kW-h \equiv Costo kilowatt por hora (h)

m³H₂O \equiv Metros cúbicos de agua (m³)

\$m³H₂O \equiv Costo del metro cúbico de agua (\$)

\$GLP-lote \equiv Costo de GLP por lote (\$)

Las fórmulas utilizadas en el proceso para designar la masa de pérdidas, así como la masa que permanece dentro del proceso de café tostado y molido por operación unitaria se describieron en la tabla anterior

Para conocer el costo indirecto de las horas efectivas a pagar, se multiplicaron las horas que requiere cada operación unitaria por el número de personas requeridas para realizar cada una de las operaciones, y a este producto nuevamente se lo multiplicó por el costo establecido de \$ 1,77 que vale cada hora laborada de conformidad con el Código de Trabajo.

$$hE = \sum_1^n (\#hOU * \#H) * \$h$$

De donde

hE ≡ Horas efectivas

n ≡ número de operaciones unitarias

Σ ≡ Sumatoria

#hOU ≡ número de horas por operación unitaria

#H ≡ Número de hombres por operación unitaria.

\$h ≡ Costo de hora laborada

Se hizo de similar manera con el costo indirecto que representó el consumo energético en kW-h de las máquinas que intervinieron en el proceso.

$$\$kW - h = \sum_1^n (Pmáq * \#hOU * \$kW - h)$$

\$kW-h ≡ Costo total de energía por operaciones unitarias del proceso

n ≡ número de operaciones unitarias

Σ ≡ Sumatoria

Pmáq ≡ Potencia de máquina

#hOU ≡ número de horas por operación unitaria

\$kW-h ≡ Costo unitario del kW-h

La cuantificación del uso de agua potable, se hizo considerando las operaciones en las cuales se necesita del líquido vital, como despulpado, lavado, tueste y molido, quedando:

$$\$H_2O = \sum_1^n (\#m^3 H_2O * \$m^3 H_2O)$$

\$ H₂O ≡ Costo total de energía por operaciones unitarias del proceso

n ≡ número de operaciones unitarias

Σ ≡ Sumatoria

\$ H₂O ≡ Costo unitario del kW-h

En cuanto tiene que ver al costo del gas licuado de Petróleo, de entrada se calculó el caudal que fue de 6,11 m³ /h, haciendo uso de las especificaciones de la potencia teórica del quemador y del poder calorífico, dato que sirvió de referencia para establecer el consumo en función del tiempo de una hora, determinar que el consumo fue de 1,83 m³ con su equivalente de 3,97 Kg tras multiplicarlo por su densidad que es de 2,17 kg/m³, alrededor de 4 Kg aproximadamente, al hacer la relación de con el costo de la bombona entera y su precio a domicilio de \$ 3, dio como resultado un costo de \$ 0,80.

$$Q = \frac{P(kW)}{Pc \left(\frac{kWh}{m^3}\right)} = \frac{200 m^3}{36 h} = 6,11 \frac{m^3}{h}$$

$$\frac{6,11m^3}{VGLP (lote)} = \frac{60min}{18min}$$

$$VGLP = \frac{6,11m^3 * 18min}{60min} = 1,83m^3$$

$$m = V(m^3) * d\left(\frac{Kg}{m^3}\right) = 1,83m^3 * 2,17 \frac{Kg}{m^3} = 3,97Kg \sim 4Kg$$

$$\$ GLP(lote) = \frac{\$bombona * (22,11 Kg. lote)}{Kg. bombona}$$

$$\$GLP = \frac{\$3 * 4Kg}{15Kg} = \$ 0,8$$

En cuanto al costo de producción de la unidad más difundida de comercialización en el país que es la libra, unidad de masa del Sistema Británico de Ingeniería, y tras hacer el balance de masa nos queda un beneficio teórico de

22,11 Kg que necesita ser transformado a libras y el factor de conversión es 2,2 lb.

$$22,11Kg * \frac{2,2lb}{1Kg} = 48,64lb$$

Sacamos el costo de producción de la libra de producto con la formula:

$$CP = CMP + CD + CI$$

De donde:

CP \equiv Costo de producción.

CMP \equiv Costo de la materia prima

CD \equiv Costos directos

Al haber costos indirectos atribuidos al empaque del café, se pudo obtener el precio de la unidad, de la siguiente manera

$$\text{\$envase} = \frac{\text{\$ millar}}{1000} = \frac{\text{\$ 643}}{1000} = \text{\$0,643 por envase}$$

$$CI = \#lb * \text{\$envase}$$

$$CI = 44 * 0,643 = 28,29$$

$$CP = \$ 27 + \$ 83,37 + \$28,29 = \$ 138,66$$

$$\text{\$lb café tostado y molido} = \frac{CP}{\#Lb} = \frac{\$ 138,66}{48,642Lb} = \$ 2,85 \text{ por libra}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la aplicación de la Encuesta Rural Rápida, se pudo observar que el propietario desea dar un giro de negocio debido a que por ordenanza ordenaron el cierre de su mina de agregados pétreos y su segundo rubro la producción de panela debido a la ordenanza de tasas impositivas desalentó la actividad.

Como resultado de la Encuesta Rural Rápida, el propietario no desea arriesgar del todo su inversión, y al no poseer los conocimientos y la técnica para saber si es rentable o no la inversión que podría llegar a hacer, preguntó sobre la posibilidad de saber el costo de producción de la libra de café tostado y molido.

La encuesta rural rápida se dio bajo la modalidad de entrevista, y en ella el hacendado manifestó que no quería mucha tecnificación, y al hacerle la observación de que si deseaba tecnificarla dijo que si, pero a futuro con lo que genere la actividad del café tostado y molido.

Al no poseer maquinaria, equipos y mucho menos materia prima para procesarla y tomar datos que permitan en función del comportamiento, nos

El balance de materia tomó por base 100 Kg con la finalidad de establecer la paridad entre los porcentajes de pérdida y ganancia con sus masas resultantes.

Al no tener datos preexistentes, y al no tener maquinaria para poder hacerlo experimental obteniendo datos, el modelamiento resulta de carácter teórico.

En virtud de ser un modelamiento de tipo teórico, para el cálculo los balances de masa se tomaron los factores de conversión que permiten calcular la cantidad de materia que precede o que sucede a una operación unitaria, y permitieron calcular las pérdidas de masa de café, estos factores de conversión datos fueron obtenidos a partir del tratamiento de datos de la OIC recolectados en diferentes lugares donde se produce café, y fueron considerados para el balance teórico de masa.

Las operaciones críticas que implican pérdida de más son: despulpado, secado, morteadado, tueste y molido con pérdidas porcentuales de 55 %, 10%, 20 %, 9 % y 25%, con la materia en forma de agua, pergaminos y desperdicio por operación de molido.

Los valores en kilogramos de masa por pérdidas corresponden a los mismos valores porcentaje, debido a que se tomó una masa inicial de cien kilogramos.

Efectuado el balance de masa o materia, el porcentaje de pérdidas es del 77,89 % mientras que la cantidad de masa que llegó a convertirse en café tostado y molido fue del 22,11%, si sumamos los kilogramos por masa en proceso y por pérdidas.

Al iniciar el proceso en análisis con el café en cerezos maduros, y al ser meramente teórico el modelamiento y análisis, necesariamente debería arrojar datos erróneos en cuanto al balance de masa.

La zona de la hacienda Daniela esta cruzada por el río Campanas, por lo que dispone de agua para el riego por si se dedicara a cultivar a futuro al cultivo de este arbusto

La única operación unitaria que registra consumo de gas licuado de petróleo GLP es la del tueste; el despulpado, el morteadado, tueste y molido, tienen consumos de energía eléctrica por el uso de máquinas; las operaciones unitarias de despulpado, lavado, tostado, y molido tienen requerimiento de agua, y todas las operaciones unitarias requirieron de pago de horas hombre.

Al ser un modelamiento de tipo predictivo y teórico, no es de extrañarse que resulten rendimientos de café demasiado bajos que se convertirán en café tostado y molido.

Lo más conveniente dentro del modelamiento matemático de análisis predictivo – teórico, es modelar los costos por operación unitaria para después realizar a sumatoria de los ítems de costo por energía eléctrica, costos de agua potable, gas licuado de petróleo y costos por manos de obra, y en conjunto obtener todos los costos directos, restando únicamente calcular los costos debidos al material de envasado del café.

En cuanto tiene que ver a los costos de producción o costos de fabricación del producto, este tuvo un coste por unidad con masa comercial de una libra de \$ 2,85, y como se hizo la proyección con base a Coffea arábica que es café fino de aroma y altura estricta, los precios de venta resultan ser bastante altos, por lo que en el portal web mercado libre, hay estos tipos de café que tienen un precio de venta al público de \$ 9,09, lo que representaría un negocio bastante rentable, a pesar de ser el estudio de carácter teórico predictivo

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones

La entrevista, como herramienta para la aplicación de la encuesta rural rápida es la mejor manera de abordar y requerir ampliación de la información, por lo que se sugiere su aplicación para estudios de campo

El estudio es de carácter teórico – predictivo, debido a la inexistencia de maquinaria, materia prima para procesar café y la dificultad de poder generar datos que faciliten un posible modelamiento matemático más preciso.

Al usar factores de corrección de la Organización Internacional de Comercio, no nos asegura que el balance de materia para cuantificar pérdidas y salida de producto procesado no tenga una alta distorsión en sus resultados.

Por el carácter de la investigación, las ecuaciones polinomiales simples fueron las más indicadas para el modelamiento matemático.

Si bien los factores de conversión de la organización internacional del comercio no representan la realidad del contenido bromatológico del café de la zona, estos arrojaron pérdidas mayores al tres cuartas partes de la materia prima, a simple vista alta.

Todas las operaciones unitarias requirieron de mano de obra, las que utilizan mecanización energía eléctrica y gas, y algunas adicionalmente a las señaladas agua, la operación que tuvo un mayor costo es la del despulpado, siendo responsable del alto costo el componente de mano de obra y a la energía eléctrica para aprovechar la potencia de la máquina.

El dueño de la hacienda debe implementar su emprendimiento, debido a los altos precios del Coffea arábica de estricta altura, debido a la alta cotización de su grano aun sin agregarle valor de industrialización.

Los costos de producción a pesar de ser teóricos dieron un precio a la libra de café, muy por debajo del precio de marcas reconocidas.

Al ser teórico – predictivo el estudio, y no estar establecida una empresa, no fue posible establecer otros costos indirectos adicionales de tipo administrativo, y aunque se le aumentaran otros costos, el precio seguiría siendo competitivo.

4.2 Recomendaciones.

Sería recomendable, de haber la decisión del dueño, asesorarlo en el dimensionamiento de la maquinaria para su compra, su implantación en el desarrollo de su esquema de lay - out.

De cristalizarse el emprendimiento para la producción del café tostado y molido, la academia con miras a tener una efectiva vinculación con la comunidad debería empoderarse para la realización de estudios con pertinencia.

Si la Universidad Estatal de Milagro realiza los estudios para proyectar la empresa de café, sería bueno incorporar el componente de innovación tecnológica, herramienta indispensable ante un eventual financiamiento de cooperación internacional.

Como parte de la formación práctica de los estudiantes universitarios y maestrantes, y por qué no, en su forma de extensionismo rural, sería bueno que de darse el proyecto hagan el acompañamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, K. (2018). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Andrade, K. (2018). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8594/1/03%20EIA%20467%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- anecafe*. (4 de enero de 2022). Obtenido de <https://www.anecafe.org.ec/precio-del-mercado-21/>
- ASTM D1835:2016, Standard specification for liquefied petroleum (LP) gases IS 4576:1999 (Confirmada 2009), Liquefied petroleum gases – Specification NTC 2303:2007, Gases licuados de petróleo (GLP)
- Berrueta, V., & Limón, F. (diciembre de 2004). *LEISA, revista agroecologica*. Obtenido de <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-20-numero-3>
- Besora, J. (2017). *Ingeniería sin Fronteras*. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-t%C3%A9cnico-secador-solar-de-caf%C3%A9.pdf>
- Cervantes, L. (2015). *Modelización Matemática, Principios y aplicaciones*. México: Universidad Autónoma de Puebla.
- Connor, N. (27 de septiembre de 2019). *Thermal Engineering*. Obtenido de <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-kilovatio-hora-unidad-kwh-unidad-de-energia-definicion/>
- COVENIN 904:1998, Productos derivados del petróleo. Gases licuados de petróleo (GLP)
- Dinh, T. (01 de febrero de 2018). *geniolandia.com*. Obtenido de <https://www.geniolandia.com/13182885/como-verificar-y-validar-un-modelo-matematico>
- earth.google.com*. (06 de 12 de 2021). Obtenido de <https://earth.google.com/web>
- Ekos*. (3 de Enero de 2022). Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/conozca-el-mayor-coste-de-metro-cubico-de-agua-apta-para-consumo-humano-por-provincia-ano-2020>

- ekosnegocios*. (30 de junio de 2021). Obtenido de primicias.ec/noticias/sociedad/cnel-protesta-guayaquil-tarifas-electricas/#:~:text=Finalmente%2C%20la%20tarifa%20de%20la,hasta%20130%20kWh%20al%20mes.
- El Comercio. (21 de diciembre de 2021). *elcomercio.com*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/cafe-ecuatoriano-precio-libra-subasta.html>
- Fernández, J. (07 de octubre de 2020). *Crónica*. Obtenido de <https://cronica.com.ec/2020/10/07/loja-produce-el-mejor-cafe-del-ecuador/>
- Flores, Z. (s.f.). *fcm.buap.mx*. Obtenido de https://www.fcm.buap.mx/jzacias/cursos/procesos/apuntes/apun3c_pe.pdf
- GICI. (2016). *slideplayer.es*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/7524637/>
- Grupos de investigación. (2013). *El modelamiento matemático en la formación del Ingeniero*. (L. Maldonado, Ed.) Bogotá: Universidad Central.
- INEN. (2010). *NTE 2260*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, Pichincha, Ecuador.
- INEN. (2016). *Café tostado en grano o molido, requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador.
- INEN. (2017). *NTE 675*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Infoagro. (s.f.). *infoagro*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe2.htm>
- López Mora, M. C. (2013). "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPORTACIÓN DE. *Tesis se Pregrado*. Universidad Internacional del Ecuador, Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/548/1/T-UIDE-0509.pdf>
- Martines, E., & Lira, L. (29 de 10 de 2010). *CENAM*. Obtenido de <https://www.cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>
- McCabe, W., Smith, J., & Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería Química* (séptima ed.). Mexico: McGraw - Hill.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. (7 de enero de 2020). Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/el-precio-del->

- gas-licuado-de-petroleo-glp-domestico-se-mantiene-en-usd-160-en-depositos-con-la-respectiva-facturacion-electronica/
- Moncada, L. (13 de octubre de 2020). *Ingeniería Química*. Obtenido de <http://ingenieriaquimica.tech/fundamentos-de-los-balances-de-materiales/#:~:text=Los%20balances%20de%20materiales%20son,las%20p%C3%A9rdidas%20de%20los%20materiales.>
- NGO/RTCA 75.01.21:2005, Productos de petróleo. Gases licuados de petróleo: propano comercial, butano comercial y sus mezclas. Especificaciones
- Nestle. (2019). Recuperado el 11 de 01 de 2021, de <https://www.nestle.com.ec/es/marcas/cafe/lahistoriadelfcafe>
- OIC. (febrero de 2011). *La Guía del café*. Obtenido de laguiadelcafe.org: <https://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/el-comercio-mundial-del-cafe/Conversiones-y-estadisticas/>
- Perfect Daily Grind. (23 de noviembre de 2016). *Perfect Daily Grind*. Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2016/11/23/como-construir-camas-africanas/>
- Plantas y Hongos. (s.f.). Recuperado el 3 de enero de 2022, de https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Coffea_arabica.htm
- Pretty, J. (2009). *Stepping Stones Feedback*. Obtenido de http://steppingstonesfeedback.org/wp-content/uploads/2016/10/Paso_a_Paso_MyE_1_Javier_genero_participacion_rural_2009.pdf
- Puerta, G. (02 de agosto de 2020). *cafégourmetensonacion*. Obtenido de <https://cafegourmetensonacion.com/cambios-en-la-composicion-quimica-del-grano-de-cafe-en-la-tostacion/>
- Roldán, P. (3 de enero de 2019). *Economipedia*. Obtenido de economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- Sabora. (06 de 2017). *cafesabora.com*. Obtenido de <https://cafesabora.com/es/%C2%BFc%C3%B3mo-es-el-proceso-del-tostado-artesanal-del-caf%C3%A9>
- Solá, A. (s.f.). *forumdelcafé.com*. Obtenido de http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f_07-tostado_y_molido.pdf

Tark, S. (18 de abril de 2019). *Perfect Daily Grind*. Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2019/04/18/como-almacenar-cafe-tostado-y-conservarlo-fresco-por-mas-tiempo/>

Tecnología INIAP. (2014). Recuperado el 3 de enero de 2022, de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea>

Thermal combustion. (2019). *Thermal combustion*. Obtenido de <https://www.thermalcombustion.com/quemadores-industriales-gs20/>

Vanegas, F. (31 de agosto de 2016). *Coffee media*. Recuperado el 4 de enero de 2022, de <https://www.yoamoelcafede colombia.com/2016/08/31/conoce-el-clima-optimo-para-un-cultivo-de-cafe/>

Villalobos, S. (2011 de agosto de 2011). *slide share*. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/villalobossantiago/modelos-matematicos-8998821>

Wikipedia. (29 de septiembre de 2021). *Wikipedia*. Recuperado el 4 de enero de 2022, de https://es.wikipedia.org/wiki/Coffea_arabica

yara. (2022). Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/cafe/produccion-global/>

ISO 9162:2013, Petroleum products — Fuels (class F) — Liquefied petroleum gases — Specifications

6. ANEXOS

Normas Técnicas del INEN



Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 675

Primera revisión
2017-08

**PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GAS LICUADO DE
PETRÓLEO (GLP). REQUISITOS**

PETROLEUM PRODUCTS. LIQUEFIED PETROLEUM (LP) GASES. REQUIREMENTS



PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el gas licuado de petróleo.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 111, *Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo "GLP". Requisitos e inspección*

NTE INEN 1533, *Prevención de incendios. Requisitos para el transporte de gas licuado de petróleo (GLP) en vehículos cisterna (tanqueros)*

NTE INEN 2266, *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos*

NTE INEN 2341, *Productos del petróleo. Productos relacionados con el petróleo y afines. Definiciones*

ASTM D1265, *Standard practice for sampling liquefied petroleum (LP) gases, manual method*

ASTM D1267, *Standard test method for gage vapor pressure of liquefied petroleum (LP) gases (LP-Gas method)*

ASTM D1657, *Standard test method for density or relative density of light hydrocarbons by pressure hydrometer*

ASTM D1837, *Standard test method for volatility of liquefied petroleum (LP) gases*

ASTM D1838, *Standard test method for copper strip corrosion by liquefied petroleum (LP) gases*

ASTM D2158, *Standard test method for residues in liquefied petroleum (LP) gases*

ASTM D2163, *Standard test method for determination of hydrocarbons in liquefied petroleum (LP) gases and propane/propene mixtures by gas chromatography*

NTE

ASTM D2598, *Standard practice for calculation of certain physical properties of liquefied petroleum(LP) gases from compositional analysis*

ASTM D2713, *Standard test method for dryness of propane (Valve freeze method)*

ASTM D6667, *Standard test method for determination of total volatile sulfur in gaseous hydrocarbons and liquefied petroleum gases by ultraviolet fluorescence*

ASTM D6897, *Standard test method for vapor pressure of liquefied petroleum gases (LPG)(Expansion Method)*

IP 272, *Determination of mercaptan sulfur and hydrogen sulfide content of liquefied petroleum gases (LPG) - Electrometric titration method*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los términos y definiciones contempladas en NTE INEN2341 y el que a continuación se detalla:

3.1 odorizante

Sustancia química utilizada para proporcionar olor al gas licuado de petróleo, ya que este producto es inodoro e incoloro y no es posible detectarlo por medio del olfato, uno de los odorizantes más comunes es el etil mercaptano.

4. CLASIFICACIÓN

El gas licuado de petróleo, de acuerdo con su volatilidad se clasifican en tres tipos:

- propano comercial (alta volatilidad);
- butano comercial (baja volatilidad);
- mezcla comercial propano – butano (volatilidad intermedia).

5. REQUISITOS

El gas licuado de petróleo no debe contener agua libre. La presencia o ausencia de agua se debe determinar mediante inspección visual.

El gas licuado de petróleo debe contener odorizantes que permitan detectar por medio del olfato la presencia de este.

El gas licuado de petróleo, ya sea propano comercial, mezcla propano-butano o butano comercial, debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos para el gas
licuado de petróleo**

Requisito	Unidad	Propano comercial	Butano comercial	Mezcla comercial propano – butano	Método de ensayo
Densidad relativa a 15,6 °C/15,6 °C	---	Informar	Informar	Informar	ASTM D1657 ASTM D2598
Sulfuro de hidrógeno	---	Negativo	Negativo	Negativo	ASTM D2163 IP 272
Presión de vapor a 37,8 °C, máx.	kPa	1 434	483	Informar ^a	ASTM D1267 ASTM D6897 ASTM D2598
Contenido de azufre ^b , máx.	mg/kg	185	185	185	ASTM D6667 IP 272
Mancha de aceite observada	---	Negativo	Negativo	Negativo	ASTM D2158
Residuo por evaporación de 100 mL, máx.	mL	0,05	0,05	0,05	ASTM D2158

Requisito	Unidad	Propano comercial	Butano comercial	Mezcla comercial propano – butano	Método de ensayo
Temperatura de evaporación del 95 % del residuo volátil, máx.	°C	-38,3	2,2	2,2	ASTM D1837
Butano (C ₄) y pesados, máx.	% ^c	2,5	---	---	ASTM D2163
Pentano (C ₅) y pesados, máx.	% ^c	---	2,0	2,0	ASTM D2163
Corrosión a la lámina de cobre	---	No. 1	No. 1	No. 1	ASTM D1838
Contenido de humedad	---	Negativo	---	---	ASTM D2713
<p>^a La presión de vapor no debe exceder de 1 430 kPa, tampoco debe exceder el valor calculado entre la presión de vapor observada y la densidad relativa observada mediante la siguiente relación: $\text{Presión de vapor} = 1\,167 - 1\,880 \times (\text{densidad relativa a } 15,6\text{ °C}/15,6\text{ °C})$.</p> <p>^b El contenido de azufre incluye los compuestos de azufre del odorizante adicionado en el gas licuado de petróleo.</p> <p>^c % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.</p>					

6. MUESTREO

El muestreo del gas licuado de petróleo se debe realizar de acuerdo con lo establecido en ASTM D1265.

7. ENVASADO

El gas licuado de petróleo debe transportarse, almacenarse y envasarse de acuerdo con lo establecido en NTE INEN 111, NTE INEN 1533 y NTE INEN 2266.

8. ROTULADO

El etiquetado y rotulado de peligro será aplicable en contenedores que superen los 45 kg decapacidad, de acuerdo con los requisitos establecidos en NTE INEN 2266.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 675 Primera revisión	TÍTULO: PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP). REQUISITOS	Código ICS: 75.160.30
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 1982-03-18 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 305 de 1982-04-20 publicado en el Registro Oficial No. 242 de 1982-05-13 Fecha de iniciación del estudio: 2016-05-05	
Fechas de consulta pública: 2016-08-15 a 2016-10-13		
Comité Técnico de Normalización: Petróleo y productos derivados de petróleo		
Fecha de iniciación: 2017-01-26		Fecha de aprobación: 2017-02-23
Integrantes del Comité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Ing. Jorge Medina (Presidente)	UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA	
Ing. Elizabeth Garzón	EP PETROECUADOR	
Ing. Milton Aulestia	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO	
Ing. José Chile	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO	
Ing. José Caicedo	COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS Y AMBIENTALES DE PICHINCHA	
Ing. Ximena Benavides	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO	
Ing. Edmundo Brown	CONSULTOR EXTERNO	
Tlga. Carolina Peñaherrera	EP PETROECUADOR	
Ing. Andrés Ribadeneira	DURAGAS	
Ing. Marcos Intriago	EP PETROECUADOR	
Dr. Certorio Cárdenas	EP PETROECUADOR	
Ing. Viviana Subía	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO	
Ing. Rafael Armendariz	EP PETROECUADOR	
Ing. Luis Robalino	EP PETROECUADOR	
Ing. David Allauca	DURAGAS	
Ing. Rudy Soria	DURAGAS	
Dr. Edgar Campoverde	EP PETROECUADOR	
Ing. Gabriela Mora (Secretaria Técnica)	INEN - DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN	
Otros trámites: Esta NTE INEN 675:2017 (Primera revisión) reemplaza a la NTE INEN 675:1982		

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 53 de 2017-08-08

Por Resolución No. 17349 de 2017-06-21



Quito - Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 2260

Tercera revisión

2015-XX

**INSTALACIONES DE GASES
COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, COMERCIAL E**

INSTALLATION OF COMBUSTIBLE GAS FOR RESIDENCIAL, COMERCIAL AN
INDUSTRIAL USE.SPECIFICATIONS

Correspondencia:

DESCRIPTORES: Sistemas de fluidos y componentes para uso general, componentes de tuberías y tuberías para productos del petróleo y gas natural, sistemas de distribución

0

I
CS:
23.040
7
5.200