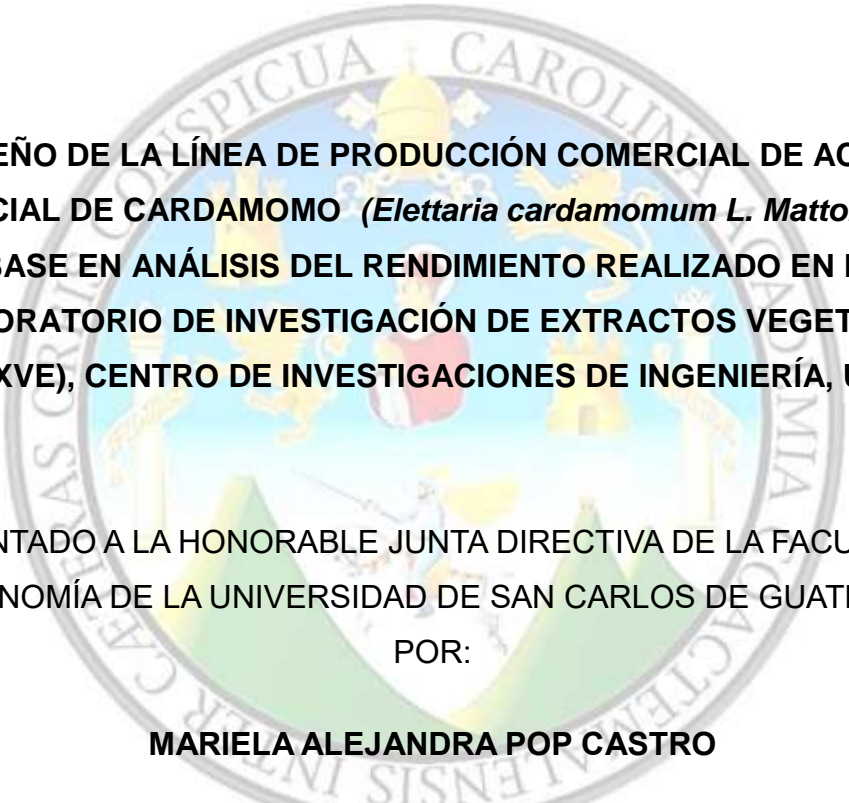


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



**DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE
ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton), CON
BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES
(LIEXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR:

MARIELA ALEJANDRA POP CASTRO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR:

Ing. Msc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Eberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. en Electrónica Carlos Waldemar De León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Cont. Neydi Yasmine Jucaracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, JULIO DE 2018

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton), CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES (LIEXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela Mecánica Industrial, con fecha de marzo de 2017.



Mariela Alejandra Pop Castro



Guatemala, 15 de febrero de 2018.
REF. EPS. DOC. 173.02.18

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, Usac

Estimada Inga. Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Mariela Alejandra Pop Castro**, Carné No, **201045050** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (ELEFTARIA CARDAMOMUM L. MATTON), CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE, CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA, USAC.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZdS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 15 de febrero de 2018.
REF.EPS.D.59.02.18

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Urquizú Rodas:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (Elettaria CARDAMOMUM L. MATTON), CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE, CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA, USAC"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Mariela Alejandra Pop Castro** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS.

SJRS/ra



Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.016.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO** (*Elettaria cardamomum* L. Matton) **CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE, CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Mariela Alejandra Pop Castro**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2018.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA




FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EML052.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (Elettaria cardamomum L. Matton), CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES (LIEXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por la estudiante universitaria **Mariela Alejandra Pop Castro,** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

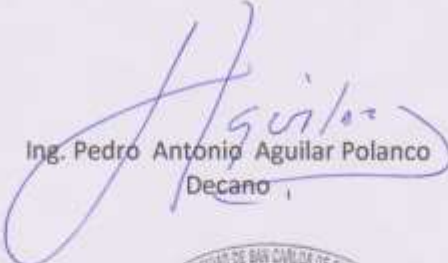


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 153.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum* L. Matton)** CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES (LIXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC, presentado por la estudiante universitaria: **Mariela Alejandra Pop Castro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2018

/gdech





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Reconocida Internacionalmente



No. 26-2018

Trabajo de Graduación:	"DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (<i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton), CON BASE EN ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE, CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC"
Estudiante:	Mariela Alejandra Pop Castro
Carné:	201045050

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Al creador de todas las cosas, su inspiración me dio vida y guardó siempre mi salida y entrada. Gracias por esta meta que hoy alcanzo.

Iglesia de Dios

Por ser columna y apoyo de la verdad que me ha visto crecer en sabiduría y en edad.

Mis padres

Edyn Pop y Blanca Castro. Por tener siempre su apoyo, consejos y amor incondicional. Gracias a sus esfuerzos, conseguimos este triunfo.

Mis hermanos

Bianca y Luis Pop Castro, por su cariño y por demostrarme que con dedicación se pueden lograr las metas.

Mi familia

Mis abuelos, tías, tíos y primos, por contar siempre con su apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi casa de estudios, lugar donde se forjaron mis conocimientos.
Facultad de Ingeniería y Agronomía	Por brindarme los maestros y las herramientas necesarias para lograr esta meta.
Ing. Mario Mérida e Inga. Telma Cano	Por su apoyo, compromiso y asesoría en el proceso de este estudio.
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña	Por su apoyo constante en la asesoría de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE	1
1.1. Descripción del LIEXVE.....	1
1.2. Visión.....	5
1.3. Misión	6
1.4. Estructura organizacional	7
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (<i>ELETTARIA CARDAMOMUM L. MATTON</i>).....	11
2.1. Diagnóstico.....	11
2.1.1. Análisis FODA	11
2.2. Situación actual del LIEXVE con relación al aceite esencial de cardamomo.....	18
2.3. Análisis de mercado	19

2.3.1.	Producción del cardamomo (<i>Elettaria cardamomum</i> L. Matton)	19
2.3.2.	Industrias con maquinaria necesaria para la extracción de aceite esencial de cardamomo en Guatemala.....	22
2.3.3.	Oferta	24
2.3.4.	Demanda.....	27
2.3.5.	Precio	28
2.4.	Diseño de la línea de producción de aceite esencial de cardamomo	29
2.4.1.	Descripción del proceso	30
2.4.2.	Diseño de las instalaciones.....	53
2.4.2.1.	Localización óptima del proyecto	53
2.4.2.2.	Tipo de edificio	55
2.4.2.3.	Techo	56
2.4.2.4.	Pisos	68
2.4.2.5.	Paredes.....	68
2.4.2.6.	Ventanas	72
2.4.3.	Maquinaria y equipo	76
2.4.4.	Distribución en planta.....	83
2.4.5.	Personal	89
2.4.6.	Buenas prácticas de manufactura	98
2.4.6.1.	Edificio.....	99
2.4.6.2.	Equipo y utensilios	104
2.4.6.3.	Personal	107
2.4.6.4.	Control de procesos y producción.....	110
2.4.6.5.	Almacenamiento.....	120
2.4.7.	Seguridad y salud ocupacional.....	121

2.4.7.1.	Señalización industrial	121
2.4.7.2.	Evacuación de las instalaciones	126
2.4.8.	Análisis de costos para inicio de operaciones	133
2.4.8.1.	Inversión física.....	133
2.4.8.2.	Producción.....	133
2.4.8.2.1.	Materia prima.....	134
2.4.8.2.2.	Empaque y embalaje..	134
2.4.8.2.3.	Mano de obra	135
2.4.8.2.4.	Agua potable	135
2.4.8.2.5.	Combustible.....	136
2.4.8.2.6.	Equipo de protección y limpieza	136
2.4.8.2.7.	Cristalería y equipo.....	138
2.4.8.2.8.	Energía eléctrica.....	139
2.4.8.2.9.	Costos totales de producción.....	140
2.4.9.	Costos de administración	140
2.4.10.	Costos totales de operación	141
2.4.11.	Determinación y análisis de indicadores financieros	142
2.4.11.1.	Costo unitario.....	142
2.4.11.2.	Precio de venta.....	143
2.4.11.3.	Beneficio total	143
2.4.11.4.	Rentabilidad.....	144
2.4.11.5.	Punto de equilibrio	144
2.4.11.6.	Margen de contribución	145
2.4.11.7.	Margen de seguridad.....	146

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES.....	147
3.1.	Situación actual del laboratorio de investigación de extractos vegetales (LIEXVE) sobre acciones que producen impacto ambiental negativo.....	147
3.2.	Plan de buenas prácticas ambientales.....	153
3.3.	Costos del plan	158
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	159
4.1.	Diagnóstico de las necesidades de capacitación	159
4.2.	Plan de capacitación	161
4.3.	Resultados de la capacitación.....	168
4.4.	Costos de la capacitación.	174
	CONCLUSIONES.....	175
	RECOMENDACIONES	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	181
	ANEXOS.....	185

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).	8
2.	Organigrama LIEXVE.....	9
3.	Diagrama de causa y efecto del desarrollo de la línea de producción.....	17
4.	Exportaciones de cardamomo que realiza Guatemala por países destino. Año 2015	25
5.	Exportaciones totales de Guatemala: Aceites Esenciales y Resinoides, período 2012-2016	26
6.	Importaciones totales de Guatemala: Aceites Esenciales y Resinoides, período 2012-2016	28
7.	Destilación por arrastre de vapor	31
8.	Certificado de control de calidad de materia prima.	34
9.	Envase propuesto	36
10.	Cajas de cartón	37
11.	Certificado de Control de Calidad de producto terminado.....	37
12.	Neoclavenger	39
13.	Fotografías del proceso de extracción con equipo de Neoclavenger... ..	41
14.	Tipos de molinos	42
15.	Diagrama de operaciones del proceso de extracción de aceite esencial.....	47
16.	Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite esencial.....	48

17.	Cursograma analítico de extracción de aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y cascarilla	50
18.	Diagrama de recorrido de proceso de extracción de aceite esencial de cardamomo	51
19.	Fotografías del proceso de extracción a escala planta piloto por arrastre de vapor.....	52
20.	Detalles del techo	57
21.	Diagrama del techo saliente.	58
22.	Diagrama trigonométrico del techo.	58
23.	Vista aérea del plano de techos.....	60
24.	Plano de fuerza.....	62
25.	Relaciones de cavidad zonal	64
26.	Distribución de luminarias.....	67
27.	Planta de cimientos propuesto.....	69
28.	Zapatas de cimientos.....	70
29.	Columnas y solera de cimientos.	71
30.	Corte típico de cimiento corrido	72
31.	Vistas de la planta extractora de aceite esencial.	74
32.	Matriz de <i>Layout</i>	85
33.	Plano distribución en planta.....	87
34.	Plano acotado de planta extractora de aceite esencial.....	88
35.	Organigrama propuesto	90
36.	Formato de reporte de trabajo	111
37.	Formato de orden de producción.....	111
38.	Formato de control de materia prima	112
39.	Formato de identificación de áreas.....	122
40.	Distribución de extintores.....	129

41.	Formato de inspección de extintores.....	130
42.	Rutas de evacuación.....	132
43.	Facetas de un impacto ambiental.	148
44.	Árbol de problema	151
45.	Árbol de objetivos.....	152
46.	Diagrama causa y efecto.....	161
47.	Cronograma de capacitaciones.....	168
48.	Formato de asistencia	171
49.	Informe de capacitación	172
50.	Fotografías de las capacitaciones.....	173

TABLAS

I.	Fotografías del equipo.....	3
II.	FODA del laboratorio.....	14
III.	Matriz FODA.....	15
IV.	Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad.....	18
V.	Empresas dedicadas a la extracción de aceite esencial en Guatemala.....	23
VI.	Valor (FOB), volumen y precio medio de exportación de cardamomo. Miles de US dólares y miles de kilos.	24
VII.	Exportaciones de Guatemala de aceites esenciales.	26
VIII.	Empresas que extraen aceite esencial de cardamomo.	26
IX.	Importaciones de Guatemala de aceites esenciales. Miles de US dólares	28

X.	Composición química del aceite esencial de cascarilla para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida GC-MS.....	30
XI.	Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad.....	40
XII.	Rendimiento porcentual del aceite esencial de cascarilla	40
XIII.	Rendimiento porcentual de aceite esencial de cardamomo. Prueba Molienda	42
XIV.	Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y cascarilla.....	43
XV.	Control de calidad materia prima	43
XVI.	Control de calidad producto terminado.	44
XVII.	Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de primera y segunda calidad.....	45
XVIII.	Tabla de localización por el método cualitativo por puntos.....	54
XIX.	Porcentaje de reflectancia de la planta extractora.	63
XX.	Coeficientes de utilización a interpolar.....	65
XXI.	Maquinaria y equipo propuesto	77
XXII.	Criterios a utilizar para método de Layout.....	85
XXIII.	Perfil del puesto de gerente general.	91
XXIV.	Perfil del puesto de jefe de producción	92
XXV.	Perfil del puesto de encargado de control de calidad	93
XXVI.	Perfil del puesto de encargado de ventas	94
XXVII.	Perfil del puesto de encargado de limpieza	95
XXVIII.	Perfil del puesto de encargado de bodega y producto terminado	96
XXIX.	Perfil del puesto de operario	97
XXX.	POES, lavatrastos y lavamanos.....	101
XXXI.	POES, pediluvio.....	102

XXXII.	Paredes, pisos, techo, puertas y ventanas.....	103
XXXIII.	POES. Equipo, cristalería y mesas	105
XXXIV.	POES Lavado de manos	109
XXXV.	Lista de Verificación	113
XXXVI.	Señalización en piso.	123
XXXVII.	Colores de identificación de tuberías	123
XXXVIII.	Señales a instalar en la planta	124
XXXIX.	Inversión física	133
XL.	Costo materia prima	134
XLI.	Empaque y embalaje.....	134
XLII.	Costo de mano de obra.....	135
XLIII.	Costo de agua potable	136
XLIV.	Costo de combustible.....	136
XLV.	Costo de equipo de protección y limpieza.....	137
XLVI.	Costo de cristalería y equipo	138
XLVII.	Costo de la energía eléctrica.....	140
XLVIII.	Resumen costos de producción	140
XLIX.	Costos administrativos	141
L.	Costos totales de operación.....	141
LI.	Costos anuales que provocan las actividades de impacto ambiental negativo.....	152
LII.	Problemas ambientales a solucionar.....	155
LIII.	Plan de prácticas ambientales.....	156
LIV.	Presupuesto de plan buenas prácticas ambientales.	158
LV.	Costo del plan de capacitaciones.....	174

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
€	Euros
g	Gramos
hP	Caballo de vapor
kg	Kilogramo
km	Kilometro
kw	Kilovatio
lb	Libra
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
oz	Onza
Psi	Libras por pulgada cuadrada
Q	Quetzal
\$	Dólar
“	Pulgada

GLOSARIO

Canales oleíferos	Células con contenido oleoso.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
CONCYT	Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Decantación	Técnica que permite separar un sólido mezclado heterogéneamente con un líquido en el que es insoluble o bien dos líquidos inmiscibles.
Densidad aparente	Relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros.
DIGI	Dirección General de Investigación.
Fenológico	Ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos.
GC-MS	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas.

Hidrolato	Agua resultante del proceso de destilación por vapor del aceite esencial de una planta.
Líquidos Inmiscibles	Son líquidos de naturaleza orgánica y que tras un periodo de reposo del agua residual, flotan en el agua o decantan.
Neoclanvenger	Equipo de extracción de aceite esencial por hidrodestilación.
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano.
SINCYT	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.
Terpenos	Hidrocarburos complejos de forma general C_nH_{2n-4} , de la serie del isopreno.
Viscosidad	Resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras.

RESUMEN

Guatemala es un país rico en recursos naturales y potencialidades comerciales, uno de los productos más importantes del país por tener el prestigio de ser el mayor exportador a nivel mundial y representar altas divisas, es el cardamomo.

De un diagnóstico inicial se logró identificar que la necesidad tecnificada era la evaluación del rendimiento extractivo del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y de la cascarilla, proveniente de Alta Verapaz, para poder realizar una propuesta de diseño de una empresa que se dedicara a realizar este extracto y así ofrecer a organizaciones comunitarias, pequeñas y medianas empresas agroindustriales guatemaltecas, una alternativa de industrialización de los residuos del proceso de clasificación y selección de cardamomo.

A escala laboratorio se procesó el cardamomo para establecer el rendimiento, el tipo de molienda más eficiente y el tiempo de extracción. El tiempo óptimo para tener un mayor rendimiento es 240 minutos, dando 0,872 % para el cardamomo de tercera calidad y cascarilla. 0,0442 %. A escala planta piloto se realizó extracciones por medio del método de arrastre de vapor, obteniendo un rendimiento de 3,84 % de aceite esencial de tercera calidad con una densidad de 0,929 g/ml y pH de 4,47, en el caso de la cascarilla fue de 0,71 % de cascarilla con densidad de 0,914 y 0,279 de pH.

Con los datos anteriores se presenta una propuesta de diseño de una línea de producción de aceite esencial de cardamomo con capacidad de procesar 240 kg de materia prima, realizando 4 extracciones diarias. Se

muestra el diseño de las instalaciones que incluye el techo, instalación eléctrica, pisos, paredes, ventanas cada uno con sus dimensiones, especificaciones y planos para al final obtener el plano de la distribución de las áreas explicando detalladamente la función de cada una.

De acuerdo a la parte experimental realizada se enlista el equipo, la cristalería y la maquinaria para la puesta en marcha de la línea y se determina el personal necesario para operarlas, presentando los perfiles de cada puesto donde se indica su propósito, sus funciones y las características personales que se desean. Para garantizar la calidad e inocuidad del producto se exponen las buenas prácticas de manufactura, los programas de limpieza y desinfección, las prácticas higiénicas del personal que deberán incluir en las actividades diarias dentro de la planta, así como para resguardar la seguridad y salud ocupacional del personal para ello se indican las señalizaciones industriales necesarias y los procesos de evacuación de las instalaciones por distintas emergencias.

También se incluye un análisis de costos y de indicadores financieros, en el que se determinó que el costo total de operación anual asciende a Q2 740 125,90 que incluyen los costos de producción y de administración, el costo unitario es Q228,34, el precio de venta de Q327, el punto de equilibrio 6,425 unidades, la ganancia es de Q1 183 874.1 con una rentabilidad de 43.20%, un margen de seguridad de 46,45 % y un margen de contribución de Q2 547 952,24

Se incluye una propuesta de plan de buenas prácticas ambientales del LIEXVE para minimizar los impactos negativos que provocan algunas de sus actividades y los costos que estos representan. También se realizó un

diagnóstico de las necesidades de capacitación, se propone capacitaciones necesarias a impartir, los resultados y los costos.

OBJETIVOS

General

Diseñar la línea de producción del aprovechamiento integral de cardamomo de tercera calidad y cascarilla (*Elettaria cardamomum L. Matton*) para producción de aceite esencial, con el fin de darle un valor agregado y propiciar la creación de empresas productoras de extractos.

Específicos

1. Analizar el mercado de la extracción de aceite esencial obtenido del cardamomo en cuanto a producción, oferta, demanda y precio.
2. Establecer el proceso de extracción de aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y cascarilla incluyendo equipo, maquinaria, materia prima y descripción de puestos de trabajo.
3. Diseñar las instalaciones, rutas de evacuación y señalización industrial para la producción de aceite esencial de cardamomo.
4. Establecer las buenas prácticas de manufactura y los programas de limpieza y desinfección de la planta.
5. Establecer los costos de producción, administración y de ventas.

6. Diseñar un plan de prácticas ambientales en el LIEXVE aplicando principios de producción más limpia.
7. Diseñar un plan de capacitación al personal según las necesidades del LIEXVE.

INTRODUCCIÓN

El LIEXVE, perteneciente al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), realiza proyectos de investigación científica por medio de la Dirección General de Investigación (DIGI), USAC y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT).

En este trabajo de graduación desarrollado a través del EPS, se describe en el capítulo 1 las generalidades del laboratorio de extractos vegetales LIEXVE incluyendo la visión, misión y su estructura organizacional.

En el capítulo 2, el estudio sobre el aprovechamiento del cardamomo de tercera calidad y la cascarilla, el cual se considera un desecho agrícola y es comercializado muy poco, esto por medio de la extracción de aceite esencial. Para ello se realizaron pruebas de rendimiento a escala laboratorio y planta piloto en el LIEXVE y se propuso el diseño de la línea de producción indicando la descripción del proceso, la maquinaria y equipo, el diseño de las instalaciones, el perfil del personal necesario, la redacción de las normas de buenas prácticas de manufactura, la implementación de señalización industrial, rutas de evacuación hasta establecer los costos necesarios para inicio de operaciones y el análisis de indicadores financieros. Esto con el fin de ofrecer a

las organizaciones comunitarias, pequeñas y medianas empresas agroindustriales guatemaltecas, una alternativa de industrialización para explotar al máximo este recurso.

En el capítulo 3, presenta el plan de buenas prácticas ambientales del LIEXVE que incluye el diagnóstico sobre la situación actual de acciones que producen impacto ambiental negativo en las instalaciones y se proponen medidas de mitigación. En el último capítulo, muestra el diagnóstico sobre las necesidades de capacitación del LIEXVE y el plan de capacitación indicando los recursos, el método, el responsable y la frecuencia.

1. GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE EXTRACTOS VEGETALES, LIEXVE

1.1. Descripción del LIEXVE

El Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) pertenece al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) presta servicios a entidades gubernamentales y no gubernamentales, entidades públicas y privadas y al público en general que buscan solucionar problemas en el proceso de elaboración de productos relacionados con aceites esenciales, oleorresinas, colorantes naturales, taninos, aceites fijos, extractos fluidos, blandos, secos, absolutos y tinturas.

El LIEXVE pertenece al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que fue fundado por acuerdo del Consejo Superior Universitario según el punto noveno del acta número ochocientos cuarenta y dos (842) de sesión celebrada el 27 de julio de 1963, en el que se integran laboratorios como el de extracciones vegetales, operaciones unitarias, química, mecánica de fluidos e hidráulica, suelos, etc.

En 1997 se adhirió al CII la Planta Piloto de Extracción y Destilación, cuyo funcionamiento como apoyo, tanto a la investigación como a la prestación de servicios, se inició en la década de los 90.

Específicamente en el 2009 se crea el Laboratorio de Investigación en Extractos Vegetales (LIEXVE), antes Planta Piloto de Extracción-Destilación, como parte de la Sección de Química Industrial. También se crea la Planta Piloto de Extracción de Biodiesel en dicho laboratorio en agosto de 2009.

En el LIEXVE se realiza investigación científica, docencia directa a través de cursos teórico-prácticos, servicio a la industria de alimentos, cosméticos, industria de extractos y se realizan actividades de extensión a pequeñas empresas y asociaciones de comunidades en el interior de la república, en la temática de obtención y aplicación del extracto.

En relación a la ejecución de proyectos de investigación científica el LIEXVE por medio de la Dirección General de Investigación (DIGI), USAC y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) con el propósito de ayudar a las industrias en su proceso productivo se realiza proyectos orientados a la extracción de oleorresinas, aceites esenciales, taninos, colorantes, etc. utilizando materias primas como laurel, eucalipto, ajo, orégano, tomillo, manzanilla, pericón, chile, pimienta negra, cúrcuma, laurel, cardamomo y clavo de olor.





El LIEXVE se encuentra en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con dos áreas para la ejecución de proyectos de investigación, en la primera se realizan todas las pruebas a escala laboratorio en donde se tiene equipo como neoclavenger que es utilizado para extracción de aceite esencial por el método de hidrodestilación, rotaevaporadores que utilizar para separar un líquido de un solvente mediante un sistema de vacío, sistemas soxhlet para la extracción de oleorresina y una campana de gases.

La otra área es destinada para pruebas a escala planta piloto, cuenta con caldera, equipo para extracción de biodiesel, marmitas con agitación, el equipo para extracción de aceite que consta de la destiladora, condensador y vaso

florentino, el sistema de recirculación del agua, báscula de piso y un secador eléctrico de flujo transversal.

En la Tabla I se presenta las fotografías del equipo que cuenta el LIEXVE con sus especificaciones.

Tabla I. **Fotografías del equipo**

Equipo	Especificaciones	
Neoclavenger	Equipo para extracción de aceite esencial utilizando el método de arrastre con vapor	
Rotaevaporadores	Marcha "BUCHI"	
Sistema soxhlet	De vidrio, equipo extractor de 500 ml	
Campana de gases	Modelo APV-665: Dimensiones interiores: 50" de largo x 26" de ancho x 52" de alto. Camará interior de fibra de vidrio de alta resistencia a la corrosión. Base de campana de fibra de vidrio.	

Continuación Tabla I.

<p>Caldera</p>	<p>Marca Columbia de 10 hP</p>	
<p>Planta de producción de biodiesel</p>		
<p>Planta piloto de extracción destilación</p>	<p>Incluye marmitas, condensador y vaso florentino</p>	
<p>Báscula de piso</p>	<p>Marca OHAUS, Defender 3000 xtremeW. Plataforma de acero inoxidable, celda de carga de aluminio, batería recargable. Max 150 Kg/300 lb, Mínimo 0.05kg/0.1 lb</p>	
<p>Marmitas con agitación</p>	<p>En acero inoxidable tipo 304 L con pared de 3/16" interno y 1/8" externo, capacidad máxima de aforo 150 litros, tapadera abatible, motor agitador de hp, 110-220 voltios, 60 Hz, 1800 rpm</p>	
<p>Secador eléctrico de flujo transversal</p>	<p>Premlab</p>	

Continuación tabla I.

Refrigeradora	Whirpool	
Bomba de recirculación	Marca SIHI, modelo DRVE 0S01	

Fuente: LIEXVE.

El personal está integrado por el jefe de laboratorio, dos auxiliares de investigación y tesis para la obtención de las extracciones vegetales y la realización de pruebas de densidad, pH, índice de refracción y cromatografías de aceite esencial, oleorresina, aceites fijos y colorantes utilizando como materia prima achiote, pimienta gorda, albahaca, romero, ajo, naranja, limón, entre otras.

1.2. Visión

“Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y

operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería”.¹

1.3. Misión

“Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.”²

¹ Centro de investigaciones de ingeniería, CII. USAC

² *Ibíd.*

1.4. Estructura organizacional

Según Joaquín Rodríguez y Valencia, las estructuras organizacionales “son las diversas combinaciones de la división de funciones y la autoridad, a través de las cuales se realiza la organización. Se expresan en gráficas de relaciones de personal u organigramas, complementándose con los análisis de puestos. Las estructuras organizacionales son elementos de autoridad formal, pues se fijan en el derecho que tiene un funcionario, por su nivel jerárquico, de exigir el cumplimiento responsable de los deberes a un colaborador directo, o de aceptar el colaborador las decisiones que por función o especialización haya tomado su superior.”³

El CII tiene una estructura organizacional de diseño departamental, ya que agrupa de manera separada cada unidad, es decir, da prioridad a todos los objetivos del servicio, los cuales generan departamentos o subdivisiones de actividades funcionales necesarias para cumplir las metas. Una de las ventajas de la estructura organizacional departamental es que cada departamento es libre de adaptarse a su propio ambiente, propiciando la flexibilidad al cambio.

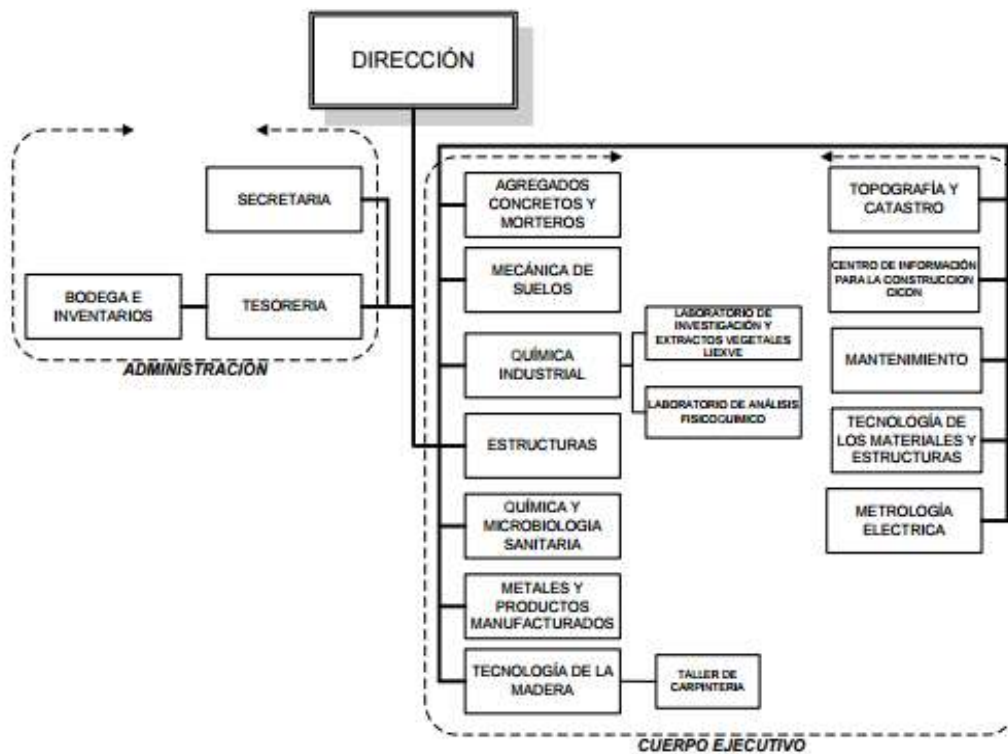
La máxima autoridad recae en la dirección, donde se centra la toma de decisiones, la comunicación se da con los distintos jefes de las áreas y con el grupo administrativo el cual está integrado por la secretaria; cuya función es organizar, dar seguimiento y controlar el trámite documentario así como coordinar las atenciones, reuniones y preparar la agenda con la documentación respectiva; la tesorería, gestiona el manejo y cumplimiento de los recursos monetarios, y bodega e inventarios, que organiza y registra las salidas y entradas de los materiales y equipos.

³ RODRÍGUEZ, Joaquín. *Administración moderna de personal*. p 387.

El laboratorio de Extractos Vegetales (LIEXVE) forma parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería, este surgió con la unificación de los laboratorios de materiales de construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas, y así fueron agregándose secciones para quedar actualmente con 16 secciones.

La figura 1 presenta el organigrama del Centro de Investigación de Ingeniería.

Figura 1. **Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CI)**



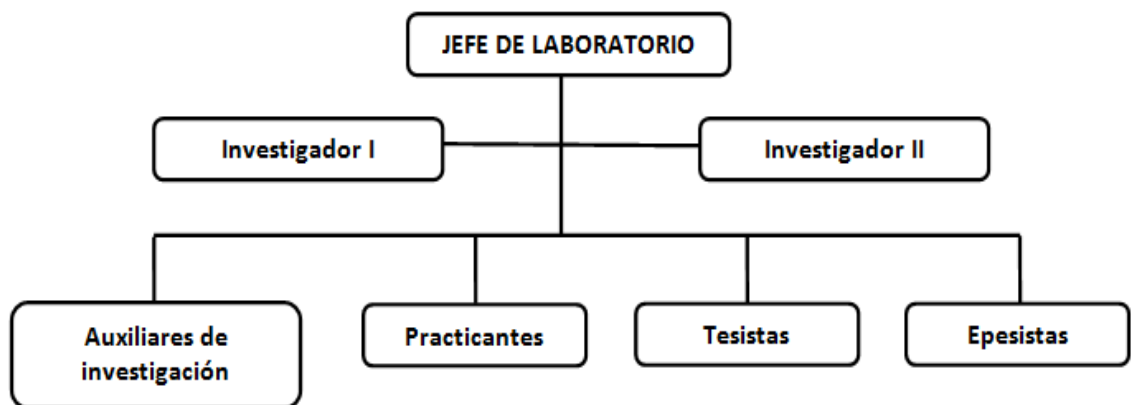
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de la Calidad. *Manual de la calidad*. p. 15.

El LIEXVE posee una estructura organizacional funcional, el cual se basa en dividir el trabajo y establecer la función de cada uno.

Está integrado por el jefe del laboratorio que es el encargado y supervisor de la planta piloto y LIEXVE el cual coordina y ejecuta el manejo y administración así como coordina proyectos de investigación. El investigador (I) es el responsable de llevar a cabo las actividades en docencia e investigación y de atención al público que solicita los servicios, el investigador (II) es el responsable de coordinar los servicios que presta el laboratorio. Los auxiliares de investigación, tesistas, practicantes y epesistas son los encargados de realizar la parte experimental de los proyectos de investigación en ejecución.

En la figura 2, se presenta el organigrama del LIEXVE.

Figura 2. **Organigrama LIEXVE**



Fuente: LIEXVE.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum L. Matton*)

2.1. Diagnóstico

Para la realización del diagnóstico del LIEXVE, se partió analizando su historia, su misión, visión, objetivos y propósitos así como se realizaron entrevistas no estructuradas a practicantes, epesistas y jefe de laboratorio para realizar un análisis FODA y posteriormente un diagrama de causa y efecto.

Dentro del análisis FODA el objetivo es proporcionar información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de nuevos o mejores proyectos de mejora, para ello se enlistó los hallazgos encontrados para luego agruparlos en fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas y posteriormente se elaboró la matriz FODA que permitió la formulación y selección de estrategias para mejorar las actividades dentro del laboratorio.

Por último por medio de un Ishikawa se identificaron las causas y efectos que pueden estar involucradas en el problema a analizar.

2.1.1. Análisis FODA

El análisis externo supone determinar los factores estratégicos del entorno de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a fin de evaluar el ambiente externo actual y futuro en términos de amenazas y oportunidades

para el LIEXVE. Estos incluyen factores económicos, tecnológicos, sociales y culturales, etc.

El entorno interno examina y evalúa los recursos y habilidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el CII y el LIEXVE, con una especial atención a la detección y a la eliminación de los puntos débiles y potenciación de los puntos fuertes, así como la capacidad de resistencia.

Los hallazgos encontrados son:

- Debido a que el laboratorio acepta estudiantes para realizar prácticas finales, tesis y tesistas, se cuenta con personal suficiente para realizar todas las actividades.
- Cuenta con área de laboratorio, caldera, planta piloto y dos oficinas, todas con señalización industrial y extinguidores, por lo que se establece que la estructura es apta para la ejecución de proyectos.
- No se observa grietas en paredes y pisos, fugas de gas y agua, techos en mal estado, iluminación inadecuada y pintura desgastada.
- Tienen suficiente equipo para la producción de extractos vegetales como neoclanvenger, sistema de destilación de aceite, marmitas de agitación, secador eléctrico y rotaevaporadores.
- Se encuentra a la vista por medio de mantas vinílicas el funcionamiento del equipo del laboratorio.
- Constantemente se inician proyectos innovadores para luego aplicarlos a productos de la industria cosmética (jabones y cremas), cárnica (chorizos y longanizas) y láctea (queso y yogurt).
- Diversas empresas, instituciones y público en general se avocan al laboratorio debido a la existencia de la planta piloto por ser la única existente en el país.

- Todos los resultados de los proyectos son publicados vía *web* y por el Concyt.
- Se realizan visitas técnicas antes de iniciar los proyectos a cosechadores de la materia prima a utilizar así como a empresas que solicitan distintos estudios.
- Al conocer las fechas de recepción de perfiles de proyectos de investigación, se solicita la adquisición de financiamiento al FODECYT.
- Constante rotación de recurso humano debido a que las prácticas finales son semestrales.
- Malas condiciones de equipo de protección como respiradores, lentes y guantes.
- Por problemas administrativos de FODECYT hay atrasos en el aporte económico por lo que no se puede adquirir reactivos y materia prima.
- No existe una bodega de materia prima y producto químicos.
- Falta de plan de capacitaciones a epesistas y practicantes sobre los distintos métodos utilizados para la producción de extractos vegetales.
- No se realizan seminarios, conferencias o cursos teóricos-prácticos a estudiantes de la USAC, sobre las actividades del laboratorio.
- Materia prima únicamente por temporadas.
- Existencia de muchos fenómenos naturales como huracanes, plagas y elevadas temperaturas, afectando los cultivos y carreteras, significando aumento de precio, mala calidad de cosechas y atrasos en la entrega.

A continuación en la tabla II se presenta el FODA del laboratorio.

Tabla II. **FODA del laboratorio**

FODA – LIEXVE	
<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Recurso humano disponible. b. Infraestructura adecuada. c. Equipos básicos para la realización de los extractos. d. Señalizaciones de seguridad en las áreas del laboratorio. e. Investigación y desarrollo continuo referente a procesos y productos. f. Información sobre funcionamiento de equipo de laboratorio a la vista. g. Existencia de equipo y materiales de oficina. 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Único laboratorio de extractos vegetales a escala planta piloto en el país. b. Intercambio de conocimiento y tecnología a empresas alimenticias. c. Contribuir a que habitantes de las comunidades de Guatemala puedan optar a empleos con la implementación de los proyectos. d. Alianzas estratégicas y convenios con industrias alimentarias u organizaciones y universidades. e. Disponibilidad de financiamiento. f. Apertura de nuevos mercados.
<p>DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Falta de reactivos y materia prima. b. Cambio de practicantes y epesistas en cada semestre. c. Equipos de protección condiciones inadecuadas. d. Falta de bodega apta para almacenamiento de materia prima y productos químicos. e. Falta de capacitaciones a nuevos epesistas y practicantes. f. Carencia de Manual sobre uso de planta piloto y equipo de laboratorio. g. Falta de cursos teóricos – prácticos a estudiantes de la USAC sobre elaboración de extractos vegetales 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Materia prima disponible por temporadas. b. Atraso de aporte de recursos dirigidos a la investigación por FONACYT. c. Incumplimiento en la entrega de materia prima. d. Variaciones en el precio de materias primas que afecten la realización de proyectos. e. Fenómenos naturales que puedan afectar la materia prima y producto terminado.

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente matriz se analizan las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades más relevantes del LIEXVE con el objetivo de formular las

estrategias más efectivas que maximicen las fortalezas y oportunidades de la empresa y minimice sus debilidades y amenazas.

Tabla III. **Matriz FODA**

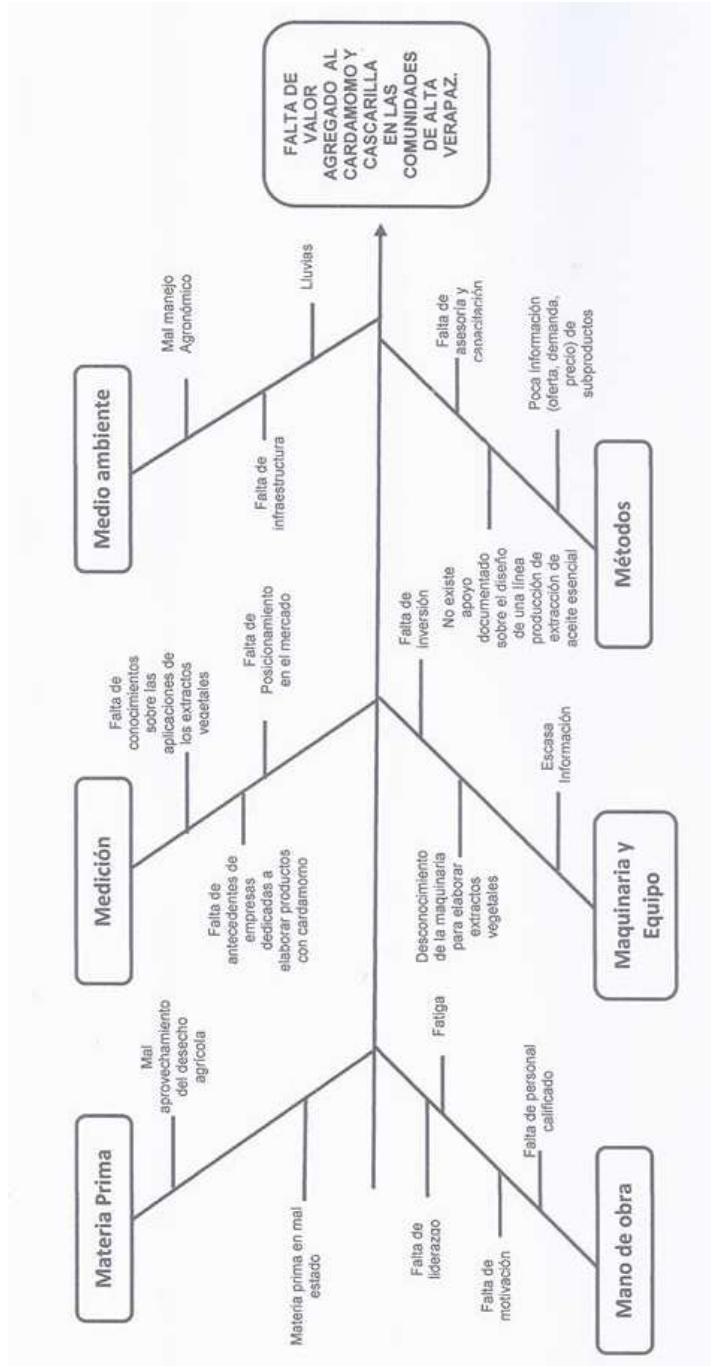
Factores Internos Factores Externos	Lista de Fortalezas F1. Recurso humano disponible F2. Investigación y desarrollo continuo referente a procesos y productos. F2. Equipo disponible.	Lista de Debilidades D1. Falta de antecedentes de los proyectos planteados. D2. Carencia de Manual sobre uso de planta piloto y equipo de laboratorio. D3. Falta de capacitaciones a nuevos epevistas y practicantes.
Lista de Oportunidades O1. Intercambio de conocimiento y tecnología a empresas alimenticias. O2. Impartir cursos teóricos-prácticos a estudiantes de la USAC. O3. Apertura de nuevos mercados. O4. Contribuir a que habitantes de las comunidades de Guatemala puedan optar a empleos con la implementación de los proyectos.	FO (Maxi-Maxi) <ol style="list-style-type: none"> Asociarse con empresas donde realicen extracciones vegetales. (F2, F3, O1,O2,O3) Dar conferencias sobre trabajos realizados dentro de LIEXVE. (F2,O1,O3,O4) 	DO (Mini-Maxi) <ol style="list-style-type: none"> Realizar diseño de línea de producción. (D1, D2,O1,O2,O3,O4) Gestionar capacitaciones. (D1,D3, O1,O2,O4)
Lista de Amenazas A1. Atraso de entrega de recurso económico. A2. Incumplimiento de entrega de materia prima A3. Variaciones en el precio de materias primas que afecten la realización de proyectos.	FA (Maxi-Mini) <ol style="list-style-type: none"> Propiciar acercamiento de proveedores (F1, F2,F3,A1,A2) 	DA (Mini-Mini) Efectuar análisis de mercado de la materia prima antes de efectuar proyectos (D1, A1,A2,A3)

Fuente: elaboración propia.

Al analizar el FODA se determinó que una de las estrategias a realizar para el mejoramiento del LIEXVE es el diseño de la línea de producción de los distintos extractos que realizan, con el fin de dejar referencias a interesados en la creación de empresas dedicadas a extracciones vegetales.

En la figura 3 se muestra por medio del diagrama causa-efecto (Ishikawa) las posibles causas y problemas que podrían intervenir en la realización de diseños de línea de producción.

Figura 3. Diagrama de causa y efecto del desarrollo de la línea de producción



Fuente: elaboración propia.

2.2. Situación actual del LIEXVE con relación al aceite esencial de cardamomo

En los últimos años en el LIEXVE se ha evaluado el rendimiento extractivo de aceites esenciales de materias primas como la pimienta gorda dando como resultado 0,802 %, de limón con 1,6147 %, apazote 0,2 %, orégano 1,160 % y eucalipto 1,07 %.

Respecto al cardamomo en el año 2014, se realizó la evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio utilizando el equipo neoclanvenger.

En la tabla IV se muestra el resultado de la composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida por cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas, GC-MS.

Tabla IV. **Composición química del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

No.	Tiempo de retención (min)	% Área	Componente químico	Número CAS
1	14,211	26,68	1,8-cineol (eucaliptol)	000470-82-6
2	33,461	25,31	Ciclohexano, 1-metil-4-(1-metil-etil)-dieno)	000586-62-9
3	33,588	12,46	Biciclo[4.1.0]hept-2-eno 3,7,7-trimetil	000564-61-0
4	27,265	6,28	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-acetato	000115-95-7
5	10,813	3,66	Biciclo[3.1.0]hex-2-ene,4-metil-1-(1-metil etil)-	028634-89-1
6	27,688	3,2	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil-acetato	000115-95-7
7	13,501	2,86	Limoneno	000138-86-3
8	29,84	2,45	3-Ciclohexan-1-ol, 4-metil-1-(1-m etil etil)-	020126-76-5
9	12,032	2,22	Beta -mirreno	000123-35-3
10	8,12	1,74	α-pineno	000080-56-8

Fuente: ESPINA QUIÑÓNEZ, Stephanny Michelle. GC-MS. *Evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo (Elettaria Cardamomum L. matton) mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio.* p. 68.

También se ha evaluado el rendimiento extractivo de las tres calidades a escala planta piloto por el método de arrastre de vapor, utilizando el método convencional de secado y utilizando un secador eléctrico de flujo transversal de bandeja.

2.3. Análisis de mercado

La importancia de un análisis del mercado radica en que las decisiones para desarrollar un proyecto se toman basadas en un mercado real, se conoce el entorno en la que la empresa realizara sus actividades económicas e indica las fortalezas y debilidades de las empresas competidoras así como nos dará una idea de los canales de distribución, las tendencias de la demanda y oferta no solo del cardamomo sino de los aceites esenciales así como también los precios a nivel nacional e internacional.

2.3.1. Producción del cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Matton)

De acuerdo al Ingeniero Agrónomo Esteban Gonzales B. el cardamomo “propriadamente dicho está constituido por la fruta madura y seca o por los granos solos de *Elettaria cardamomum*. Esta especie se presenta, en efecto, bajo la forma de "cápsulas de cardamomo" o de "granos de cardamomo".⁴

Por su parte José Gabriel Aldana, menciona que “el cardamomo es un fruto seco naciente de una planta herbácea de hoja perenne que produce frutos muy aromáticos, originaria de la costa sur occidental de la India, pertenece a la familia Zingiberaceas, constituida por una fruta madura y seca, de hojas

⁴ GONZALES E. *Cultivo del cardamomo*. 1977. Guatemala, C.A. p. 3.

grandes, tallos carnosos y gruesos, flores blancas agrupadas en racimos; se presenta con forma de capsulas o granos.”⁵ En el anexo 1 se describen toda la información nutricional de 100 gramos de cardamomo.

“Es una planta de sombra, aunque también se puede cultivar al sol en zonas de mucha nubosidad. Se recomienda sembrarla en terrenos con pendiente moderada (5 a 25%) para favorecer el drenaje. Requiere mucha humedad, más de 1500 mm de precipitación al año y no soporta épocas secas prolongadas mayores de tres meses. La temperatura óptima para su cultivo está entre 18 y 22°C. Prefiere los suelos orgánicos, livianos, preferiblemente de bosque, con muy buen drenaje, aunque se comportan muy bien en suelos volcánicos”.

“Las semillas tienen aceite esencial (2-8 %), almidón, pentosano, aceite graso (1-4 %), ácidos caprílico, caproico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico, β-sitosterol, oxalato de calcio, minerales, resina. La composición química del aceite esencial varía según las condiciones climáticas y variedades vegetales.”

Según estadísticas del Instituto Nacional de Estadística⁶ a través del censo agropecuario la producción se concentra en el departamento de Alta Verapaz con un 71,75 % aunado a ello por su colindancia y condiciones similares especialmente con la Sierra de las Minas en el municipio de Purulhá, en el departamento de Baja Verapaz se produce un 2,61 %, en el departamento de Quiché se concentra una producción de 16,60% comprendido por los municipios de Ixcán (59 %), Uspantán (37 %), entre otros (4 %); en el Estor un

⁵ ALDANA, José Gabriel. *Impactos Socioeconómicos del beneficiado de Cardamomo (elettaria cadamomum, zingiberaceae), en la Asociación de Productores Indígenas la catarata (apic), Lanquín, Alta Verapaz, del 2006 al 2010.* p 3.

⁶ Ministerio de Economía. *Evaluación Cualitativa de la Cadena de Valor de Cardamomo en Guatemala.* p 20.

3,21 % y en el municipio de Barillas del departamento de Huehuetenango un 5,82 %.

De acuerdo al estudio del Aprovechamiento Integral de los Residuos de Cardamomo⁷: La producción de Alta Verapaz se destina principalmente a la exportación. Las zonas productoras de cardamomo se encuentran principalmente en los municipios de San Pedro Carchá (27 %), Cobán (25 %), Senahú (14 %), Chisec (10 %), Cahabón (8 %) y otros (16 %). Ocupa el tercer lugar después de maíz blanco y café.

Según la Norma COGUANOR 34 152, “Las capsulas limpias y secas de cardamomo se clasificarán de acuerdo a su estado, su color y su tamaño o masa en la forma siguiente:”⁸

- Por su estado
 - Tipo 1: cápsulas enteras.
 - Tipo 2: cápsulas abiertas.

- Por su color: tanto las cápsulas enteras como las cápsulas abiertas, se clasificarán en las calidades siguientes:
 - Primera calidad: cápsulas verdes
 - Segunda calidad: cápsulas verde pálido
 - Tercera calidad: cápsulas verde manchado y amarillo pálido.

- Por su tamaño: esta clasificación aplica solamente a cápsulas enteras de primera y segunda calidad.

⁷ LIEXVE. *Aprovechamiento Integral De Los Residuos de Cardamomo (Elettaria cardamomun L. Matton) para Producción de Extractos Utilizados en la Industria Alimenticia y Cosmética.* p. 21-23.

⁸ Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). *Norma COGUANOR NGO 34 152. Cardamomo. Especificaciones.* p. 1-3.

- Clase 1: súper grande
 - Clase 2: extra grande
 - Clase 3: grande
 - Clase 4: mediano
 - Clase 5: pequeño
 - Clase 6: baby
- Por su masa: aplicable solamente a las cápsulas enteras de tercera calidad.
 - Grado 1: masa A
 - Grado 2: masa B
 - Grado 3: masa C
 - Grado 4: masa D

 - Por su calidad: las semillas de cardamomo se clasifican de acuerdo a su color y su masa en las siguientes calidades:
 - Primera calidad
 - Segunda calidad
 - Tercera calidad

2.3.2. Industrias con maquinaria necesaria para la extracción de aceite esencial de cardamomo en Guatemala

Debido al auge de utilizar productos 100 % naturales en las distintas industrias, actualmente existen variedad de empresas extractoras de aceites esenciales que se dedican a producir aceites aromáticos, fragancias, aromas naturales, extractos de plantas y especies, extractos de plantas medicinales y de cítricos.

Estas empresas al tener el equipo necesario pueden incorporar en su catálogo de productos el aceite esencial de cardamomo, aprovechando la alta producción de esta materia vegetal y propiciando la economía de familias que dependen de este cultivo para vivir.

En la tabla V se presentan algunas empresas con maquinaria necesaria para la extracción de aceite esencial de cardamomo.

Tabla V. **Empresas dedicadas a la extracción de aceite esencial en Guatemala**

RAZÓN SOCIAL	DOMICILIO COMERCIAL
APAESA (Aromas, Perfumes, Aceites Esenciales y Sabores S.A)	3 calle 1-21 Zona 2 San José Villa Nueva.
Extract, S.A.	24 Avenida 42-85, Zona 12, Calzada Atanasio Tzul
LINGUA Productos Naturales	Avenida Reforma 15-54 Zona 9 Edificio Reforma Obelisco.
Aromas Naturales S.A.	Km 29 127-A Parcelamiento Santa Rosa, Santa Lucía Milpas Altas
Chemical Products And Technical Service	46 calle 16-46 zona 12 Guatemala, Guatemala.
Tecnispice	Carretera Al Pacífico Km 26.5 Entrada a Amatitlán, Guatemala
Aromateca	23 avenida 34-61 zona 12, colonia Santa Elisa, Ciudad Guatemala, Guatemala
Laquipar	Avenida Petapa, 43 calle 19-09 zona 12
Quimiprova	6ª. Avenida 22-47, zona 12
Distribuidora del Caribe de Guatemala S.A.	Avenida Petapa 37-29 Z 12 Guatemala, Guatemala. Kilómetro 32.5 carretera al pacifico Amatitlán, Guatemala.

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Oferta

Específicamente para el aceite esencial de cardamomo no se cuenta con un análisis económico de las exportaciones a nivel mundial ni nacional, por lo que se muestran datos por separado del aceite esencial y el cardamomo.

Según informe ejecutivo publicado por el Ministerio de Economía y el Banco de Guatemala la exportación de cardamomo en los últimos años ha ido en aumento en un rango de 215 550,3 a 317 672,9 miles de kilos, como se muestra en la Tabla VI. Los principales proveedores de cardamomo sin triturar a nivel mundial en el año 2015 son: Guatemala con 61,5 % de participación, del total exportado a nivel mundial; le sigue India con 17,8 % y Nepal con 10,8 % del total de países.

En cuanto al producto triturado a nivel mundial en el mismo año, los principales proveedores son: India con 67,7 % de participación, del total exportado a nivel mundial; le sigue Países Bajos 7,8 %, Suecia 4,3 %, Alemania 3,7 % y en el caso de Guatemala 3,2 % ocupando la quinta posición del total de 73 países.

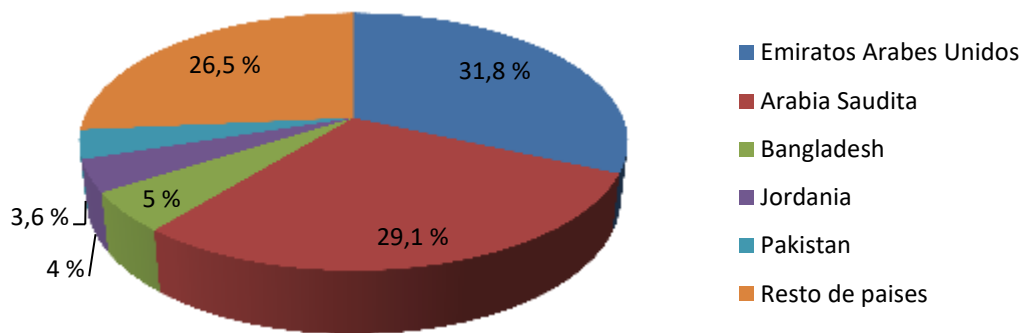
Tabla VI. **Valor (FOB), volumen y precio medio de exportación de cardamomo. Miles de US dólares y miles de kilos**

	2013	2014	2015	2016	2017
Monto	215 550,3	240 027,9	243 046,1	229,355	317 672,9
Volumen	38 823,4	38 870,2	33 430,5	31 206,4	30 728,5
Precio medio*	5,55	6,18	7,27	6,42	10,34

Fuente: Banco de Guatemala.

Empresas guatemaltecas como CARDEX, Agronómicas de Guatemala. Patzulin, Monte de oro, UCXA, Línea Base Cadena de Valor de Cardamomo, Global Unión, Agrodiversa, EXCAR, FEDECOVERA, FEDEAGRO.S.A, 3K *Trading Internacional*, entre otras exportaron en el año 2015 a un total de 71 países, teniendo 4 principales países que concentran el 73.5% de las exportaciones totales guatemaltecas de cardamomo. El resto representa el 26,5 %, como se observa en la figura 4.

Figura 4. **Exportaciones de cardamomo que realiza Guatemala por países destino, año 2015**



Fuente: Banco de Guatemala.

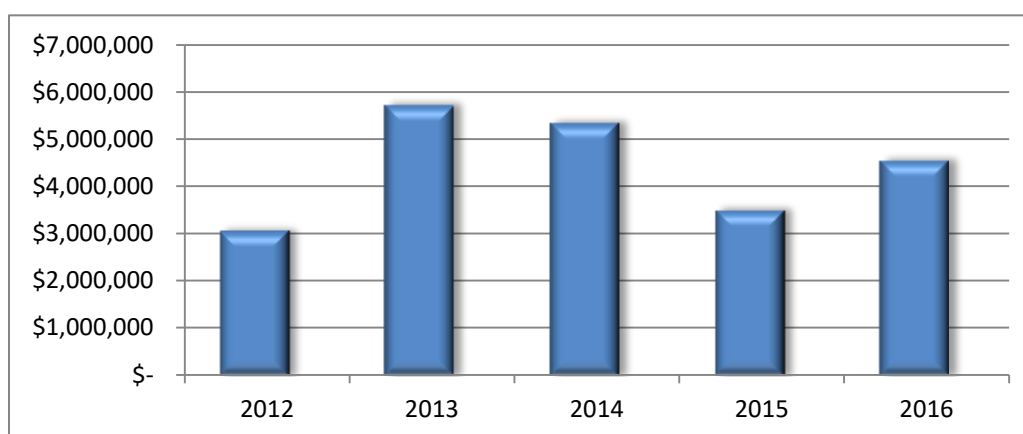
El aceite esencial de cardamomo se clasifica con el código del sistema arancelario 3301.2 “Aceites esenciales, excepto los de agrios (cítricos)”, en su subdivisión 3301.29.90 “otros” ya que no existe clasificación específica de ella. Guatemala exporta a países como Panamá, EEUU, Francia, Alemania y México, esta demanda tuvo variaciones cada año ya que para el año 2012 fue de US\$3 084 961 dólares, aumentó entre el año 2013 y 2014, para finales del 2016 fue de US\$4 576 346 dólares. A continuación se muestra en la Tabla VII las exportaciones del año 2012 al 2016 y la gráfica de esta información, en la figura 5.

Tabla VII. **Exportaciones de Guatemala de aceites esenciales**

Período	Valor (US dólares)
2012	\$3 084 961
2013	\$5 749 780
2014	\$5 368 227
2015	\$3 524 396
2016	\$4 576 346

Fuente: elaboración propia, con datos del Banco de Guatemala.

Figura 5. **Exportaciones totales de Guatemala: aceites esenciales**



Fuente: elaboración propia, con datos del Banco de Guatemala.

Según gráficas anteriores, Guatemala es un país con elevada producción de cardamomo y muy pocas empresas se han dedicado a explotar este recurso extrayendo aceite esencial de cardamomo, entre ellas se encuentran:

Tabla VIII. **Empresas que extraen aceite esencial de cardamomo**

RAZÓN SOCIAL	DOMICILIO COMERCIAL
Aromas Naturales, S.A.	Km 29 127-A Parcelamiento Santa Rosa, Santa Lucía Milpas Altas.
EXTRACT	24 Avenida 42-85, Zona 12 Calzada Atanasio Tzul, Bodega 4 Guatemala.
Fedecovera	6a. Calle 5-05 Zona 11, Alta Verapaz, Cobán, Guatemala.

Continuación tabla VIII.

Biomin Guatemala sociedad anónima	Avenida Reforma 7-62 OF. 802 Edificio Aristos Reforma zona 9 Guatemala, Guatemala.
Patzulin, S.A.	Diagonal 6, 10-65 zona 10, Centro Gerencial Las Margaritas, Torre I, Nivel 14.
Colquica S.A.	6ta. Avenida 3-41 zona 1, Guatemala.
Nelixia S:A.	Kilómetro 96.5 aldea el Rodeo carretera hacia la Antigua Guatemala, Escuintla.

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Demanda

Los principales importadores de cardamomo sin triturar a nivel mundial en el año 2015 son: Arabia Saudita con 29,4 % de participación, del total a nivel mundial; le sigue Emiratos Árabes Unidos 21,5 %; India 13 %; en el caso de Guatemala 0,06 % ocupando la posición número 72 del total de 146 países. En el caso del producto triturado: Arabia Saudita con 18,7 % de participación, del total exportado a nivel mundial; le sigue Jordania 11,3 %, Emiratos Árabes unidos 7,7 %, Estados Unidos de América 7,2 % y en el caso de Guatemala 0,00 %.

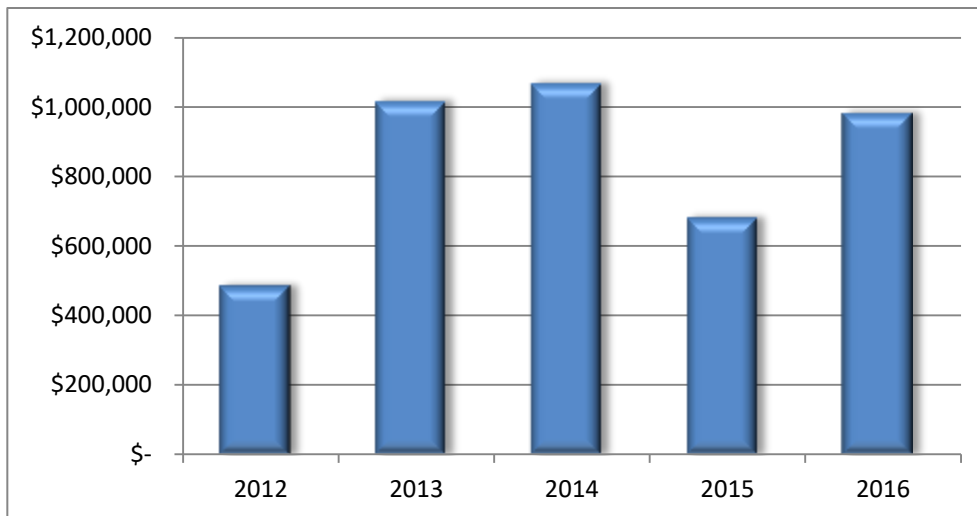
Los principales países importadores de aceites esenciales y resinoides son en primer lugar Francia con el 24 % del mercado europeo, Reino Unido 22 %, Alemania 15 %, Irlanda 10 %, y finalmente los Países Bajos con el 9 %. En Guatemala cada vez son más solicitados estos productos variando cada año, según se observa en la tabla IX y la figura 6.

Tabla IX. **Importaciones de Guatemala de aceites esenciales. Miles de US dólares**

Período	Importaciones
2012	\$488 227
2013	\$1 019 691
2014	\$1 071 104
2015	\$683 987
2016	\$985 923

Fuente: elaboración propia, con datos del Banco de Guatemala.

Figura 6. **Importaciones totales de Guatemala: aceites esenciales, otros. Período 2012-2016**



Fuente: elaboración propia, con datos del Banco de Guatemala.

2.3.5. Precio

A nivel nacional, empresas como Aromas de Guatemala, Extract, Fedecovera y Colquica manejan presentaciones de 12 ml, 1 onza, 2 onzas, 4 onzas, ½ litro, 1 litro hasta 1 galón, los precios están entre Q65,00 y Q78,00, Q127,00, Q190,00, Q335,00, Q1 100.00, Q2 475.00 y Q8 910.00 respectivamente. Son almacenados en envases de vidrio color ámbar, el aceite

es un líquido muy pálido, amarillo verdoso con olor fuertemente aromático, persistente y picante.

A nivel internacional empresas como Doterra (EEUU), Terpenic (España), Robert Tisserand (EEUU), Labiatae (España), Fleurchem (EEUU), tienen precios de: 10,90 € (Q93,77) a USD\$26,00 (Q190,55) para 5 ml, 10 ml a MXN \$270 (Q108,33), 12 ml a 20,65 € (Q178,57), 250 ml a MXN \$13 978 (Q5612,73).

Al comparar los precios, el mercado internacional le da un mayor valor agregado a su producto final, principalmente Estados Unidos a pesar de que utilizan como materia prima el proveniente de Guatemala, ya que 5 ml lo venden entre Q190,55 contrario al nivel nacional que se encuentra a un precio de hasta Q78,00 los 12 ml de aceite.

2.4. Diseño de la línea de producción de aceite esencial de cardamomo

En los siguientes enunciados se muestra todos los aspectos relacionados al diseño la línea de producción comercial de aceites esenciales, con el fin de dar una guía técnica a posibles empresas que deseen implementar el aprovechamiento y dar un valor agregado a materias vegetales. Se incluye la descripción de los procesos y sus diagramas, el diseño de las instalaciones considerando techo, pisos, cimientos, paredes, iluminación y ventilación, listado de equipo y maquinaria con sus descripciones y especificaciones, perfiles de personal necesario, programas de limpieza y todo lo relacionado a seguridad y salud ocupacional.

Esta línea de producción no solo puede ser utilizado específicamente para la extracción de aceite esencial de cardamomo sino para cualquier materia

prima vegetal, siempre tomando en cuenta la preparación del material antes de colocarlo al equipo de extracción.

2.4.1. Descripción del proceso

“Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas más o menos complejas en cuya composición entra una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que responden la fórmula $(C_5H_8)_n$ junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites esenciales el aroma que los caracteriza.”⁹

En la tabla X se muestran datos cromatográficos del aceite esencial de la cascarilla de cardamomo.

Tabla X. **Composición química del aceite esencial de cascarilla para un tiempo de extracción de 240 minutos obtenida GC-MS**

COMPUESTO	Aceite de cáscara Reg. 0406356		Aceite de cáscara Reg. 0406357		Aceite de cáscara Reg. 0406358	
	%	T.R.	%	T.R.	%	T.R.
Alfa-pineno	1.2	3.5	<1	3.40	<1	3.30
Alfa-terpineno	1.4	4.93	1.9	5.09	1.3	4.71
1.8 Cineol	28.1	5.25	27.1	5.40	26.0	4.97
Lina Lool	5.2	9.87	5.3	9.91	5.0	9.42
Alfa-terpineol	2.4	15.88	3.0	15.79	2.9	15.20
Acetato de terpenilo	48.0	18.72	47.1	19.19	49.5	18.01

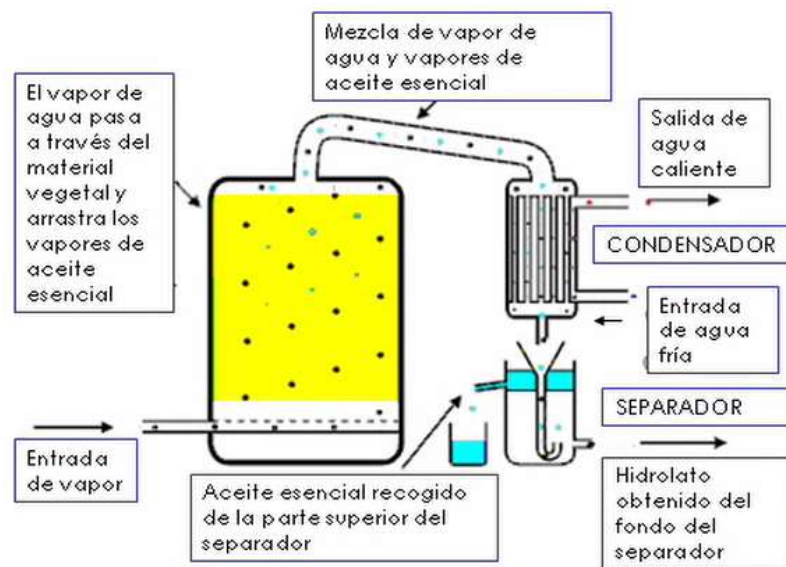
Fuente: HUITZ CANASTUJ, German Almengol. *Obtención y caracterización fisicoquímica del aceite esencial, extraído por arrastre de vapor de cáscara de cardamomo.* p. 85.

La destilación por arrastre con vapor directo es un método de extracción que consiste en colocar en contacto la materia vegetal con vapor seco

⁹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. *Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas.* p 7-8

sobrecaentado, generado usualmente por una caldera a una presión mayor a la atmosférica. El resultado es una mezcla de dos líquidos inmiscibles, en la cual se da la vaporización a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua. La corriente de vapor rompe las células o canales oleíferos en la planta y arrastra la mezcla volátil a un condensador, donde los vapores se enfrían y regresan a la fase líquida; los dos productos inmiscibles, hidrolato y aceite esencial, finalmente se separan por diferencia de densidad en un decantador o vaso florentino. Este proceso se describe en el siguiente diagrama:

Figura 7. **Destilación por arrastre de vapor**



Fuente: Los esenciales. <http://www.molesybits.es/2013/02/los-esenciales.html>. Consulta: 28 de septiembre de 2017

Cuando se realiza este tipo de extracción se debe tener cuidado que el tamaño de partícula de la materia vegetal no sea muy pequeña, ya que puede ser arrastrado por el vapor contaminando el producto condensado. Esta técnica

es muy utilizada en la industria debido a su alto rendimiento, alta pureza del aceite obtenido y la baja exigencia tecnológica.

A continuación se describe detalladamente el proceso de extracción por el método de arrastre de vapor directo empezando con los controles de calidad de materia prima, seguido por la extracción y por último los controles de calidad para producto terminado.

- Recepción de materia prima: el cardamomo es llevado al área de descarga en donde a cada lote se le toma muestras al azar, para ello verificar la tabla del Anexo 2.
- Muestreo y controles de calidad: consiste en retirar pequeñas cantidades de cardamomo por medio de un muestreador compuesto o sonda de alvéolos. La muestra es llevada al laboratorio de control de calidad para determinar la densidad aparente, humedad y la clasificación.

Prueba de densidad aparente: el volumen está dado por el que ocupan las partículas más el volumen de los espacios vacíos.

- Pesar la probeta de 1000 ml.
- Por medio de un embudo agregar la muestra de cardamomo hasta aforar.
- Teniendo el peso neto del cardamomo, calcular densidad por medio de la ecuación:

$$p_{ap} = \text{densidad aparente, } \frac{g}{cm^3}$$

$$p_{ap} = \text{peso, gramos}$$

$$v_{ap} = \text{volumen, } cm^3 = 1000cm^3$$

$$\rho_{ap} = \frac{P_{ap}}{V_{ap}}$$

Prueba de humedad: se siguen las instrucciones dadas por el fabricante del medidor de humedad. Se recomienda estar a menos del 10 % de humedad para evitar la aparición de moho o bacterias.

Clasificación:

- Queda a criterio de la empresa establecer los tipos de cardamomo. En el anexo 3 se muestra la clasificación de la empresa 3K Trading International.

Se debe comparar los resultados con un estándar ya establecido para aprobar o no la recepción de la materia prima.

- Descargue de materia prima: todo el cardamomo es llevado al área de producto terminado en donde se pesará cada uno de los costales y se elaborará un certificado de calidad, en el que se incluye información indispensable para la identificación del lote, es decir, la empresa, la naturaleza del producto, el peso neto, los resultados de la prueba de calidad, la zona de producción y el tipo. Se sugiere llenar en siguiente formato.

Figura 8. **Certificado de control de calidad de materia prima**

LOGO	CERTIFICADO DE CALIDAD	Código del lote:								
		Fecha de recepción:								
Beneficio: _____ Nombre del Proveedor: _____ Zona de producción: _____ Peso neto: _____ Número de sacos: _____ Cardamomo <input type="checkbox"/> Cascarilla <input type="checkbox"/> Número de muestras: _____										
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad Aparente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clasificación</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Promedio	Densidad Aparente		Humedad		Clasificación	
	Promedio									
Densidad Aparente										
Humedad										
Clasificación										
Responsable de prueba: _____ Fecha: _____ <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">Firma</p>										

Fuente: elaboración propia.

- Encender la caldera y verificar la cantidad de diesel que se tiene.
En la planta piloto del LIEXVE se utiliza 0,67 gal para llegar a la presión y 1,2 gal/hora es decir 7,48 gal por extracción para generación de vapor en el sistema de destilación.
- Pesaje: en la bodega de materia prima se pesa el cardamomo o cascarilla a utilizar el día de la producción, depositándolos en costales.
- Reducción de tamaño: como el vapor de agua penetra en los tejidos del material vegetal, para asegurar una mayor superficie de contacto y exposición de las glándulas de aceite, se requiere realizar una molienda.
- Llenado de marmita: se reparte uniformemente la materia prima por los platos permitiendo así el paso homogéneo del vapor entre la materia prima.

- Inicio de extracción: se espera que caiga la primera gota en el vaso florentino y a partir de ese momento se toma el tiempo de la extracción siempre purgando la llave de vapor localizada en la parte inferior de la marmita cada 15 minutos.
- Decantación: pasado el tiempo de extracción se traspasa el contenido del vaso florentino a un embudo de decantación de 1000 ml y se deja reposar por 2 horas con el objetivo de separar los líquidos inmiscibles (agua y aceite).
- Muestreo y controles de calidad: al momento del envasado se toma una muestra de 10 ml en un *beacker* y es llevado al laboratorio de control de calidad para tomar la densidad y el pH comparándolos con la base de datos.

Prueba de densidad:

- Pesar el picnómetro vacío convenientemente limpio y seco junto con su tapón. (m_p)
- Llenar completamente con aceite evitando la formación de burbujas en su interior, colocar el tapón y secar el aceite que haya rebosado antes de pesar. (m_{total})
- Calcular la densidad sustituyendo los valores de la siguiente fórmula:

ρ_{sol} = densidad de la solución (g/ml)

m_p = peso del picnómetro vacío (g)

V_{pic} = volumen del picnómetro (g)

m_{total} = masa del picnómetro enrasado de aceite esencial (g)

$$\rho_{sol} = \frac{m_{total} - m_p}{V_{pic}} * \rho_w$$

Prueba de pH:

- Retirar la tapa de pH metro.
 - Sumergir el electrodo en agua destilada.
 - Encender el aparato y sumergir el electrodo en el aceite esencial y esperar que los valores de la pantalla se estabilicen.
 - Apagar el pH metro y secar bien.
-
- Envasado: para ello se utiliza frascos de vidrio color ámbar para proteger el aceite de la acción de los rayos UV de la luz, la humedad y otros agentes atmosféricos o físicos, con capacidad de 100 ml, altura de 97,3 mm, diámetro interno de 2.7 mm, ancho de 0.6 mm y tapadera color blanca como se muestra en la figura 9.

Figura 9. **Envase propuesto**



Fuente: Botellas PET Ámbar Envases para Laboratorio. <http://www.haddad.cl/pet.html>.

Consultado: 7 de octubre de 2017.

- Almacenamiento: es transportado al área de producto terminado en donde se pone la etiqueta a cada envase y se coloca en cajas de cartón corrugado con capacidad de 12 frascos como se muestra en la figura 10.

Figura 10. **Cajas de cartón**



Fuente: <http://www.kraft-liner.com.ar/>. Consulta: 7 de octubre de 2017.

Al realizar las pruebas de control de calidad, colocar las etiquetas y posicionarlos en las cajas, se sugiere llenar el formato de la figura 11 en la parte de afuera de cada caja del lote de producción.

Figura 11. **Certificado de Control de Calidad de producto terminado**

LOGO	CERTIFICADO DE CALIDAD PRODUCTO TERMINADO	Código del lote: _____						
		Fecha de recepción: _____						
Beneficio: _____ Nombre del Proveedor: _____ Zona de producción: _____ Cardamomo <input type="checkbox"/> Cascarilla <input type="checkbox"/> Peso neto de frasco: _____ Cantidad de frascos: _____ Número de muestras: _____								
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Promedio</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td></td> </tr> </table>				Promedio	Densidad		pH	
	Promedio							
Densidad								
pH								
Responsable de prueba: _____ Fecha: _____								
_____ Firma								

Fuente: elaboración propia.

Antes de estandarizar el proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor a escala planta piloto fue necesario realizar pruebas en el LIEXVE para determinar el tipo de molienda más eficiente y el tiempo a dejar la extracción ya en la planta.

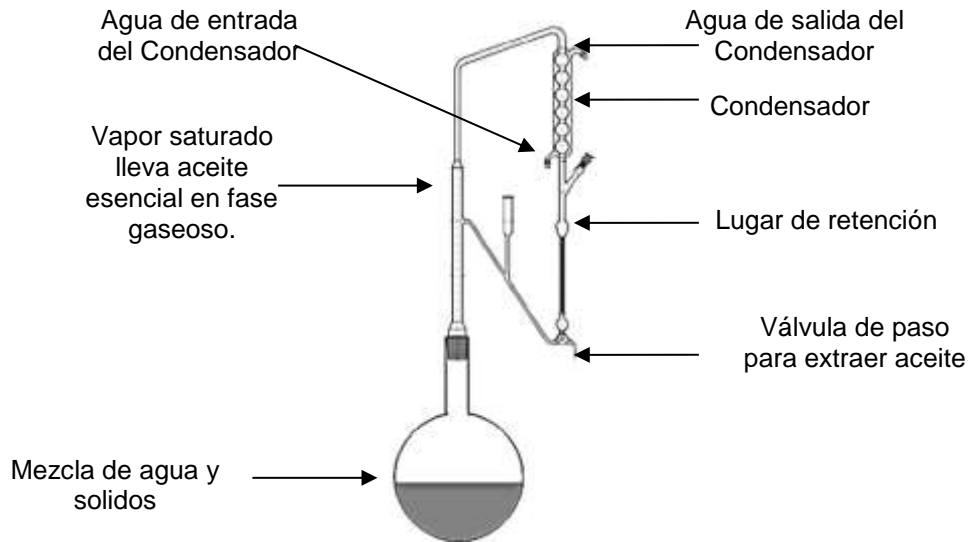
Se debe tomar en cuenta que muchos factores influyen sobre la composición y el rendimiento del aceite esencial entre ellos la composición geobotánicas del medio (clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias), método de cultivo (uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etc), época de recolección, modo de manejo y almacenamiento del material vegetal, edad de la planta y estado fenológico.

El cardamomo utilizado para la parte experimental proviene del departamento de Alta Verapaz, del municipio de San Pedro Carcha, proporcionado por la empresa *3K Trading Internacional* dedicado a la exportación de cardamomo, achiote, pimienta gorda y cacao a países como Pakistán, Estados Unidos, México, India, Emiratos Árabes Unidos, entre otros.

Para determinar el tiempo a dejar la extracción a escala planta piloto y así obtener el mayor porcentaje de rendimiento de aceite esencial y optimizar recursos, se procedió a realizar pruebas a escala laboratorio por el método de hidrodestilación, el cual consiste en colocar una muestra vegetal de 200 gramos en un balón con agua, para luego colocarlo sobre una plancha de calentamiento e instalar el equipo neoclavenger.

Al calentarse la mezcla de agua y muestra vegetal, el aceite esencial es arrastrado por el vapor de agua a alta temperatura, el cual es llevado al condensador donde vuelve a su estado líquido y pasa al lugar de retención del aceite esencial para luego ser descargado. En la figura 12 se muestra el equipo llamado neoclavenger.

Figura 12. **Neoclavenger**



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/230671682_fig1_Fig-1-A-typical-Clevenger-circulatory-hydrodistillation-apparatus-reported-in-the. Consulta: 7 de octubre de 2017.

Al realizar las extracciones de aceite esencial y cascarilla con relación 1:15 de agua y tiempos de 120 y 240 minutos haciendo tres repeticiones de cada una, dio como resultado los rendimientos extractivos que se muestran en las tablas XI y XII.

Tabla XI. **Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad**

Relación	Tiempo de extracción (min)	Repetición	Masa de aceite (g)	Rendimiento (%)	Media Rendimiento (%)	Desviación estándar
		R1	1,1659	0,58295		
	120	R2	1,1942	0,5971	0,579	±0,0190
01:15		R3	1,1188	0,55940		
		R1	1,7456	0,87280		
	240	R2	1,8229	0,91145	0,872	±0,0375
		R3	1,6729	0,83645		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Rendimiento porcentual del aceite esencial de cascarilla**

Relación	Tiempo de extracción (min)	Repetición	Masa de aceite (g)	Rendimiento (%)	Media Rendimiento (%)	Desviación estándar
01:15	120	R1	0,695	0,34750	0,333	±0,0276
		R2	0,7059	0,35295		
		R3	0,6052	0,30260		
	240	R1	0,8325	0,41625	0,442	±0,0231
		R2	0,9114	0,4557		
		R3	0,9137	0,45685		

Fuente: elaboración propia.

Según tablas anteriores se puede observar que se obtiene mayor rendimiento con un tiempo de extracción de 240 minutos ya que para el cardamomo de tercera calidad se obtuvo 0,872 % y para la cascarilla 0,0442 %. A continuación se muestran fotografías del proceso de extracción.

Figura 13. **Fotografías del proceso de extracción con equipo de Neoclavenger**



Fuente: LIEXVE.

Al establecer el tiempo necesario para la extracción, se procedió a realizar la prueba de molienda en el que se puso a prueba 3 tipos de molinos, los cuales fueron: molino Crusher modelo FS-3, molino de muelas con criba 3/16" y molino para granos manual de discos, esto para determinar con cual se obtiene un mayor rendimiento. En la figura 14 se muestran los molinos utilizados y en la tabla XIII los rendimientos obtenidos.

Figura 14. Tipos de molinos



Fuente: LIXVE y Laboratorio de tecnología de la madera.

Tabla XIII. Rendimiento porcentual de aceite esencial de cardamomo.
Prueba molienda

	Cascarilla (%)	Tercera Calidad (%)
Molino 1	0,106	0,46
Molino 2	0,003775	1,30
Molino 3	0,209	5,23

Fuente: elaboración propia.

Se puede concluir que al dejar la extracción durante 240 minutos, el cardamomo de tercera calidad brinda un mayor rendimiento utilizando el molino para granos, ya que la semilla de cardamomo es triturada medianamente y es ahí donde se encuentra el mayor porcentaje de aceite esencial. Para el caso de la cascarilla, el molino 1 es el adecuado.

Conociendo el tiempo y tipo de molienda para obtener el mayor rendimiento, se realizaron tres extracciones de cardamomo de tercera calidad y tres de cascarilla, a escala planta piloto por medio del método de arrastre de vapor con un tiempo de 4 horas y 5 kg de materia prima. Los resultados obtenidos al realizar esta actividad se muestran en las tablas XIV, XV y XVI que contienen los rendimientos y los parámetros a tomar en cuenta para el control de calidad de materia prima y producto terminado.

Tabla XIV. **Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y cascarilla**

	Repetición	Masa de aceite (g)	Rendimiento (%)	Media Rendimiento (%)	Desviación estándar
Tercera Calidad	R1	200	4	3,84	±0,2193
	R2	197,8	3,956		
	R3	180	3,6		
Cascarilla	R1	35,25	0,705	0,71	±0,0271
	R2	34,38	0,688		
	R3	36,67	0,733		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Control de calidad materia prima**

	Tercera calidad	Cascarilla
Densidad aparente	32 g/cm ³	10 g/cm ³
Humedad	4,73 %	9,93 %
Impurezas y daños	Ninguno	Ninguno
Clasificación	Tercera calidad	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Control de calidad producto terminado**

	Repetición	Densidad (g/ml)	pH
Tercera calidad	R1	0,924	4,247
	R2	0,927	4,2502
	R3	0,935	5
	Media Rendimiento (%)	0,929	4,47
	Desviación estándar	±0,0055	±0,433
Cascarilla	R1	0,911	4,49
	R2	0,928	4,35
	R3	0,902	5,12
	Media Rendimiento (%)	0,914	4,65
	Desviación estándar	±0,013	±0,279

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de materias vegetales cuentan con 0,01 a 10 % de contenido de aceite esencial, aunque la media se encuentra de 1 % a 2 %. Al comparar lo obtenido con el del orégano que posee un 1,528 %, 1,6147 % para el epicarpio de limón y la pimienta gorda 1,6231 % podemos observar por la tabla XI que el cardamomo de tercera calidad supera considerablemente a estas muestras, ya que se obtuvo un 3,84 %, aproximadamente 200 ml. En el caso de la cascarilla se adquirió un 0,71 % (75 ml)

El aceite es un líquido claro, de color amarillo pálido, olor picante e insoluble en agua pero fácilmente soluble en alcohol, éter y aceites vegetales. La densidad obtenida fue de 0,914 y 0,929 (g/ml), siendo inferior a la del agua (1 g/cm³) y pH cercano a 5 siendo una solución ácida, cumpliendo con las propiedades bactericidas, fungicidas y antivirales considerándose una solución de alta calidad.

En la tabla XVII se muestra los resultados de la fase experimental realizada en el LIEXVE sobre la evaluación del rendimiento extractivo y caracterización del aceite esencial de cardamomo de primera y segunda calidad.

Tabla XVII. Rendimiento porcentual del aceite esencial de cardamomo de primera y segunda calidad

	Repetición	Rendimiento (%)	Media Rendimiento (%)	Desviación estándar
Primera Calidad	R1	4,314	4,431	±0,1337
	R2	4,403		
	R3	4,576		
Segunda Calidad	R1	3,858	3,894	±0,0350
	R2	3,896		
	R3	3,928		

Fuente: ESPINA Quiñónez, Stephanny Michelle. *GC-MS. Evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo (elettaria cardamomum l. matton) de primera, segunda y tercera calidad mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio. p.83*

Comparando el rendimiento del aceite esencial de cardamomo de primera, segunda y tercera calidad, que es en el que se enfoca este informe se puede observar que el mayor rendimiento obtenido es de 4,431 % utilizando cardamomo de primera calidad, sin embargo es importante considerar darle un valor agregado al cardamomo de tercera calidad ya que por tener una cápsula verde manchada y amarillo pálido su valor disminuye en el mercado.

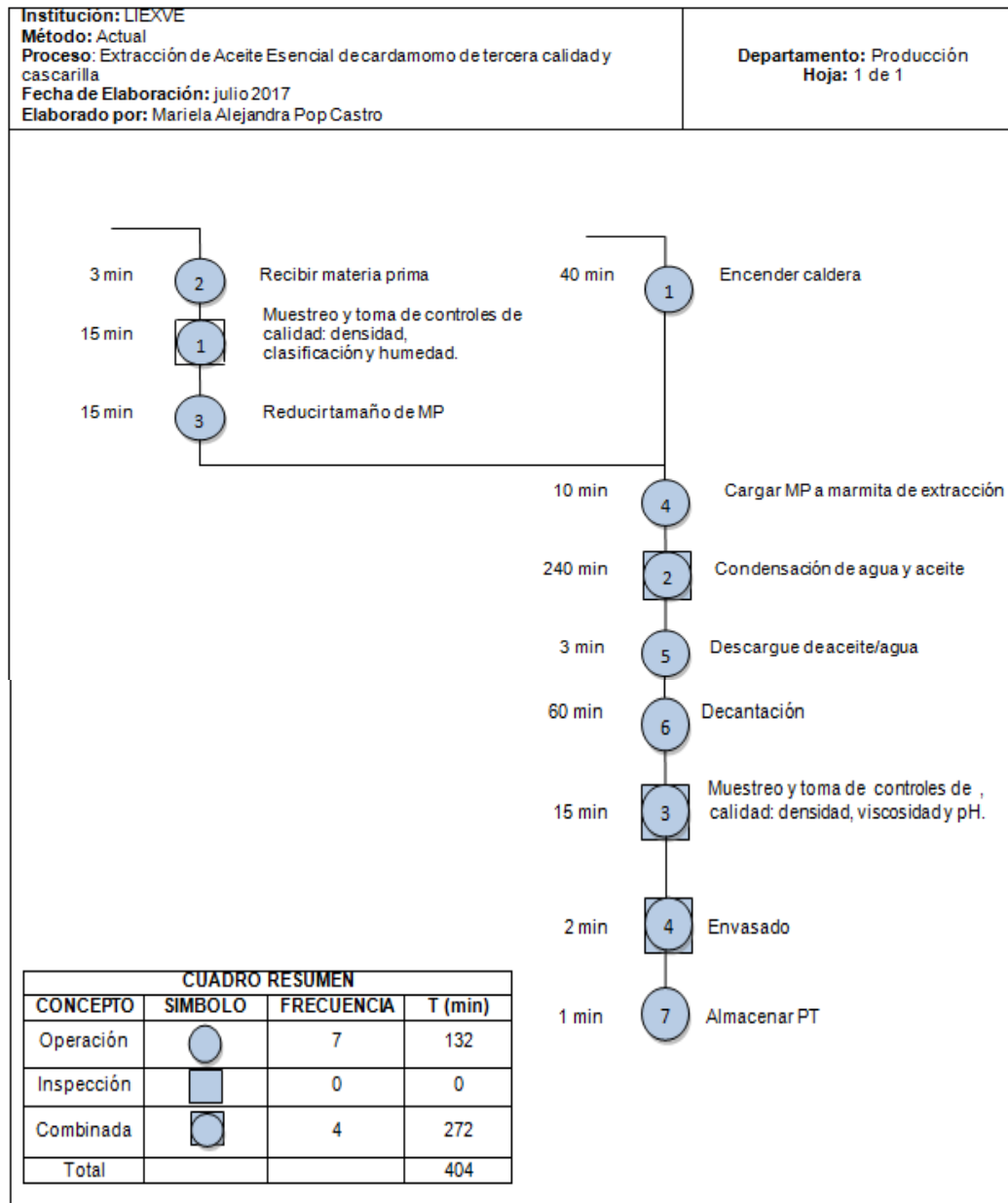
Luego de obtener el rendimiento de 5 kg de materia prima en la planta piloto del LIEXVE de cardamomo de tercera calidad y cascarilla, se propone la creación de una planta de extracción de aceite esencial utilizando únicamente

cardamomo de tercera calidad, ya que para la cascarilla únicamente se obtuvo 75 ml de aceite esencial de cascarilla (0,71 %), haciéndolo no rentable por los costos de la materia prima, la maquinaria, el tiempo de extracción y mano de obra necesaria.

La planta tendrá una capacidad de procesar 120 kg de materia prima al día, distribuyéndose en dos líneas de producción, utilizando 30 kg de materia prima por extracción en cada marmita, produciendo aproximadamente 2 400 ml de aceite esencial de cardamomo de tercera calidad. Laborando 8 horas diariamente, se podrán realizar 4 extracciones, envasando 48 frascos de aceite esencial de cardamomo de tercera calidad con capacidad de 100 ml.

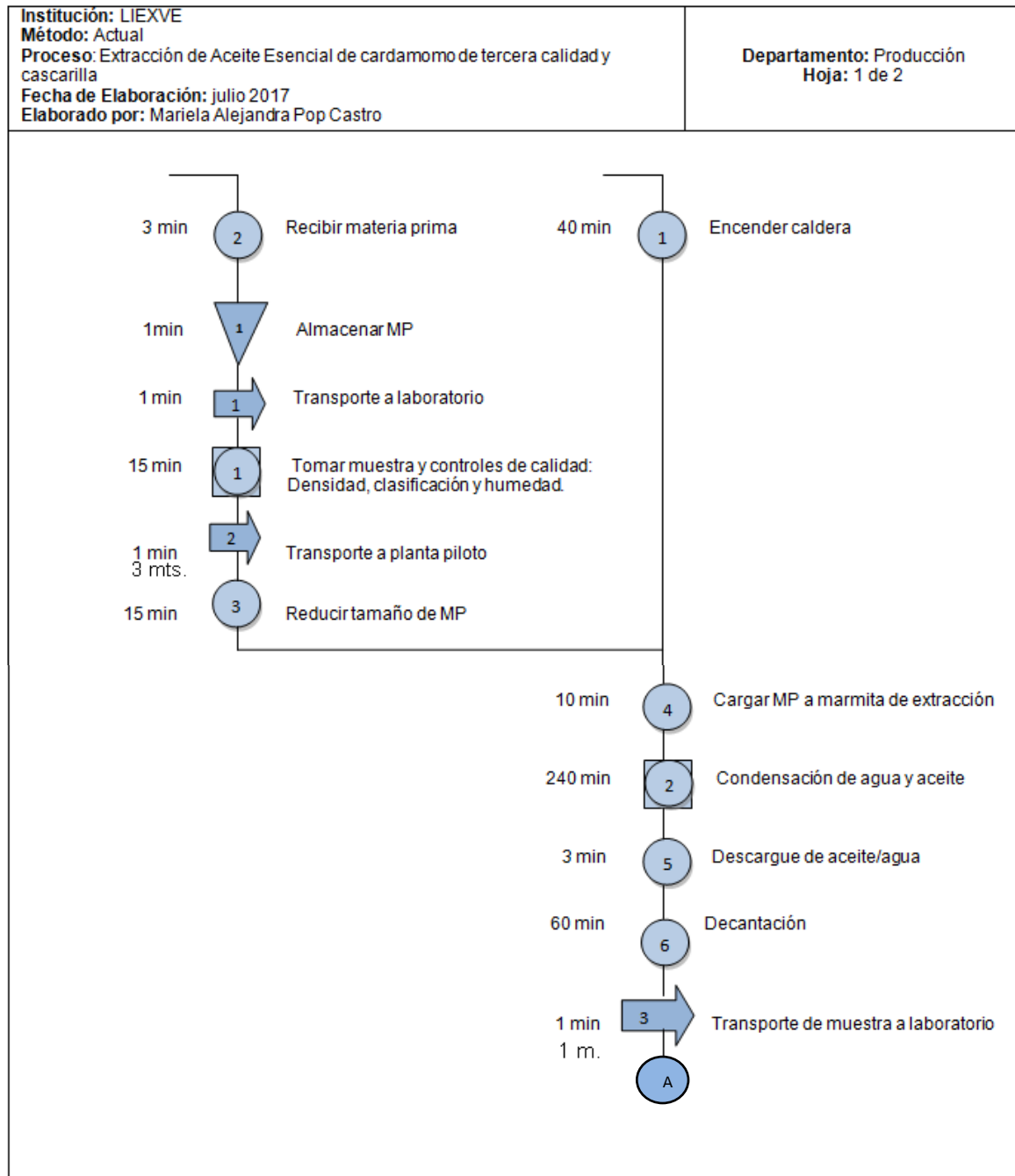
A continuación se presentan los diagramas del proceso: de operaciones, de flujo del proceso, cursograma analítico y fotografías del proceso de extracción, por el método de arrastre de vapor. Para el diagrama de recorrido se tomó el diseño de la planta descrita en el inciso 2.4.4.

Figura 15. Diagrama de operaciones del proceso de extracción de aceite esencial

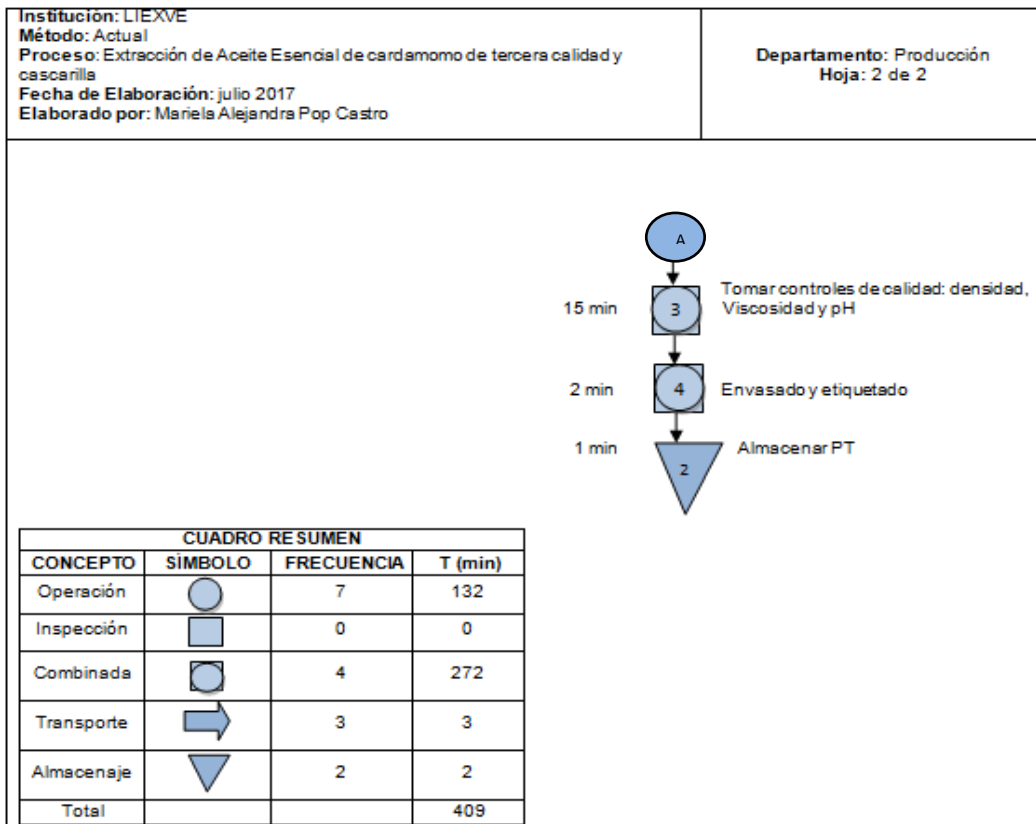


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite esencial



Continuación figura 16



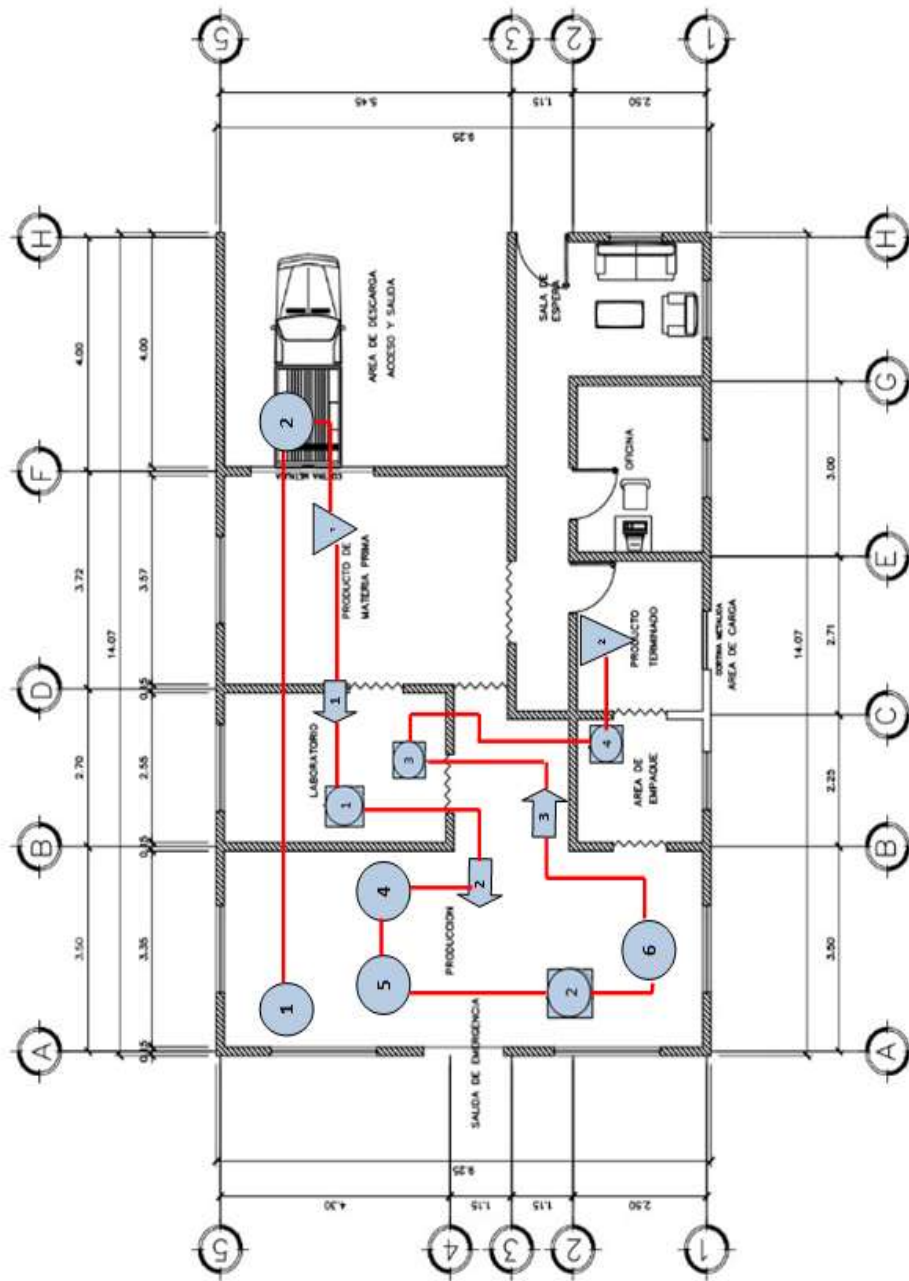
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 17. **Cursograma analítico de extracción de aceite esencial de cardamomo de tercera calidad y cascarilla**

CURSOGRAMA ANALÍTICO Diagrama No.1 Producto: Aceite Esencial de Cardamomo de tercera calidad Realizado por: Mariela Alejandra Pop Castro							HOJA 1 DE 1 Fecha:		
Descripción	Símbolo						Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
	○	□	●	▽	→	D			
Recibir materia prima	X						3		Pesar cada uno de los quintales
Almacenar Materia Prima				X			1	1	-
Transporte a laboratorio					X		1	3	-
Tomar controles de calidad: Densidad, clasificación y humedad			X				15		-
Transporte a planta piloto					X		1	3	-
Reducir tamaño de MP	X						15		5 kg. de materia prima
Encender caldera	X						40		Capacidad 10 hP
Cargar MP a marmita	X						10		-
Condensación			X				240		-
Descargue de aceite/agua	X						3		-
Decantación	X						60	0,5	Capacidad 2000 ml
Transporte de muestra a laboratorio					X		1	3	-
Muestreo y tomar controles de calidad			X				15		-
Envasado			X				2	0,5	Frascos ámbar 100 ml
Almacenar producto terminado				X			1	0,5	-

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de recorrido de proceso de extracción de aceite esencial de cardamomo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 19. **Fotografías del proceso de extracción a escala planta piloto por arrastre de vapor**

<p>Cardamomo de tercera calidad y cascarilla</p>	<p>Proceso para calcular densidad aparente</p>	<p>Molienda</p>
		
<p>Encendido de caldera</p>	<p>Colocación de materia prima en la marmita</p>	<p>Descargue y decantación</p>
		
<p>Toma de muestra</p>	<p>Determinación de Ph</p>	<p>Determinación de densidad</p>
		

Continuación figura 19.



Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Diseño de las instalaciones

A continuación se propone el diseño de una planta extractora de aceite esencial de cardamomo que incluye lo siguiente: tipo de edificio, descripción del techo y ventanas, distribución y tipo de luminarias, entre otros aspectos. Se contó con la asesoría de la empresa PrewisCad.

2.4.2.1. Localización óptima del proyecto

Según Urbinael, “método cualitativo por puntos consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización”.¹⁰ Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios.

Este procedimiento consiste en:

- Desarrollar una lista de factores relevantes.

¹⁰BACA Urbina, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. p 99.

- Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deben sumar 1,00) y el peso asignado dependerá exclusivamente del criterio del investigador.
- Asignar una escala común a cada factor (de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo.
- Calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala designada y multiplique la calificación por el peso.
- Sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación.

Se tomarán como posibles localizaciones, Alta Verapaz, opción A y Guatemala, opción B. Entre los factores que se van a considerar para la realización de la evaluación es la materia prima disponible, mano de obra disponible, cercanía del mercado, transporte y costo de insumos.

En la tabla XVIII, se presenta el análisis de la localización óptima para la línea de extracción comercial del aceite esencial de cardamomo.

Tabla XVIII. Tabla de localización por el método cualitativo por puntos

Factor relevante	Peso asignado	A		B	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
M.P. disponible	0,30	9	2,7	6	1,8
M.O. disponible	0,25	8	2	8	2
Cercanía del mercado	0,15	7	1,05	8	1,05
Transporte	0,10	5	0,5	6	0,6
Costo de insumos	0,20	6	1,2	7	1,4
Suma	1		7,45		6,85

Fuente: elaboración propia.

Según cuadro anterior, la ponderación máxima está dada por la opción A, el cual es Alta Verapaz con 7,45, por lo que se aconseja instalar la planta en este lugar por la disponibilidad de materia prima ya que esta región es la que concentra la mayor producción de cardamomo, existe mano de obra disponible y disponibilidad de mercado, pudiendo lograr una mayor tasa de rentabilidad u obtener el costo unitario mínimo.

2.4.2.2. Tipo de edificio

Al diseñar un edificio industrial se debe tomar en cuenta:

- Objetivos de la empresa y necesidades de la misma
- La localización industrial
- Disposición de maquinaria
- Distribución de planta en detalle
- Parámetros económicos
- Manejo de materiales

Los edificios se clasifican en construcción de primera categoría, segunda categoría y tercera categoría. La construcción de la planta extractora de aceite se catalogará como edificio de segunda categoría considerando que las cargas que soportan son altas, son amplias en su interior haciendo que se adapten a los procesos industriales pesados, son de montaje fácil y rápido permitiendo hacer cambios en la instalación a un bajo costo y el equipo a instalar no transmite vibraciones y ruidos que puedan afectar el edificio.

En el predominará el acero estructural con combinación del concreto armado en cantidades menores, los cimientos de las columnas serán de concreto armado, las ventanas y puertas estarán echas de aluminio y hierro; para la cubierta superior se utilizará lámina galvanizada.

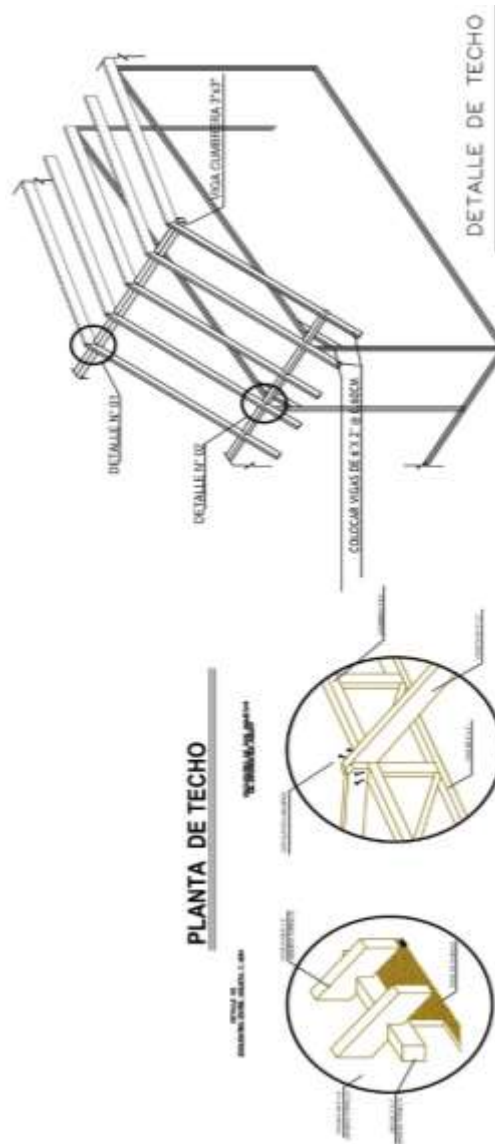
2.4.2.3. Techo

Alta Verapaz se considera como un lugar apto para la instalación de una planta extractora debido a que es el mayor productor de cardamomo del país teniendo así la disponibilidad de materia prima, el acceso y la mano de obra. Así como se tendría contacto directo con los productores de cardamomo para asegurar que se cumpla con un buen manejo agronómico iniciando con la preparación del suelo, aplicación de fertilizantes, riego, cosecha y secado, ya que de este depende el rendimiento y la calidad del aceite esencial.

Debido al clima lluvioso de esta región y contrastando al calor que genera el proceso de producción se propone un techo de dos aguas, ya que permite un mayor drenaje del agua de lluvia y por la altura del techo ayuda a la circulación del aire. Se manejará como material para la cubierta, lámina galvanizada acanalada por ser uno de los productos más usados en el medio; por su fácil instalación, su peso ligero y su precio.

El tipo de armadura a utilizar será tipo Howe, con vigas de 6x2" confinado a 0.60 mts y una viga cumbreira empleada para sostener los extremos superiores de la armadura de la cubierta de 3X3". Para evitar el deterioro de la estructura se le aplicará pintura anticorrosiva color negro.

Figura 20. **Detalles del techo**

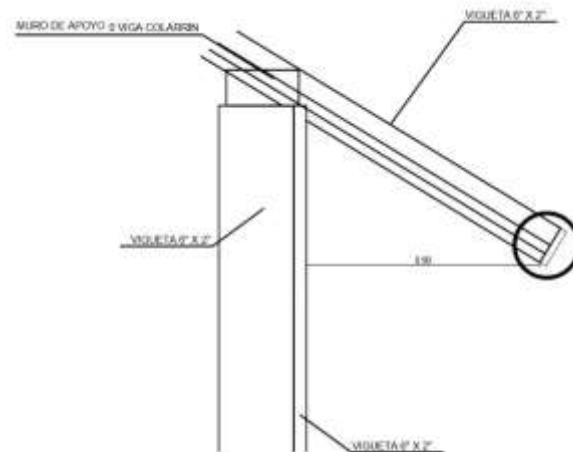


Fuente: empresa PrewisCad.

Considerando las dimensiones del equipo, el número de empleados, las actividades a realizar se propone que la planta tendrá un espacio físico de 9,25 m de ancho, 14,07 m de largo, y 4 m de alto. Se utilizarán láminas de 85 cm de ancho y 11 pies de largo. Para este tipo de techo se debe tomar en cuenta las aristas exteriores del techo con respecto a las paredes laterales y el frente con

el dorso del edificio, el saliente será de 0,90 m de distancia entre el techo y la pared. Según tabla de montaje de cubiertas (anexo 4), especifica que el ángulo recomendable para lámina galvanizada es de 20 grados sobre la horizontal.

Figura 21. **Diagrama del techo saliente**

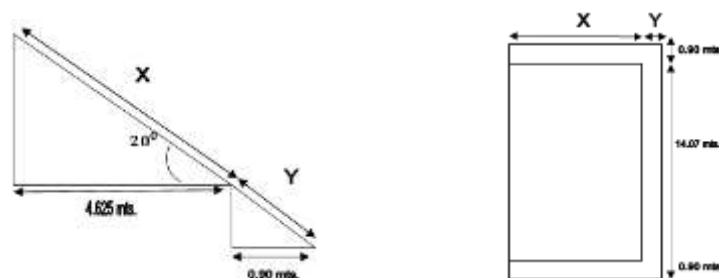


Fuente: empresa PrewisCad.

A continuación se describe el cálculo total de láminas necesarias para el edificio.

- Según diagrama se forma un triángulo principal (Y) y otro triángulo el cual es el saliente (X), aplicando trigonometría:

Figura 22. **Diagrama trigonométrico del techo.**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

$$\cos 20 = \frac{4,625}{x}$$

$$x = \frac{4,625}{\cos(20)} = 4,922$$

$$\sin 20 = \frac{0,90}{y}$$

$$y = \frac{0,90}{\sin(20)} = 0,958$$

- Largo a cubrir:

$$\text{Largo} = 14,07 + 2(0,90)\text{m} = 15,87 \text{ metros}$$

- Área total a cubrir:

$$\text{Área} = (x + y)(L) = (4,992 + 0,958)(15,87) = 94,4265\text{mts.}^2$$

- Número de láminas:

Las láminas metálicas tendrán un traslape de 2" entre cada lámina. El área útil de la lámina es de 0,7484x3,2512 m, con un área de (2,43mt²).

$$NI = \frac{\text{área a cubrir}}{\text{área de la lamina}} = \frac{94,4265\text{mt}^2}{2,43 \text{ mt}^2} = 39 \text{ láminas}$$

Dado que esto es para la mitad del edificio, el total de láminas es:

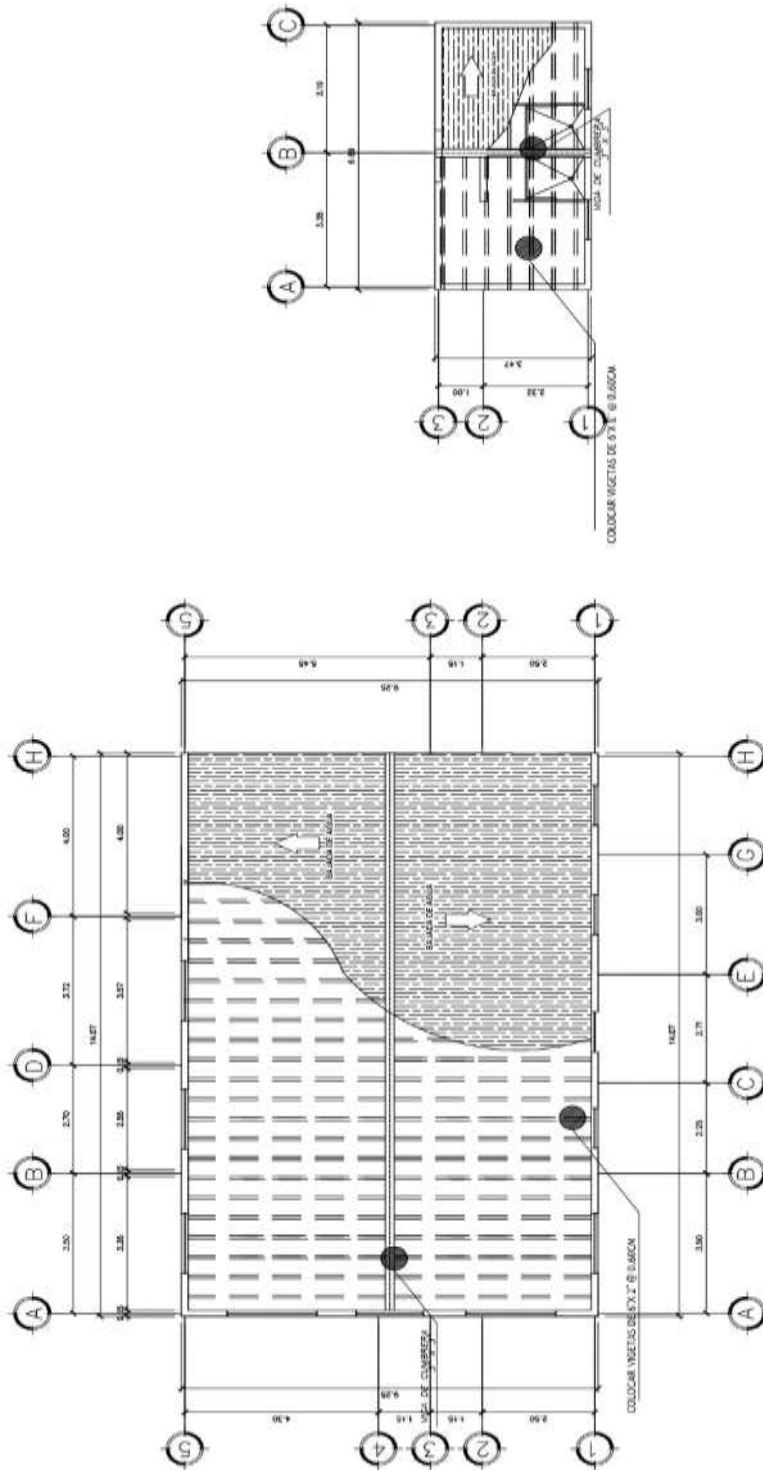
$$NI \text{ total} = 39 * 2 = 78$$

Para favorecer la iluminación se utiliza un 20 % de láminas transparentes.

$$NI \text{ total} = 78 * 0,2 = 16$$

A continuación se muestra la vista aérea del plano de techos, localizando la viga de cumbrera y las viguetas; serán necesarias 62 láminas galvanizadas y 16 transparentes para cubrir el área de la planta. Realizando el mismo procedimiento descrito anteriormente, se calculó que para los baños se utilizarán 16 láminas galvanizadas y 4 transparentes.

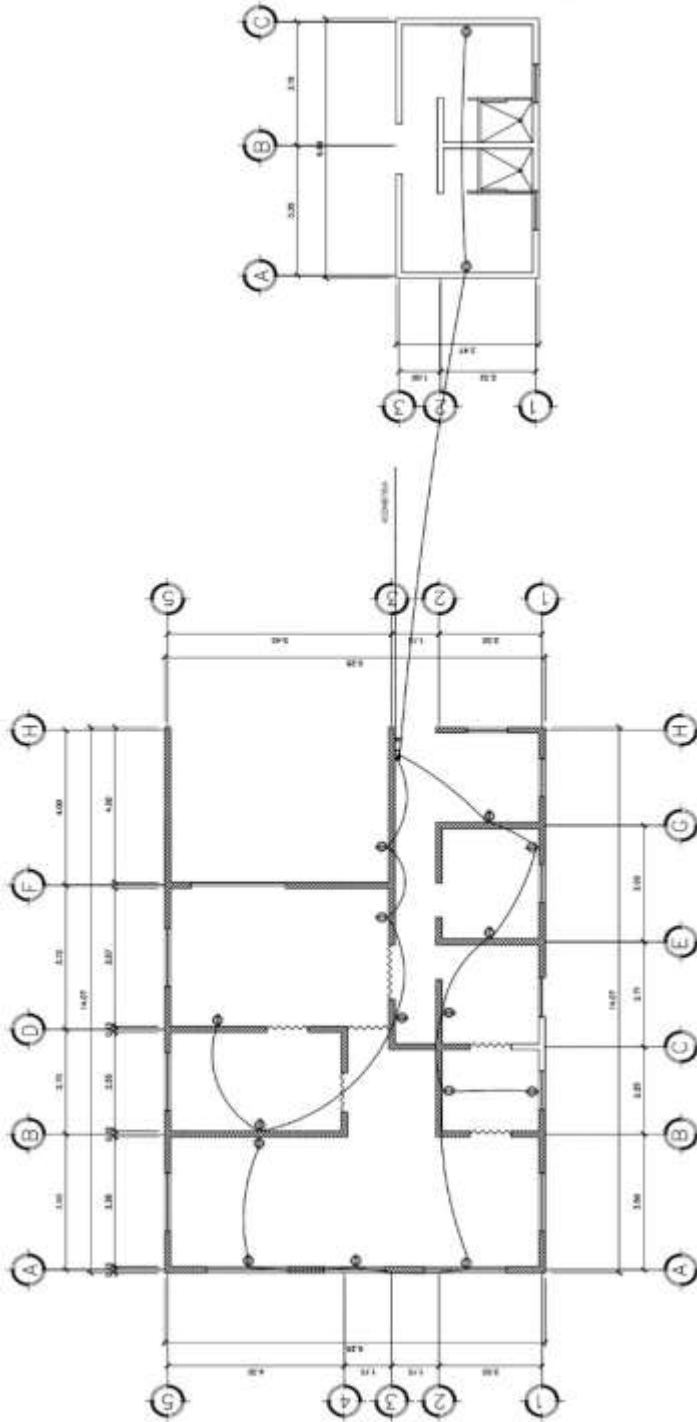
Figura 23. Vista aérea del plano de techos



Fuente: empresa PrewisCad.

El diseño de instalación eléctrica se divide en el plano de fuerza y el plano de alumbrado. En el plano de fuerza se muestran todas las tomas de corriente instaladas, la tubería de acometida será de ducto vinil de 1 ¼ “, la tubería que va a cajas de registro será de ductovinil de 1 ¼ y la tubería que va a cajas de circuito será de ductovinil de ¾ “.

Figura 24. **Plano de fuerza**



Fuente: empresa PrewisCad.

Se utilizó el método de cavidad zonal para el diseño de iluminación ya que es el más recomendado por la sociedad de Ingeniería de Iluminación IES, este asume que cada local está constituido por tres diferentes zonas o cavidades para producir una iluminación uniforme. Para aplicar este método, se procede de la siguiente manera:

- Según tabla del anexo 5 se escoge el nivel lumínico de acuerdo a la actividad a realizar, siendo este de 300 luxes ubicándonos en el nivel intermedio.
- Determinar niveles de reflectancia de la luz en las superficies de la pares, techo y piso de acuerdo a tabla del anexo 6.

Tabla XIX. **Porcentaje de reflectancia de la planta extractora**

Ubicación	Color	porcentaje de reflectancia
Techo	Oscuro	70
Pared	Claro	50
Piso	Oscuro	10

Fuente: elaboración propia.

- Calcular la altura de instalación ideal de las lámparas, tomando la fórmula de locales con iluminación directa, semidirecta y difusa. (Anexo 7)

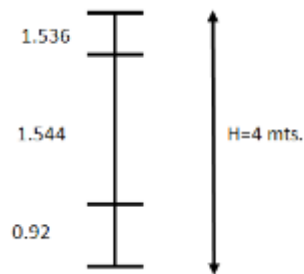
$$h = \frac{4}{5}(h' - 0,92) \quad \text{Dónde: } h' = \text{Altura del local de piso}$$

0,92 = Valor medio asumido de la altura del area de trabajo

$$h = \frac{4}{5}(4 - 0,92) = 2,464 \text{ m.}$$

- Determinar las relaciones de cavidad ambiente, de cielo y piso:

Figura 25. **Relaciones de cavidad zonal**



Fuente: elaboración propia.

$$Rca = \frac{5 \cdot Hca (L+A)}{(L \cdot A)} \quad \text{Donde: } Rca = \text{Relación de cavidad ambiente}$$

Hca = Altura Relación ambiente

L = Largo

A = Ancho

$$Rca = \frac{5 \cdot 1,544 (14,07 + 9,25)}{(14,07 \cdot 9,25)} = 1,38$$

$$Rcp = \frac{5 \cdot Hcp (L+A)}{(L \cdot A)} \quad \text{Donde: } Rcp = \text{Relación de cavidad piso}$$

Hcp = Altura Relación pis

$$Rcp = \frac{5 \cdot 0,92 (14,07 + 9,25)}{(14,07 \cdot 9,25)} = 0,82$$

$$Rcc = \frac{5 \cdot Hcc (L+A)}{(L \cdot A)} \quad \text{Donde: } Rcc = \text{Relación de cavidad cielo}$$

Hcc = Altura Relación cielo

$$Rcc = \frac{5 \cdot 1,536 (14,07 + 9,25)}{(14,07 \cdot 9,25)} = 1,37$$

- Con base en la clasificación de porcentaje de reflectancia efectiva se determina la reflectancia efectiva de cavidad del cielo (P_{cc}) y del (P_{cp}), utilizando la tabla del Anexo 8. Los valores obtenidos para P_{cc} es de 55 % y para P_{cp} = 11 %
- Buscar en la tabla el coeficientes de utilización K . (anexo 9) e interpolar.

Tabla XX. **Coeficientes de utilización a interpolar**

$K=0,610$

RCA	K
1,0	0,74
1,38	X
2,0	0,66

Fuente: elaboración propia.

- Determinar área a cubrir por lámpara.

$$D = \frac{(\text{área a iluminar} * \text{intensidad lumínica deseada})}{(\text{factor de mantenimiento} * K * \text{lúmenes por lámpara})}$$

$$= \frac{[(14,07 * 9,25) * 300 \text{ luxes}]}{(0,6104 * 0,6 * 2500 \text{ lúmenes})} = 42,643$$

$$\text{Área a cubrir por lámpara} = \frac{\text{Area a cubrir}}{D} = \frac{130,1475m^2}{42,643} = 3,05$$

- Cálculo de espaciamiento por lámpara y número de lámparas.

$$E = \sqrt{AC} = \sqrt{3,05} = 1,75$$

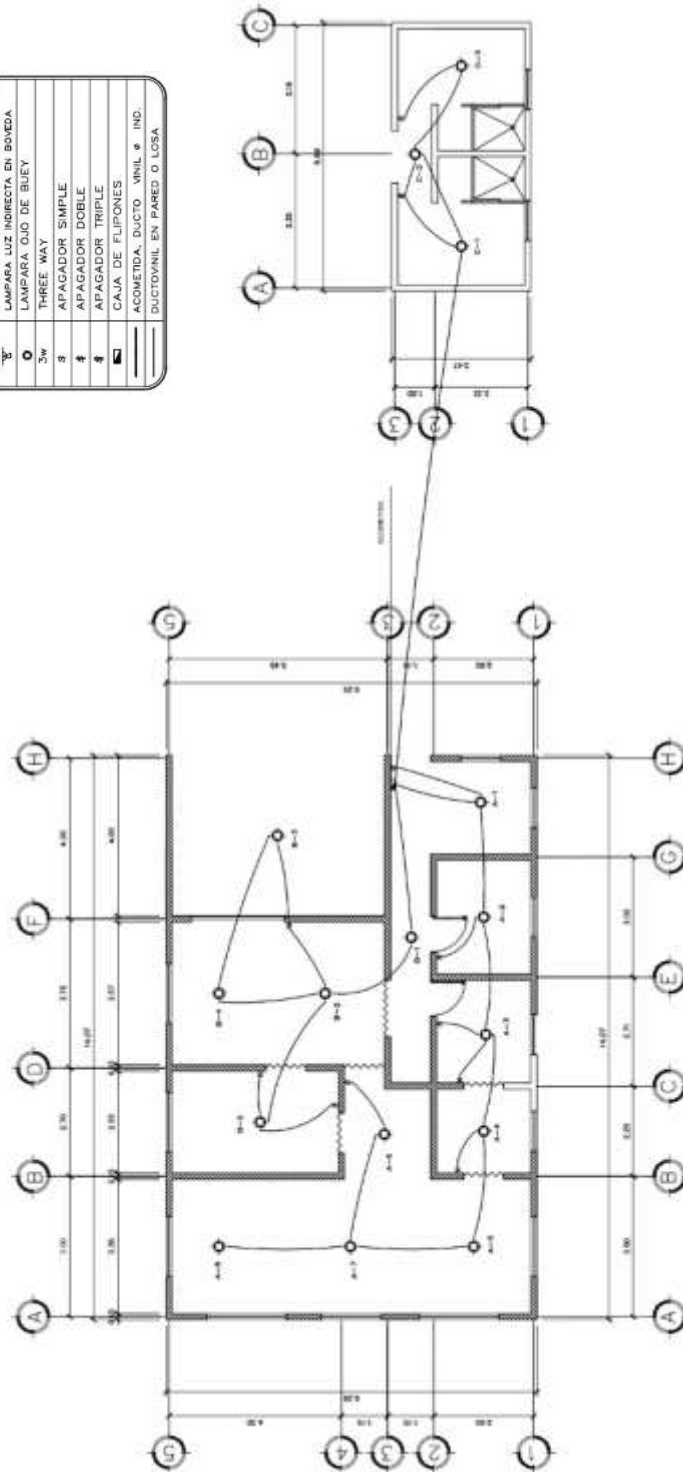
$$NLW = \frac{W}{E} = \frac{9,25}{1,75} = 5,28 = 5 \text{ lámparas}$$

$$NLL = \frac{L}{E} = \frac{14,07}{1,75} = 8 \text{ lámparas}$$

El tipo de luminarias propuestas son lámparas fluorescentes contra polvo y humedad, constituidas por 2 tubos de 40 watts de 1,2 m de largo y 2 500 lúmenes. En el siguiente plano se muestra la distribución de las luminarias.

Figura 26. Distribución de luminarias

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LAMPARA DE SOBREPONER
	LAMPARA LUZ INDIRECTA EN BOVEDA
	LAMPARA OJO DE BUEY
	THREE WAY
	APAGADOR SIMPLE
	APAGADOR DOBLE
	APAGADOR TRIPLE
	CAJA DE FLIPONES
	ACOMETIDA, DUCTO VINIL o IND.
	DUCTOVANIL EN PARED O LOSA



Fuente: empresa PrewisCad.

2.4.2.4. Pisos

El concreto será el material utilizado en la fundición del piso, esta es una mezcla de una parte cemento de 3 000 psi, 2 partes de arena, 3 partes de pedrín y menos del 20 % de agua del peso total de la mezcla. Las secciones serán de 2,5 m de ancho por 3 m de largo, con una separación de 5 mm aproximadamente y estará provista cada área por canaletas para facilitar su limpieza. Toda área de trabajo deberá estar demarcada por líneas continuas de color amarilla.

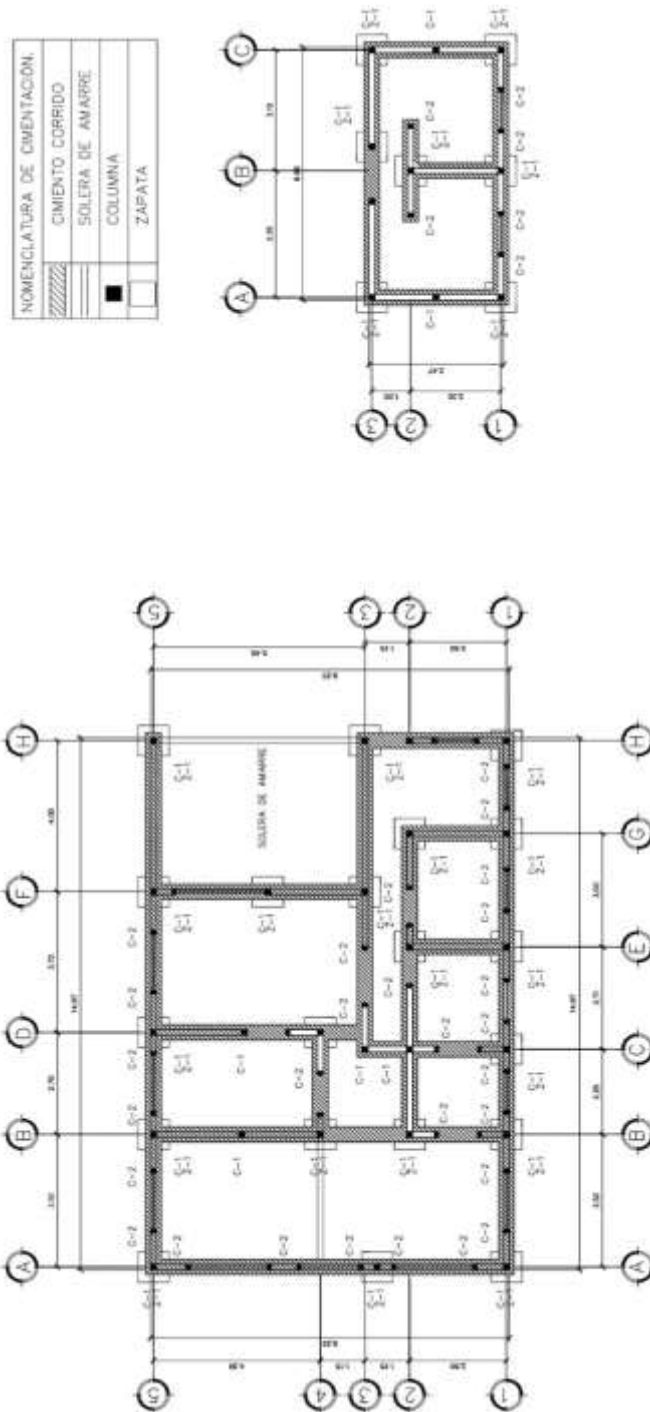
2.4.2.5. Paredes

“La cimentación tiene como función repartir las cargas de toda la edificación a la base sustentante, es decir, al terreno, de la manera más apropiada posible para que el terreno sea capaz de absorber las cargas que el edificio produce.”¹¹

Dentro del diseño de los cimientos se incluyen la localización de las columnas, identificación de zapatas, el cimiento corrido y las soleras de amarre para la planta y para el área de baños y vestidores.

¹¹FERNÁNDEZ Pérez, Marta. *Construcción de cimientos y saneamientos*. p 9.

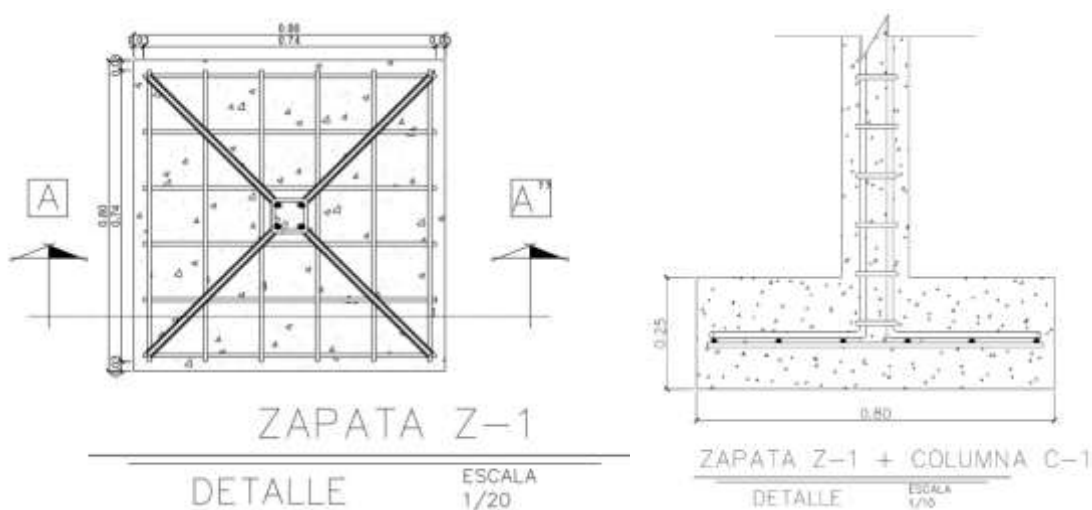
Figura 27. Planta de cimientos propuesto



Fuente: empresa PrewisCad.

“Una zapata consiste en un ancho prisma de concreto situado bajo las columnas de la estructura, cuya función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.”¹² La zapata denominada Z-1 está compuesta por 6 varillas de acero corrugado de ½” corrida a cada 0,13 m, con una dimensión de 0,80x0,80 m a una altura de 0,25 m como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 28. Zapatas de cimientos



Fuente: empresa PrewisCad.

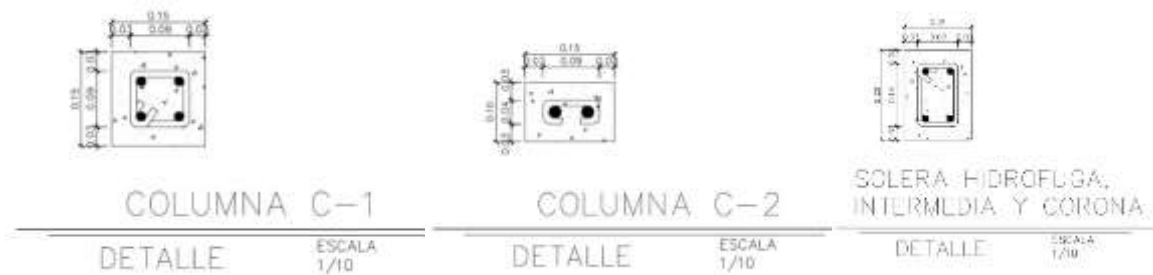
En cuanto a las columnas, la denominada C-1 se coloca en donde se encuentran las zapatas, están compuestas por un refuerzo longitudinal de 4 varillas de acero corrugado de ½” y un refuerzo transversal de estribos simples con varilla de acero liso de ¼” confinado a cada 0.10 m, la otra columna teniendo las mismas características a diferencia del grosor de 3/8” van en los alrededores de la planta y las columnas C-2 ubicadas en las puertas y ventanas poseen un refuerzo longitudinal de 4 varillas de acero corrugado de 3/8” y un

¹² *Construcción de estructuras de concreto.* [en línea]. <https://jrfrias.jimdo.com/temario/unidad-2/>. Consulta: 2 de octubre 2017

refuerzo transversal de eslabones simples con varilla de acero liso de 1/4" confinado a cada 0,10 m.

La solera hidrófuga cuya finalidad es evitar el ingreso de humedad hacia el interior de los espacios, la intermedia que da soporte de la construcción y la de corona amarra las columnas y funciona como dintel para puertas y ventanas será de refuerzo longitudinal de 4 varillas de acero corrugado de 3/8" y de estribos simples con varilla de acero liso de 1/4" confinado a 0,15 m. transversalmente.

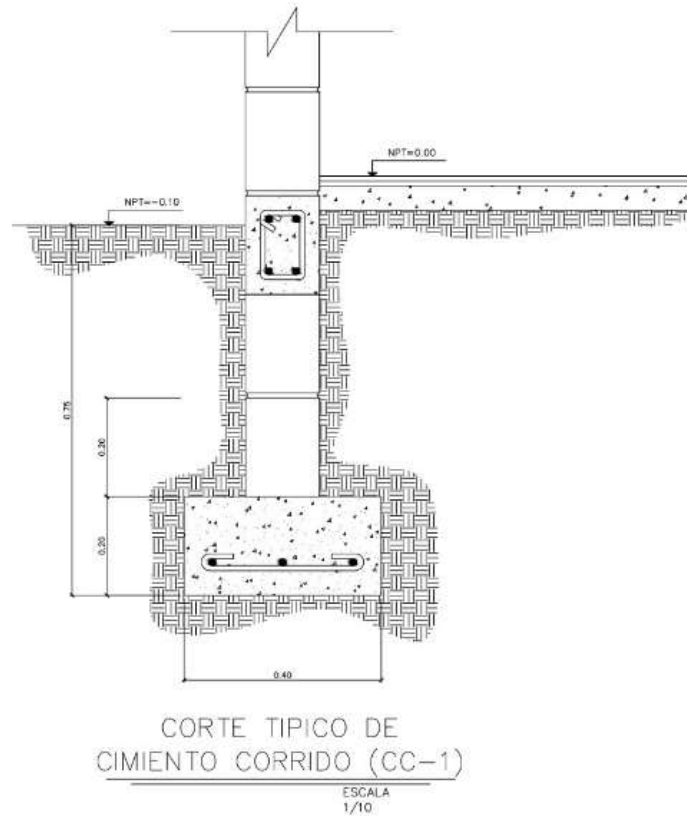
Figura 29. **Columnas y solera de cimientos**



Fuente: empresa PrewisCad.

En la siguiente imagen se puede observar el corte coronal del cimiento hasta llegar a la solera hidrófuga. El cimiento corrido sera de 0,40 mts. con un espesor de 0,20 mts, sobre él un levantado sobrecimiento de block de arena y cemento de 15x20x40 cm y por último la solera de hidrófuga.

Figura 30. **Corte típico de cimiento corrido**



Fuente: empresa PrewisCad.

Las paredes laterales serán de block hueco estructural, repelladas y pintadas con una mezcla de cal, arena, cemento y agua que ayudan a bloquear los poros, evitando que entren insectos, humedad y moho.

2.4.2.6. Ventanas

El requisito esencial en ventilación es reemplazar el aire contaminado y sobrecalentado, por aire fresco del exterior. Es necesario tomar en cuenta las dimensiones del edificio, actividades que se realizan y velocidad promedio del aire, el sistema de ventilación que se propone es natural.

A continuación se muestra el cálculo del área de ventanas para la planta:

- Volumen total de aire que se debe evacuar.

$$\text{Volumen} = 14,07 \text{ metros} * 9,25 \text{ metros} * 4 \text{ metros} = 520,59 \text{ m}^3$$

Según tabla del anexo 10, se determina que es necesaria la renovación de aire de 3 a 4 veces por hora:

$$\text{Volumen total a evacuar} = 520,59 \text{ m}^3 * 4 = 2082,36 \text{ mts}^3$$

- Determinación del volumen total a evacuar.

$$Q = C * A * V$$

Donde:

Q= volumen total a evacuar

C= velocidad de paso

A= área de la ventana

V= velocidad de viento

De la tabla del anexo 11 se tomó como coeficiente de entrada de la ventana 0,25, actuando longitudinalmente. Debido a que se plantea la instalación de la planta en Alta Verapaz, según el INSIVUMEH la velocidad promedio del viento durante el año 2016 fue de 5 km/hora. Si se considerase cambiar la localización de la planta, este dato deberá ser modificado.

$$2082,36 \text{ m}^3 = 0,25 * A * 5000 \text{ m}$$

$$A = 1,6659 \text{ mts}^2$$

- Ancho de la ventana.

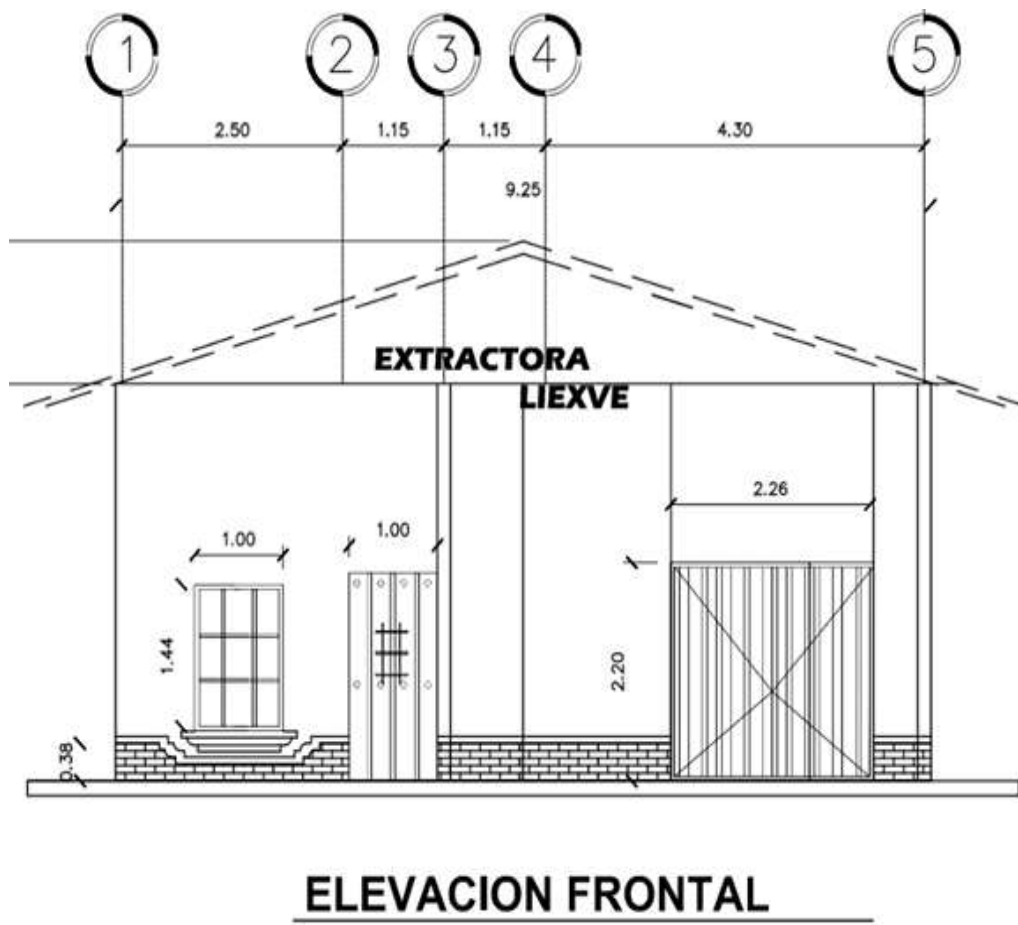
$$A = 1,6659 \text{mts}^2$$

$$A = \text{largo} * \text{ancho}$$

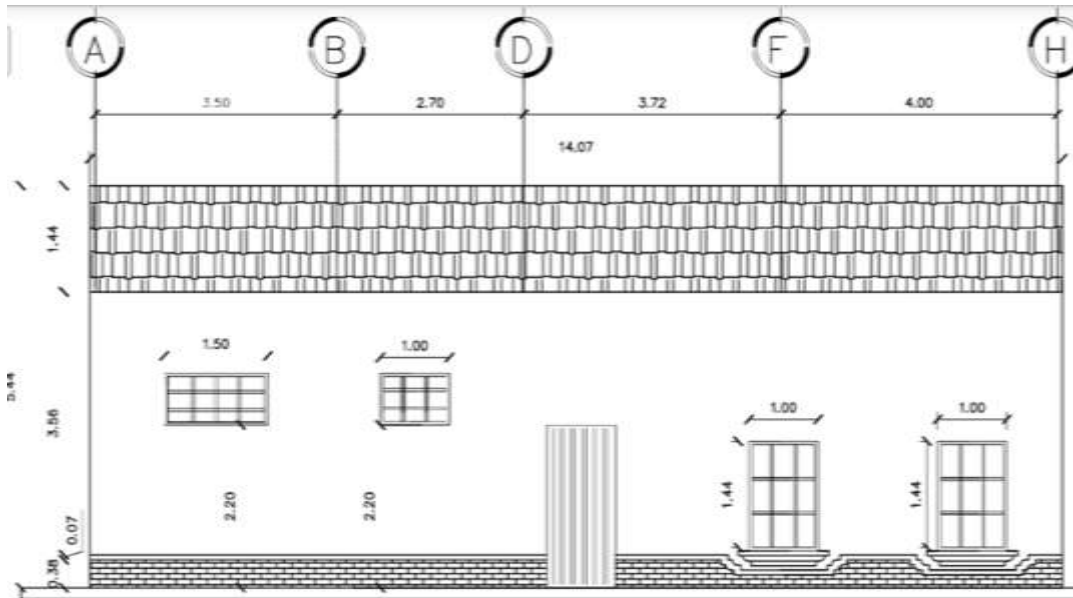
$$\text{ancho} = \frac{1,6659}{14,07} = 0,1184 \text{ m}$$

Las ventanas se pueden diseñar tomando como mínimo un ancho de 0,0592 mts a lo largo de las dos paredes de la planta. Se concluyó hacer 3 ventanas en cada pared lateral de la planta de 1,50 mts de largo y 0,70 mts ancho, elaboradas de metal y revestidas de pintura anticorrosiva color negro.

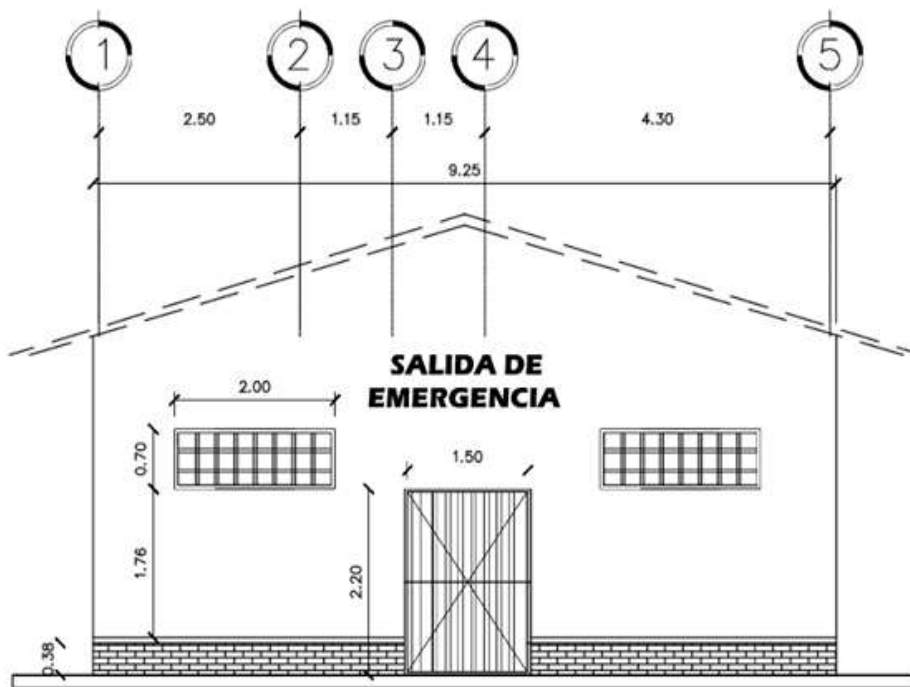
Figura 31. **Vistas de la planta extractora de aceite esencial**



Continuación figura 31.



ELEVACION LATERAL IZQUIERDA



ELEVACION POSTERIOR

Continuación figura 31.







Fuente: empresa PrewisCad.

2.4.3. Maquinaria y equipo







Basándose en la experiencia obtenida al realizar extracciones de aceite esencial en el LIEXVE y tomando en cuenta criterios como el volumen de materia prima a triturar y procesar, los controles de calidad y el tipo de actividad a realizar, las normas de manufactura e inocuidad, la seguridad y salud laboral y el espacio físico necesario para su instalación, se seleccionó el equipo y maquinaria a utilizar en la línea de producción con el objetivo de garantizar la calidad del producto y la productividad .

A continuación se describe la maquinaria y equipo propuesto para el inicio de operaciones de la planta, las imágenes fueron obtenidas de diferentes páginas de internet de empresas que venden dicha maquinaria y equipo como grupo M&R, PROINCA, Dildilab, DIPROLAB Y Universal S.A.:





Tabla XXI. **Maquinaria y equipo propuesto**

Equipo	Descripción	Especificaciones	
Caldera	Fuentes de energía, generación de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • 10 BHP • Diámetro: 40 cm • Espesor: 1/8" • Material: Acero inoxidable • Accesorios de control: Manómetro de presión interna, válvula Sensor de presión 	
Destilador	Recipiente donde se carga el cardamomo que se destila	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 1,5 m • Alto: 3 m • Espesor: calibre 3/8". Volumen: 500 Litros. • Acero inoxidable 	
Intercambiador de calor o Condensador	Remoción de calor para transformar al estado líquido la mezcla de vapor de agua y aceite esencial que emerge del destilador.	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro carcaza: 40 cm • Diámetro espiral: 20 cm • Longitud del tubo carcaza: 120 cm • Material Acero inoxidable. 	
Decantador o vaso florentino	Separa la mezcla de agua y aceite esencial proveniente del intercambiador de calor.	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 20 cm • Altura: 40 cm • Espesor: calibre 14 • Material Acero inoxidable. 	
Báscula de piso	Pesar toda la materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Max: 150 kg/300 lb • Min: 1 Kg/2lb 	

Continuación tabla XXI.

<p>Molino</p>	<p>Disminuir el tamaño de la materia prima</p>	<p>Molino de Discos (1 disco estriado grueso, 1 disco estriado fino)</p>	
<p>Embudo de decantación</p>	<p>Recipiente de vidrio cónico con una válvula para regular la separación</p>	<p>Marca:Schott Duran® Capacidad 2000 ml</p>	
<p>Balanza de precisión</p>	<p>Instrumento utilizado para en el área de control de calidad.</p>	<p>Marca: BOECO GERMANY Max 210 g Min 0,01 g</p>	
<p>Equipo para determinar humedad</p>	<p>Determina el % de humedad</p>	<p>Precisión: +/- 0,5% de humedad Dimensiones 16,5 x 7,0 x 7,5 cm</p>	
<p>Picnómetro</p>	<p>Instrumento de medición con una tapa biselada para medir la densidad del aceite.</p>	<p>De vidrio Capacidad 1ml</p>	
<p>pHmetro</p>	<p>Sensor utilizado para medir el pH para pruebas de control de calidad.</p>	<p>Marca: CHECKER-HANNA Rango:0,00 a 14 pH Precisión: 0,1 pH</p>	

Continuación tabla XXI.

Bomba para Pipeta	Base para micro pipeta en la que girando ligeramente la rueda, se aspira el líquido y ejerciendo una ligera presión se vacía automáticamente.	Hecha de plástico	
Pipeta	Mide y transvasa pequeñas cantidades de aceite para pruebas de control de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de vidrio KIMAX de 1 ml • 5 3/4" de longitud • Caja 500 piezas 	
Soporte universal	Formado por una base, en el que se ajusta una barra cilíndrica de hierro y se le acopla la abrazadera de anillo.	De hierro con base negra Medida: 28x15 cm	
Abrazadera de anillo	Soporte para colocar el embudo de decantación.	Diámetro de 10 cms.	
Probeta graduada	Instrumento cilíndrico con base ancha para medir la densidad del cardamomo y aceite esencial previo a envasado.	De vidrio Capacidad 1 000 ml.	
Mesa	Para colocar embudos de decantación y en área de empaque	Acero inoxidable con entrepiso 68"x32"x35"	

Continuación tabla XXI.

Beacker	Recipiente cilíndrico de vidrio que permitirá medir pH	Capacidad 30 ml (marca KIMAX)	
Lavatrastos	Saneamiento y desinfección de cristalería.	Acero inoxidable Dimensiones 800 X 51 cm	
Lavamanos	Ubicado en la entrada de área de producción	Lavamanos de pedal Acero inoxidable Largo: 45cm Ancho: 45cm Alto: 95cm	
Dispensador de agua	Ubicado en el laboratorio para realizar prueba de pH	De plástico Altura: 35 cm	
Dispensador de papel higiénico	Ubicado en baños	Apto para bobinas de doble capa hasta 250 mts.	
Dispensador de desinfectante y jabón	Desinfección de manos	Cant/paquete 400 ml	
Dispensador de toallas de papel	Secado de manos y cristalería	Medida: 301x278 mm	

Continuación tabla XXI.

Cepillo limpiabotas	Ubicado en la entrada de área de producción	Medida: 14" x 16" Cerdas Marrones de Polipropileno	
Cepillo para probetas	Limpieza de cristalería	Mango Galvanizado, de 60 mm De Diámetro x 500 mm Largo.	
Guantes de látex	Equipo de seguridad industrial	AMBIDERM LATEX Caja de 100 guantes	
Cofia		Polipropileno Dispensador de 100 pzas. Tamaño: 21 pulgadas.	
Bata		-	
Lentes		Transparente de marco negro	
Respirador reutilizable		3M-6200 Con filtro	

Continuación tabla XXI.

Mascarilla		Doble capa plisado SUPER PRO 100 % Polipropileno. Tamaño: 17,5 x 9 (cm)	
Botas		30 cm. de altura Suela industrial de alta resistencia, antiderrapante y gran durabilidad	
Vial	Para guardar muestras de cada producción	Capacidad 1 ml	
Frascos ámbar	Envase de producto final	Capacidad 100 ml	
Extintor	Substancia que actúa para combatir el fuego	Polvo químico seco 10 lb	
Muestreador compuesto o sonda de alvéolos.	Toma de muestras para controles de calidad	De acero inoxidable Largo 90 cm	
Manguera con carrete de pared	Limpieza de áreas	Carrete de plástico Capacidad 30 m	

Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Distribución en planta

Se propone para la línea de producción de aceite esencial de cardamomo tener un área de producción, área de empaque, departamento de control de calidad, bodega de materia prima, bodega de producto terminado, sala de espera y oficina, con el fin de cumplir con todos los procesos de extracción y así tener una planta que sea eficiente y productiva teniendo un buen ambiente laboral, incrementando la productividad, disminuyendo retrasos, optimizando espacios y reduciendo accidentes de trabajo.

El área de descarga de materia prima tendrá contacto directo a una bodega de materia prima en donde se colocará la báscula de piso y el muestreador compuesto para la toma de muestras de los lotes de cardamomo. Para tener un mejor control de esta bodega, optimizar el espacio y evitar pérdidas monetarias, se colocará en cada saco los detalles de lo almacenado (peso, nombre del proveedor, zona de producción, número de muestras, densidad aparente, humedad, número de sacos) y se aplicará el método de PEPS primeras salidas, primeras entradas, es decir darle salida a aquellos sacos que se adquirieron primero al igual que en el área de producto terminado.

El laboratorio de control de calidad se encargará de asegurar que toda la materia prima y el producto terminado cumplan con todas las especificaciones e inocuidad. Entre el equipo y cristalería a su disposición serán la balanza de precisión, equipo para determinar humedad, el picnómetro, el pHmetro, pipeta, soportes universales, abrazadera de anillo, probeta, mesa de acero inoxidable, *beacker*, vial, frascos ámbar y dispensador de agua así como se instalará un lavatrastos y un lavamanos con sus respectivos dispensadores.

En el área de producción se llevará a cabo todo el proceso de extracción de aceite iniciando con la molienda, el llenado de marmita, la decantación y el envasado. La entrada del área será para la limpieza y desinfección de manos y botas del personal que estará provista por un lavamanos de pedal, dispensador de desinfectante, jabón y toallas de papel, cepillo limpiabotas y equipo de protección (cofias, guantes de látex, batas, lentes, respiradores reutilizables, mascarillas), se ubicará el molino, todo el equipo de extracción (caldera, destilador, condensador, vaso florentino) y una mesa de acero inoxidable para el proceso de decantación.

El área de empaque cerciorará que los frascos estén correctamente pesados y sellados, y se encargará de colocar la etiqueta a cada frasco y de su embalaje colocando el certificado de control de calidad, para ello tendrá como equipo una mesa de acero inoxidable y una balanza analítica. En los alrededores de la planta se ubicará el suministro de gas y un mueble para guardar todos los utensilios e insumos de limpieza y desinfección.

Para realizar la distribución de los elementos de la planta, se utilizó el método de distribución Layout, el cual se basa en ponderaciones numéricas que indican el grado de importancia que tiene la relación de un parámetro de evaluación con otro. En la distribución de elementos de una planta, éstas ponderaciones (1, 2, 3, 4, etc.) indican el nivel de importancia de la cercanía de un departamento con otro.

En la tabla XXII se muestran los criterios a utilizar para el método LAYOUT.

Tabla XXII. **Criterios a utilizar para método de *Layout***

Nivel de Cercanía	Punteo
Indispensable	1
Deseada	2
No deseada	3
No cercanía	4

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de planta*. p. 12.

Al dibujar la matriz, colocar los elementos a evaluar y relacionar cada ambiente entre sí, con el objetivo de obtener las relaciones que permitan ubicar cada área dentro de la planta da como resultado:

Figura 32. **Matriz de *Layout***

Área de descarga	3																			
Sala de espera	1	2																		
Oficina	3	4	4	3																
Área de empaque	1	2	1	3	4	4	3													
Producción	3	1	2	1	3	4	4	1												
Producto terminado	1	2	1	2	4	2	2	4	2											
Área de Carga	4	3	4	2	4															
Laboratorio de control de calidad	4	4																		
Producto de materia prima	1																			

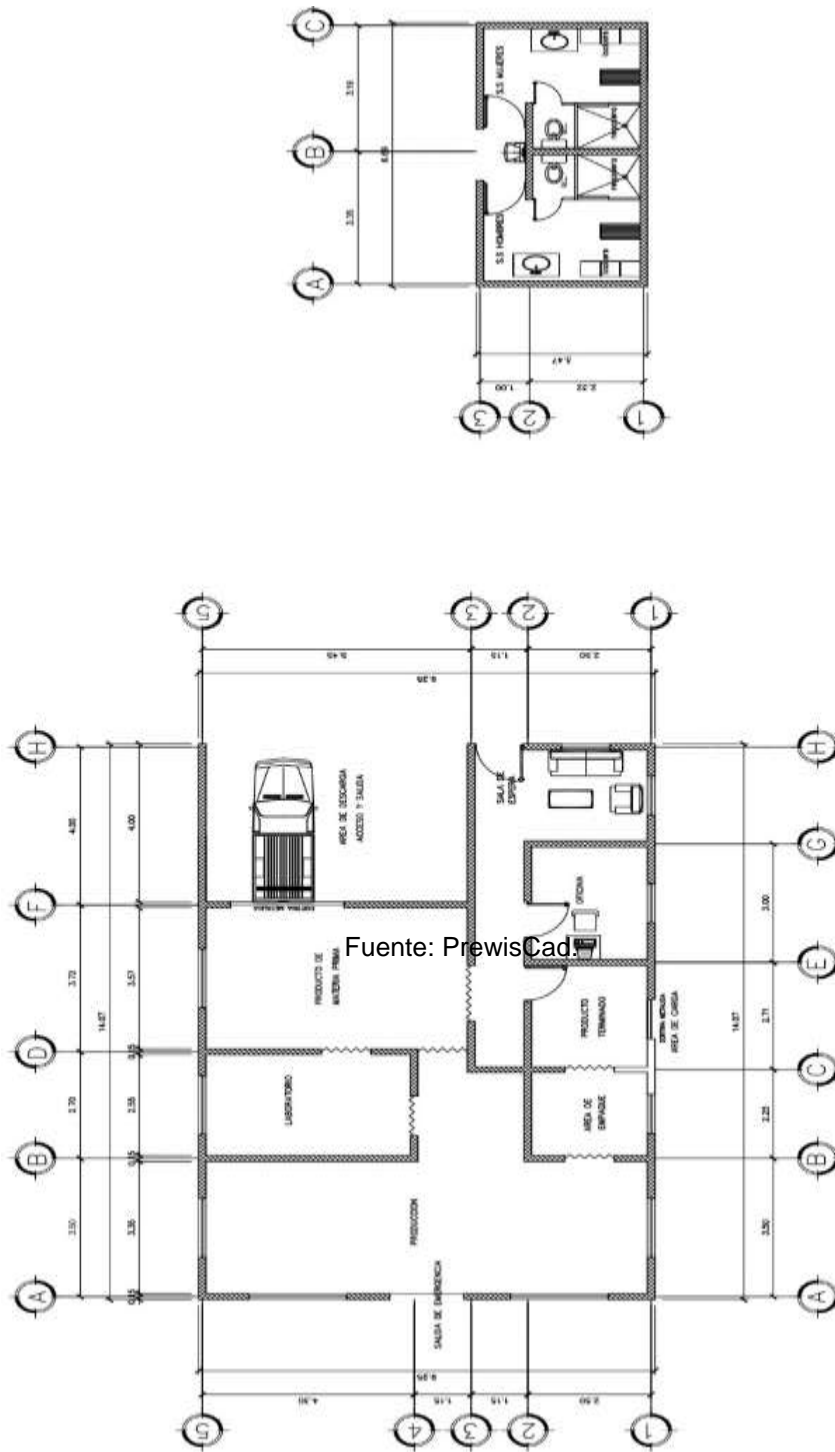
Fuente: elaboración propia.

Con las cercanías definidas se distribuye la planta, tomando en cuenta que el local físico es de 14,07 metros de largo y 9,25 metros de ancho y los baños de 6,69 y 3,47 metros respectivamente.

La planta tendrá dos entradas principales por el área de descarga y por la sala de espera. El área de descarga tendrá acceso directo a la bodega de materia prima, de ahí se podrá ingresar al laboratorio de control de calidad y al área de producción; también se podrá ingresar a la bodega de materia prima

por la sala de espera. Los envases de aceite esencial pasarán directamente al área de empaque y de ahí a la bodega de producto terminado en donde estará ubicada la puerta del área de carga, a la par de esta bodega estará la oficina y la sala de espera. En la figura 35 y 36 se muestra la distribución de la planta y el plano acotado indicando las entradas, ventanas, salidas de emergencia y el tamaño de cada área.

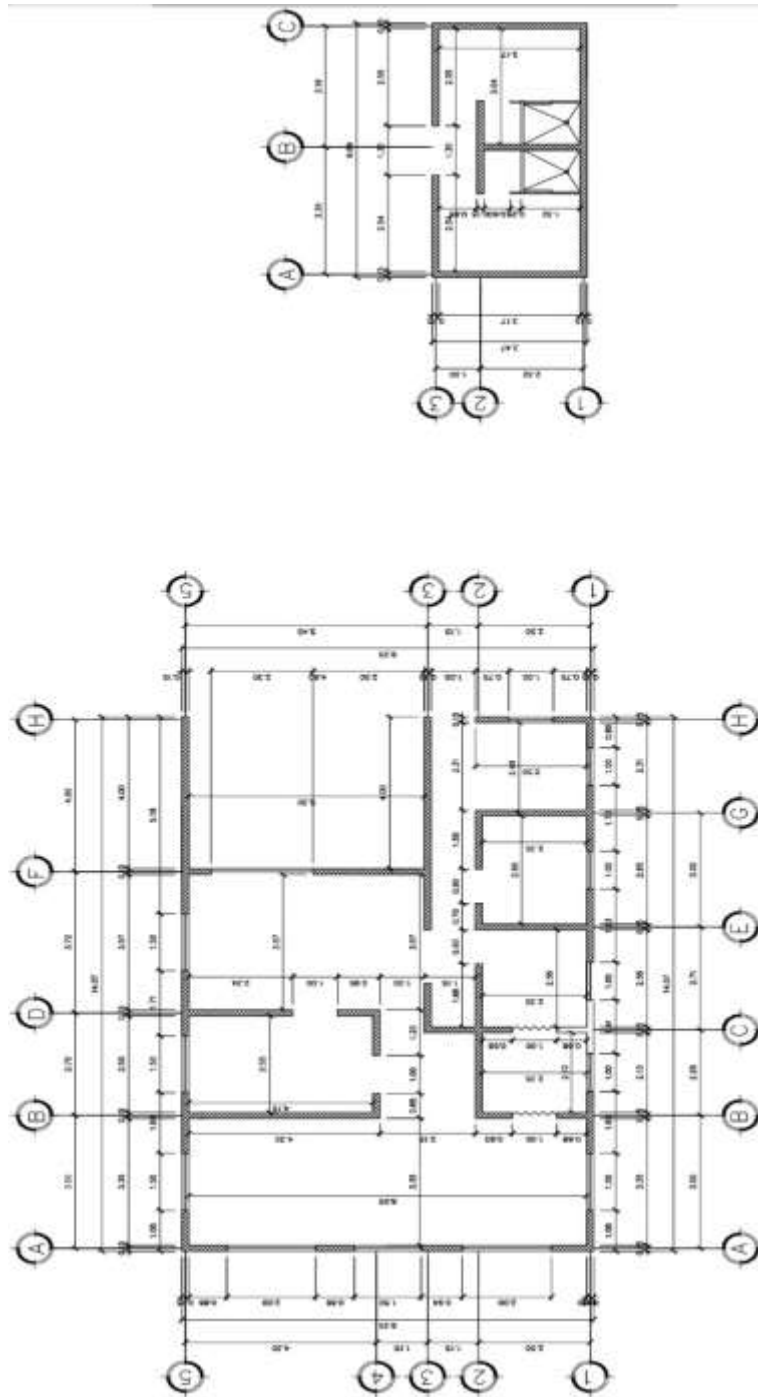
Figura 33. Plano distribución en planta



Fuente: PrewiCad.

Fuente: PrewiCad.

Figura 34. Plano acotado de planta extractora de aceite esencial.



Fuente: PrewisCad.

2.4.5. Personal

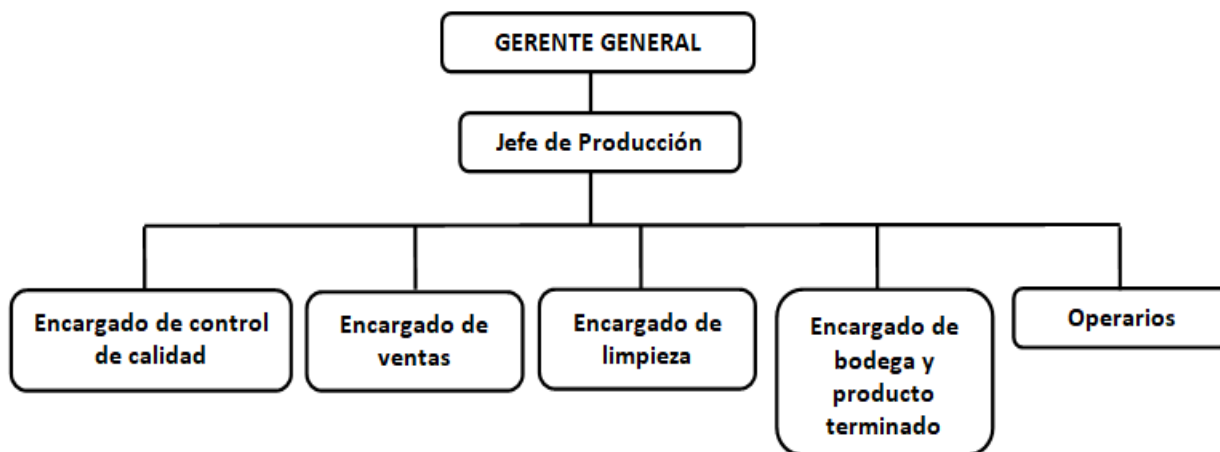
La capacidad de producción, tomando en cuenta la cantidad de materia prima disponible, el tamaño de la planta, el equipo y el rendimiento obtenido, será de 2 líneas de producción para cardamomo de tercera calidad, ya que según las pruebas experimentales el rendimiento de la cascarilla es relativamente bajo haciendo no factible su comercialización por los altos costos que esto representa.

Se debe considerar que en la producción hay 4 horas de tiempo muerto es decir de inactividad laboral, esto es durante la condensación de agua y aceite, por lo que para aprovechar la mano de obra se le asignan al personal diversidad de actividades.

Para realizar todas las actividades se necesita un gerente general en el que se centra la toma de decisiones y verifica que todos cumplan con sus funciones así como controla los presupuestos, contratos, equipos y suministros, el jefe de producción vela que todas las áreas de la planta laboren de manera eficiente y cumpliendo con la inocuidad, un encargado de control de calidad el cual realiza todas las pruebas para asegurar que la materia prima y el producto terminado cumplan con lo establecido, un encargado de limpieza y 4 operarios a cargo de la molienda y de las marmitas, el encargado de bodega y producto terminado que también etiquetará el producto y el encargado de ventas. Únicamente los días que se descargue la materia prima se contrataran a dos personas. La cantidad de personal requerido está determinado por el número de equipo a manipular, la cantidad de materia prima, las horas de trabajo y el número de envases que se desea producir al día.

En la figura 35 se presenta el organigrama propuesto de la línea extractora de aceite esencial.

Figura 35. **Organigrama propuesto**



Fuente: Elaboración propia.

Todos los puestos de trabajo tendrán una jornada de 8 horas, siendo la hora de entrada a las 8:00 am y salida a las 17:00 hrs. con hora de almuerzo de 12:00 a 13:00 pm. Los perfiles del personal se describen en las tablas XXIII al XXIX

Tabla XXIII. Perfil del puesto de gerente general

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Descripción del puesto		
Nombre del puesto: Gerente General Ubicación física y administrativa: Oficina y Áreas de producción Jefe inmediato: ninguno. Subordinados directos: Jefe de producción, Jefe de control de calidad, encargado de limpieza, operarios, encargado de bodega y producto terminado y encargado de ventas.		
Propósito		
Administrar, controlar, organizar y ejecutar todos los procesos administrativos y contables de la planta.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar, supervisar y evaluar las actividades del personal. • Planear, administrar y controlar los presupuestos, contratos, equipos y suministros. • Participar activamente en los procesos de reclutamiento, selección y entrenamiento del personal. • Organizar las ventas y estar constantemente en contacto con los clientes y proveedores junto con el encargado de ventas. • Planificar y organizar la producción de la planta. • Realizar informes mensuales sobre ventas y ganancias de la planta. • Pasar mensualmente el <i>checklist</i> de buenas prácticas de manufactura. 		
VI. Características personales		
Edad:	30-50 años	Sexo: No relevante
VII. Formación		
Escolaridad: Ingeniero Industrial, agroindustrial o carreras afines.	Idiomas: Inglés/Español, opcional Quekchí	
Experiencia: Mínimo 4 años en cargos similares.	Conocimientos específicos para el puesto: Conocimientos en técnicas de negociación, administración y gerencia. Capacidad de toma de decisiones y de trabajo en equipo. Manejo de equipo de extracciones vegetales y buenas prácticas de manufactura (norma RCTA). Conocimientos sobre prácticas agronómicas y química básica.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Perfil del puesto de jefe de producción

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Jefe de producción Ubicación física y administrativa: Oficina y Áreas de producción Jefe inmediato: Gerente General Subordinados directos: Jefe de control de calidad, encargado de limpieza, operarios, encargado de bodega y producto terminado y encargado de ventas.		
Propósito del puesto		
Encargado de velar porque las áreas de producción laboren bajo las normas de manufactura y de manera eficiente los operarios, con el fin de optimizar tiempo y materia prima, y así cumplir con lo solicitado por gerencia general.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Planificar, organizar y supervisar todas las actividades diarias dentro de la planta. • Verificar que la materia prima almacenada cumpla con el certificado de control de calidad. • Hacer cumplir la meta de producción e informar al gerente general. • Verificar que los operarios cumplan con la indumentaria y con las buenas prácticas higiénicas. • Inspeccionar que todas las áreas de trabajo estén limpias y en óptimas condiciones. • Informar a gerente general de insumos necesarios, equipos e instalaciones dañadas. • Observar que todo producto terminado cumpla con los estándares establecidos. • Apoyar a los operarios en las actividades de todas las áreas de producción. • Planificar y dar capacitaciones a operarios sobre temas que se crean necesarios. 		
Características personales		
Edad:	25-50 años	Sexo: No relevante
Formación		
Escolaridad: Ingeniero Industrial, químico, agroindustrial o carreras afines.	Idiomas: Inglés/Español, opcional Quekchí	
Experiencia: Mínima de 1 o 2 años como supervisor de proceso de plantas industriales.	Conocimientos específicos para el puesto: Manejo de equipo de extractos vegetales, buenas prácticas de manufactura (norma RCTA), habilidad de liderazgo y coordinación de equipo, conocimientos sobre ingeniería de procesos, extracción de aceites y sus técnicas, y producción agrícola de cardamomo.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Perfil del puesto de encargado de control de calidad

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Jefe de Control de Calidad Ubicación física y administrativa: Laboratorio de control de calidad. Jefe inmediato: Gerente General y Jefe de producción Subordinados directos: Operarios, encargado de bodega y producto terminado.		
Propósito del puesto		
Asegurar que los aceites cumplan con altos índices de calidad, siguiendo las normas establecidas por la industria.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los controles de calidad de la materia prima y del producto terminado. • Organizar y colocar los certificados de calidad a todos los lotes de producción. • Verificar que no salgan de la empresa productos adulterados. • Mantener en buenas condiciones de uso y funcionamiento los instrumentos y equipos para realizar actividades propias del laboratorio. • Cumplir con las normas de salud ocupacional establecidas por la empresa. 		
Características personales		
Edad: De 24 en adelante		Sexo: Femenino
Formación		
Escolaridad: Químico farmacéutico, Ingeniero químico, agroindustrial o carreras afines		Idiomas: Español
Experiencia: Mínimo 2 años con experiencia en plantas productoras de aceite.		Conocimientos específicos para el puesto: Manejo de cristalería y equipo de laboratorio. Química básica. Conocimientos de normas de grasas y aceites. Buenas prácticas de manufactura y de laboratorio, normas de higiene, y reglamento de salud y seguridad ocupacional.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Perfil del puesto de encargado de ventas

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Encargado de Ventas Ubicación física y administrativa: Oficina y sala de espera Jefe inmediato: Gerente General y Jefe de Producción Subordinados directos: Operarios, Encargado de limpieza.		
Propósito del puesto		
Brindar excelente servicio y buena atención a clientes de la empresa, con el fin de consolidar las ventas.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Organizar y transferir la orden de pedidos a encargado de producto terminado y materia prima. • Mantener la buena imagen de los productos y la satisfacción del cliente. • Desarrollar estrategias de ventas y marketing. • Elaborar informe de ventas mensuales. • Negociar personalmente los contratos comerciales con grandes clientes. • Cumplir con las metas de venta determinadas por la Gerencia general. 		
Características personales		
Edad: De 23 en adelante	Sexo: No relevante	
Formación		
Escolaridad: Licenciado en administración de empresas o afín.	Idiomas: Español e Ingles	
Experiencia: Mínimo 1 año en funciones y responsabilidades similares.	Conocimientos específicos para el puesto: Manejo de Office, Marketing, Atención al cliente, aspectos contables y conocimiento sobre el mercado de los aceites esenciales y del cardamomo. Elaboración de estrategias comerciales. Desarrollo y ejecución de nuevos proyectos comerciales. Buenas prácticas de manufactura, normas de higiene y reglamento de salud y seguridad ocupacional.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Perfil del puesto de encargado de limpieza

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Encargado de limpieza. Ubicación física y administrativa: --- Jefe inmediato: Gerente General y jefe de producción Subordinados directos: ---		
Propósito del puesto		
Mantener toda la planta limpia y desinfectada para evitar la contaminación del producto terminado y de las áreas.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar requerimientos de forma mensual de los insumos necesarios para la limpieza. • Diariamente lavar y colocar la solución desinfectante del pediluvio. • Mantener limpias las instalaciones sanitarias, regaderas, lavamanos, lavatrastos y pisos de las distintas áreas. • Mantener los alrededores de la planta libres de suciedad. • Retirar diariamente los desechos de la planta. 		
Características personales		
Edad: De 18 en adelante		Sexo: ambos sexos
Formación		
Escolaridad: nivel de educación primaria o básica.		Idiomas: Español
Experiencia: 1 año en cargos similares.		Conocimientos específicos para el puesto: Manejo y uso seguro de químicos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Perfil del puesto de encargado de bodega y producto terminado**

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Encargado de bodega y producto terminado Ubicación física y administrativa: Bodega de materia prima y producto terminado Jefe inmediato: Gerente General y Jefe de Producción Subordinados directos: no se tiene		
Propósito del puesto		
Planear, organizar, dirigir y controlar el envío de materia prima a la planta y establecer el sistema de almacenamiento de primera entradas, primeras salidas,		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Llevar el control preciso de las entradas y salidas de los productos, proveedores y clientes. • Velar que las áreas cumplan con las condiciones óptimas de almacenamiento. • Almacenar el material y el producto de una manera ordenada y accesible en la bodega. • Inspeccionar y verificar que la cantidad de materia prima llegada, sea la correcta. • Organizar y transferir la orden de pedidos a encargado de producto terminado y materia prima. • Etiquetar el producto final y colocarlos en las cajas. 		
Características personales		
Edad: De 18 en adelante	Sexo: Masculino	
Nacionalidad: No relevante	Estado Civil: No relevante	
Formación		
Escolaridad: perito agrónomo o carrera afín.	Idiomas: Español.	
Experiencia: Mínimo 1 año en funciones y responsabilidades similares.	Conocimientos específicos para el puesto: Manejo de Office y conocimientos sobre el manejo agronómico del cardamomo. Buenas prácticas de manufactura, normas de higiene y reglamento de salud y seguridad ocupacional.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Perfil del puesto de operario

PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO Y CASCARILLA.		Hoja: 1/1 Fecha: 12/09/2017
Datos generales		
Nombre del puesto: Operario Ubicación física y administrativa: Áreas de producción Jefe inmediato: Gerente General y Jefe de Producción Subordinados directos: Ninguno		
Propósito del puesto		
Realizar todas las actividades necesarias para la elaboración del extracto de aceite esencial de cardamomo.		
Funciones		
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener limpias y ordenada toda el área de producción. • Poner en funcionamiento la caldera y controlar el nivel del diesel. • Moler todo el cardamomo o cascarilla a utilizar en la producción. • Cargar marmita con la materia prima y supervisar el correcto funcionamiento de la maquinaria extractora de aceite esencial. • Cumplir con las órdenes que le sean asignadas por el jefe de operaciones. • Conocer todos los procedimientos operativos estándar de sanitización (POES) • Decantar, pesar y colocar en los recipientes del aceite esencial 		
Características personales		
Edad: De 18 a 40 años	Sexo: Masculino	
Nacionalidad: No relevante	Estado Civil: No relevante	
Formación		
Escolaridad: Nivel diversificado	Idiomas: Español.	
Experiencia: Mínimo 1 año con experiencia comprobable en empresas dedicadas a la extracción de aceites.	Conocimientos específicos para el puesto: Conocimientos sobre el manejo agronómico del cardamomo y uso de equipo destilador. Buenas prácticas de manufactura, normas de higiene, y reglamento de salud y seguridad ocupacional.	

Fuente: elaboración propia.

2.4.6. Buenas prácticas de manufactura

“Las buenas prácticas de manufactura son las condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objetivo de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente.”¹³

Para definir las buenas prácticas de manufactura que deberá incurrir la planta, se toma como apoyo el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 que tiene como objetivo establecer las disposiciones generales sobre prácticas de higiene y de operación durante la industrialización de los productos alimenticios; y el reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, Acuerdo gubernativo 229-2014 y sus reformas.

El mantenimiento de la higiene es una condición esencial para asegurar la inocuidad de los productos que se elaboran, por lo que se proponen programas de limpieza es decir procedimientos operativos estándar de sanitización (POES) indicando los equipos y utensilios a utilizar, la frecuencia, los métodos de limpieza y desinfección, los productos químicos utilizados, los responsables de la limpieza y los registros necesarios. Las BPM y los POES son de vital importancia ya que darán una guía sobre cómo deberán ser las instalaciones y como realizar todas las actividades dentro de la planta.

¹³ Reglamento técnico centroamericano RCTA 67.01.33:06. *Buenas prácticas de manufactura. Principios generales.* p 3.

2.4.6.1. Edificio

Al momento de establecer la ubicación de la planta se deberá contar con facilidades para el retiro de los desechos, así como vías de acceso y no estar en zona expuesta a peligros de contaminación física, química y biológica.

Los alrededores de planta se mantendrán en óptimas condiciones removiendo desechos sólidos y desperdicios tres veces por semana, los patios y lugares de carga y descarga se limpiarán diariamente para evitar contaminación dentro de la planta. Los espacios de trabajo entre el equipo y las paredes deben ser de por lo menos 50 cm. sin obstáculos, de manera que permita a los empleados realizar sus deberes de limpieza en forma adecuada.

El piso será de concreto con pendiente y desagüe para evacuar rápidamente el agua, al observar grietas e irregularidades en su superficie o uniones se ordena su reparación inmediatamente, las uniones entre pisos y las paredes deberán tener curva sanitaria para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de materiales que favorezcan la contaminación, en el caso del área de control de calidad será de piso cerámico color blanco. Las paredes deben ser impermeables, no absorbentes, lisas y fáciles de lavar.

Para evitar la entrada de plagas e insectos, las ventanas tendrán que estar provistas de malla contra insectos que sea fácil de desmontar y limpiar. Las puertas serán de metal con superficie lisa y no absorbente y fácil de limpiar y desinfectar.

Las 15 lámparas en todas las áreas tendrán protección y la instalación eléctrica en general será empotrada y según sea el caso estarán recubiertas por tubos.

Para evitar al máximo la contaminación, las instalaciones sanitarias estarán alejadas de la planta de producción, con ventilación hacia el exterior, provistas de papel higiénico, jabón, toallas de papel y basureros. Por cada veinte trabajadores hombres y por cada quince mujeres, se deberá tener al menos un inodoro, por lo que se contará con un inodoro por sexo al igual que las duchas y lavamanos, ambos con sus respectivos casilleros.

Al entrar al área de producción se tendrá un lavamanos no accionado manualmente provisto de jabón líquido, gel antibacterial y toallas de papel así como un pediluvio conteniendo desinfectante a base de yodo y un cepillo con pasto artificial para ayudar a remover residuos que se encuentren pegados a la suela de la bota.

Luego del proceso de extracción, estos residuos se depositarán en recipientes plásticos lavables y con tapaderas para luego ser entregados a los agricultores de la localidad, utilizándolos como abono. En cada área se tendrá un basurero y diariamente los desechos serán llevados al depósito general, alejado de la planta debidamente techado y con piso de concreto para facilitar su lavado.

A continuación se presentan las propuestas de programas de limpieza y desinfección:

Tabla XXX. POES, lavatrastos y lavamanos

		Código	
		Versión	1
		Fecha	15/08/2017
		Página	1 de 1
Elaborado por: Mariela Pop Firma:	Revisado por: Gerente general y jefe de producción Firma:	Aprobado por: Gerente general y jefe de producción Firma:	
I. OBJETIVO	Eliminar y remover cualquier suciedad que se encuentre fuera de contacto con la materia prima dentro del proceso.		
II. RESPONSABLE	Encargado de limpieza.		
III. FRECUENCIA	Diaria, al finalizar el proceso		
IV. MATERIALES Y EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente alcalino (TOPAX 17) • Esponja abrasiva, tamaño 3 ¾ " x 2 ½ " • Desinfectante yodado (MIKROKLENE) • Paños de papel desechables 		
V. ZONAS DE LIMPIEZA	Zona de producción, baños y laboratorio de control de calidad.		
VI. PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar residuos sólidos. 2. Pre-enjuague de la zona de limpieza (norma COGUANOR 29001). 3. Aplicación de detergente alcalino (solución de detergente alcalino TOPAX 17 a una solución de 50 gr por litro de agua) . 4. Fregar y asegurarse que son eliminadas todas las señales y marcas. 5. Enjuagar con abundante agua. 6. Poner la solución desinfectante yodado (1.5 gramos MIKROKLENE por litro de agua) a temperatura ambiente. 7. Enjuagar con abundante agua. 		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **POES, pediluvio**

POES Lavado y desinfección de: Pediluvios		Código	
		Revisión	1
		Fecha	15/0 8/20 17
		Página	1 de 1
Elaborado por: Mariela Pop Firma:	Revisado por: Jefe de Producción Firma:	Aprobado por: Gerente general Firma:	
I. OBJETIVO	Mantener la sanidad de los pediluvios y evitar la entrada de microorganismos a la planta.		
II. RESPONSABLE	Encargado de limpieza		
III. FRECUENCIA	Diario		
IV. MATERIALES Y EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente alcalino (TOPAX 17) • Escoba fibras de plástico, medida 37 x 11 cms. • Desinfectante yodado (MIKROKLENE) • Manguera de plástico 		
V. ZONAS DE LIMPIEZA	Zona de producción		
VI. PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drenar la solución del pediluvio. 2. Eliminar las macro suciedades. 3. Pre-enjuague de pediluvios (norma COGUANOR 29001). 4. Aplicación de detergente alcalino (solución de detergente alcalino TOPAX 17 a una solución de 50 gr por litro de agua). 5. Fregar y asegurarse que son eliminadas todas las señales y marcas. 6. Enjuagar con abundante agua. 7. Poner la solución desinfectante (1.5 gramos MIKROKLENE por litro de agua) a temperatura ambiente. 8. Enjuagar con abundante agua. 9. Colocar la nueva solución en los pediluvios (3 gramos MIKROKLENE por litro de agua). 		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Paredes, pisos, techo, puertas y ventanas.

		Código	
		Revisión	
		Fecha	
		Página	
POES Lavado y saneamiento de planta: Paredes, pisos, techo, puertas y ventanas			
Elaborado por: Mariela Pop Firma:		Revisado por: Firma:	Aprobado por: Firma:
I. OBJETIVO	Establecer las instrucciones para limpieza y desinfección de toda la planta que aseguren que las condiciones sean inocuas.		
II. RESPONSABILIDADES	Operarios del área de producción		
III. FRECUENCIA	Paredes y pisos: Diario. Puertas y ventanas: mensual Techos y luces: mensual		
IV. MATERIALES Y EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente alcalino • Esponja abrasiva • Escoba fibras de pastico • Desinfectante • Manguera • Trapos 		
V. ZONAS DE LIMPIEZA	Todas las áreas.		
VI. PROCEDIMIENTO	<p><u>Paredes, pisos, puertas y ventanas:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Remover los residuos sólidos por barrido y recolectar en recipientes plásticos. 2. Pre-enjuague de la zona de limpieza 3. Aplicación de detergente alcalino (solución de detergente alcalino Sulfonato de Sodio Lineal a una solución de 50 gr por litro de agua) y fregar con escoba o esponja donde sea necesario. 4. Enjuagar con abundante agua hasta quitar todo residuo de detergente. 5. Poner la solución desinfectante y dejar actuar por 10 minutos. 6. Enjuagar con abundante agua 7. Retirar exceso de agua hacia el desagüe. <p><u>Techos y luces:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cubrir todos los equipos eléctricos, motores y toma corrientes, con plástico. 1. Limpieza en seco con escoba 2. Pre-enjuague del techo 3. Aplicación de detergente alcalino (Topax 17 a una solución de 50 gr por litro de agua). 4. Fregar y enjuagar con abundante agua 		

Fuente: elaboración propia.

2.4.6.2. Equipo y utensilios

El mantenimiento de los equipos y utensilios tiene como finalidad incrementar la vida útil, garantizar que estos no sean fuentes de contaminación, mejorar la utilización de los recursos, que no interrumpan o alteren el proceso productivo, la correcta utilización y el buen estado higiénico de los mismos, así como no transmitir sustancias tóxicas, olores ni sabores al producto final.

Acero inoxidable y vidrio serán los materiales de los equipos y utensilios, con superficies lisas, sin roturas, astillas o agujeros. La revisión de la funcionalidad y el estado de ellos será responsabilidad del jefe de producción con apoyo de los 4 operarios, quien deberá informar al gerente en caso de algún desperfecto o mal estado para así gestionar la reparación inmediata.

Se manejarán dos tipos de mantenimientos: el correctivo y el preventivo. El mantenimiento correctivo se dará cuando durante el funcionamiento de los equipos y utensilios sea observado el daño, corrigiéndolo inmediatamente. El mantenimiento preventivo se realizará de forma periódica cada dos meses para encontrar y corregir los problemas antes de que estos provoquen fallas y tiempos muertos. El equipo como la caldera, molino y condensador que necesita de personal especializado para su mantenimiento y reparación será realizado por una empresa externa cada 6 meses, este será programado por el gerente general.

Antes, durante y después de su uso se limpiarán y desinfectarán de la siguiente manera:

Tabla XXXIII. POES. Equipo, cristalería y mesas

POES LAVADO Y DESINFECCIÓN DEL EQUIPO, CRISTALERIA Y MESAS		Código	
		Revisión	1
		Fecha	15/08/2017
		Página	1 de 2
Preparado por: Mariela Pop Firma:	Revisado por: Gerente general y jefe de producción Firma:	Aprobado por: Gerente general y jefe de producción Firma:	
I. OBJETIVO	Remover la suciedad y reducir la contaminación y propagación de contaminantes de origen biológico, físico o químico presentes en el equipo, cristalería y mesas, a un nivel aceptable.		
II. RESPONSABLES	Operarios, Jefe de producción, Encargado de control de calidad.		
III. FRECUENCIA	Diaria, al terminar cada proceso.		
IV. MATERIALES Y EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Esponjas abrasivas, tamaño 3 ¾ “ x 2 ½ “ • Soluciones detergentes (TOPAX 17) y desinfectantes (MIKROKLENE) • Papel absorbente • Bolsas de basura • Manguera • Escobillas • Lavatrastos 		
V. ZONAS DE LIMPIEZA	Área de producción, laboratorio de control de calidad, área de empaque, producto terminado y recepción de materia prima		
VI. PROCEDIMIENTO	<u>Lavado y saneamiento de cristalería:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminar todos los desechos sólidos por medio de papel absorbente. 2. Aplicar agua para remover los sólidos y grasas. (Norma COGUANOR 29001) 3. Friccionar las superficies con cepillos y una solución de detergente (solución de detergente alcalino TOPAX 17 a una solución de 50 gr por litro de agua) . 4. Aplicar agua en todas las superficies y cavidades que tengan contacto con los productos comestibles una solución de 1,5 gramos MIKROKLENE por litro de agua. 5. Dejar reposar 10 minutos. 6. Aplicar abundante agua. 7. Secar con papel absorbente. 		

Continuación tabla XXXIII.

	<p><u>Lavado y saneamiento del equipo (marmita y molino)</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Limpieza en seco: Remover con paños los desperdicios orgánicos situados en el equipo (marmita y molino).2. Enjuague inicial: Aplicar agua sobre el equipo removiendo la mayor cantidad de materia orgánica presente (pre-enjuague) de todas las superficies que entran en contacto con el alimento (Norma COGUANOR 29001).3. Frotar con esponjas abrasivas y jabón líquido alcalino cada parte del equipo, hasta que las superficies no presenten ninguna suciedad adherida.4. Aplicar agua hasta eliminar por completo la suciedad desprendida por la acción manual realizada.5. Preparar la solución desinfectante (1,5 gramos MIKROKLENE por litro de agua) en los recipientes acondicionados.6. Aplicar homogéneamente en el equipo.7. Enjuagar con agua limpia (norma COGUANOR 29001).8. En el caso de efectuarse desarmes, dejarlos limpios y armarlos. <p><u>Lavado y saneamiento del equipo (balanza y báscula)</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Aplicar agua y detergente alcalino a una esponja. (Norma COGUANOR 29001).2. Frotar por toda la superficie del equipo.3. Retirar detergente (solución de detergente alcalino TOPAX 17 a una solución de 50 gr por litro de agua) con un trapo húmedo.4. Aplicar solución de(1,5 gramos MIKROKLENE por litro de agua). <p><u>Lavado y saneamiento de mesas</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Retirar residuos sólidos con un trapo.2. Aplicar agua (Norma COGUANOR 29001) y restregar con detergente (solución de detergente alcalino TOPAX 17 a una solución de 50 gr por litro de agua) utilizando una esponja.
--	--

Continuación tabla XXXIII.

	<ol style="list-style-type: none">3. Enjuagar con abundante agua.4. Aplicar agua con desinfectante yodado (1,5 gramos MIKROLENE por litro de agua).
--	--

Fuente: elaboración propia.

2.4.6.3. Personal

Respecto al control de salud, todo el personal deberá someterse a un examen médico previo a su contratación y mantener la constancia actualizada, documentada y renovada como mínimo cada seis meses. Así mismo, debe realizarse un reconocimiento médico cuando sea necesario por razones clínicas y epidemiológicas, especialmente después de una ausencia originada por una infección contagiosa, diarrea, heridas infectadas o abierta, infecciones cutáneas o llagas que pudiera dejar secuelas capaces de provocar contaminaciones de los alimentos que se manipulan. El Gerente General y Jefe de Producción son directamente responsables del cumplimiento de esta disposición y deben tomar las medidas necesarias para que no se permita manipular los alimentos, directa o indirectamente, al personal del que se conozca o se sospeche padece de una enfermedad infecciosa susceptible de ser transmitida por alimentos, o que presente heridas infectadas, o irritaciones cutáneas.

Mensualmente se capacitará al personal sobre temas relacionados a las buenas prácticas de manufactura, buenas prácticas higiénicas, procedimientos operativos estándar de saneamiento, contaminación de alimentos y enfermedades de transmisión alimentaria entre otros temas que se crea necesarios.

Todo el personal debe cumplir con las siguientes prácticas higiénicas:

- Lavarse las manos constantemente.
- Los elementos de protección personal a utilizar serán guantes de látex, gafas, botas blancas, redecilla, uniforme (pantalón de lona y camisa polo) y bata blanca.
- Está estrictamente prohibido comer, beber, fumar, masticar goma de mascar, estornudar o toser sobre la materia prima, sonar la nariz, tocar objetos sucios y luego manipular la materia prima y secar el sudor con el uniforme.
- El uniforme y la bata se utilizara únicamente uno por día, después tendrá que lavarse.
- La ropa protectora deberá encontrarse en buen estado, de no ser así, no cumplen su función.
- Guardar la ropa y enseres personales en los casilleros.
- Las uñas deben estar cortas y limpias, el bigote y barba deben estar bien recortados, el cabello recogido y cubierto, no utilizar joyas, ni usar maquillaje.
- Las visitas que lleguen al recinto, deben cumplir con las mismas exigencias que el personal que labora en el.

En el siguiente POES se describe la forma correcta para que cada operario y visitante se lave las manos.

Tabla XXXIV. **POES lavado de manos**

		Código	
		Revisión	1
		Fecha	15/08/2017
		Página	1 de 1
Elaborado por: Mariela Pop Firma:		Revisado por: Gerente General y Jefe de Producción Firma:	Aprobado por: Gerente General y Jefe de Producción Firma:
I. OBJETIVO	Prevenir y remover microbios que pueden causar enfermedades y contaminar el producto.		
II. RESPONSABLES	Todo el personal		
III. FRECUENCIA	<ul style="list-style-type: none"> • Al iniciar la jornada laboral. • Después de haber usado los servicios higiénicos. • Después de cada descanso. • Cada vez que se manipulen elementos ajenos a la actividad realizara. 		
IV. MATERIALES Y EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Jabón líquido para manos antibacteriano y neutro CLEAN & SMOOTH. • Toallas de papel. • Lavamanos. • Desinfectante bactericida a base de yodo. 		
V. ZONAS DE LIMPIEZA	Servicio sanitario, laboratorio de control de calidad y área de producción.		
VI. PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mojar las manos (Norma COGUANOR 29001). 2. Aplicar suficiente jabón líquido antibacteriano y neutro para cubrir las superficies de las manos. 3. Frotar las palmas de las manos entre sí. 4. Frotar la palma de la mano derecha contra el dorso de la mano izquierda entrelazando los dedos y viceversa. 5. Frotar las palmas de las manos entre sí, con los dedos entrelazados. 6. Frotar el dorso de los dedos de una mano contra la palma de la mano opuesta, manteniendo unidos los dedos. 7. Rodearse el pulgar izquierdo con la palma de la mano derecha, frotar con un movimiento de rotación, viceversa. 8. Frotar la punta de los dedos de la mano derecha contra la palma de la mano izquierda, haciendo un movimiento de rotación, viceversa. 9. Enjuagar las manos. 10. Secar con una toalla de un solo uso. 11. Aplicar desinfectante bactericida a base de yodo (Bactoyod). 		

Fuente: elaboración propia.

2.4.6.4. Control de procesos y producción

El control de producción y de procesos se puede definir como “la función de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminando, mediante la transmisión sistemática de introducciones a los subordinados.”¹³

Para el control de la línea de producción, el gerente general y el jefe de producción deben estar al tanto de las actividades que se realizan en la planta desde la cantidad de materia prima a ingresar, las actividades del personal, el tiempo y la cantidad producida, los parámetros de calidad del producto hasta el almacenamiento. Las ventajas radican en que se organice la producción, se controla el consumo de materia prima, se controla el tiempo trabajado por operario y se verifica las cantidades producidas.

Se utilizarán 3 formatos para controlar la producción y los procesos. El primero a cargo del operario en donde expone las actividades realizadas y la cantidad de envases producidos, estos se comparan con las órdenes de producción que los realizará el jefe de producción y por último con el formato de control de materias primas que estará a cargo del encargado de la bodega de materia prima y producto terminado.

En las figuras 36, 37 y 38 se muestran los formatos para controlar las actividades de la línea de producción; estos serán llenados diariamente.

¹³ MONTAÑO LARIOS, José Jesús. *La calidad es más que ISO 9000*. p. 325.

Figura 36. **Formato de reporte de trabajo**

PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO			
Reporte de trabajo No. _____ Total horas trabajadas: _____			
Operario: _____			
Área donde labora: _____			
Fecha	Operaciones realizadas	Orden de producción	Cantidad producida
Inconvenientes para el desarrollo de actividades: _____			

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Formato de orden de producción**

PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO					
Responsable: _____					
Área donde labora: _____					
No. De pedido	Fecha de pedido	Fecha de entrega	Cardamomo necesario (kg)	Galones de Diesel	Cantidad proyectada

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Formato de control de materia prima**

PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO					
Responsable: _____					
Área donde labora: _____					
Fecha	No. Orden de pedido	Materiales	Cantidad entregada	Cantidad devuelta	Cantidad utilizada

Fuente: elaboración propia.

Para reducir el crecimiento potencial de microorganismo, proteger el producto final de contaminación y resguardar la salud del personal, mensualmente se pasará el siguiente *checklist* a cargo del gerente general con apoyo del jefe de producción, el cual es una lista de comprobación para verificar que se cumplan con todas las buenas prácticas de manufactura.

Tabla XXXV. Lista de verificación

BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA
Lista de verificación

Empresa: _____ Fecha: _____
 Realizado por: _____ Firma: _____
 Hora de inicio: _____ Hora de finalización: _____

	REQUISITOS	CUMPLIMIENTO			OBSERVACIONES
		SI	NO	N/A	
1	ALREDEDORES DE LA PLANTA				
1.1	Los alrededores se encuentra libres de:				
	a) basura				
	b) maleza				
	c) agua estancada				
	f) desperdicios				
1.2	Las áreas verdes se mantiene limpias				
1.3	Los patios y lugares de estacionamiento se mantiene limpios.				
1.4	Inexistencia de lugares que puedan constituir una atracción o refugio para los insectos y roedores.				
1.5	Se realizan operaciones en forma adecuada de los sistemas para el tratamiento de desperdicios.				
1.6	Las vías de acceso y patios de maniobra se encuentran pavimentados.				
1.7.	No representa peligro de contaminación el drenaje de los terrenos de las instalaciones				
2	CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE LA PLANTA				
2.1	Su construcción permite y facilita el mantenimiento y las operaciones sanitarias				
2.2	El edificio e instalaciones reducen al mínimo el ingreso de los contaminantes como humo, polvo, vapor u otros				
2.3	La planta posee ambientes como:				
	a) vestidores				
	b) servicios sanitarios				

Continuación tabla XXXV.

	c) Lavamanos				
2.4	El área de vestidores contiene muebles adecuados para guardar implementos de uso personal!				
	el área de almacenamiento está separada por:				
2.5	a) materia prima				
	b) producto terminado				
	c) productos de limpieza				
	d) sustancias peligrosas				
	Todos los materiales de la planta son:				
2.6	a) lisas (Paredes, techo, puertas, ventanas)				
	b) elaboradas de material no tóxico				
	c) fáciles de limpiar				
	d) no absorbentes				
	El área de vestidores se encuentra:				
2.7	a) en buen estado				
	b) limpia y ordenada				
	c) iluminada adecuadamente				
	d) sin alimentos almacenados				
REQUISITOS					
	Los pisos son:				
2.8	a) de materiales impermeables				
	b) lavables				
	c) lisos				
2.9	Los pisos no poseen grietas ni irregularidades en su superficie.				
2.10	Las uniones entre los pisos y las paredes deben tener curvatura sanitaria con el fin de facilitar su limpieza.				
2.11	Los pisos poseen desagües y una pendiente adecuada para permitir la evacuación rápida del agua.				
	Las paredes son:				
2.12	a) revestidas de material impermeables				
	b) no absorbentes				
	c) lisos				
	e) fáciles de lavar				
	f) de color claro				
	Los techos son:				

Continuación tabla XXXV.

2.14	a) lisos				
	b) elaborados de material no toxico				
	c) fáciles de limpiar				
	d) no absorbentes				
2.15	Las ventanas:				
	a) fáciles de desmontar				
	b) fáciles de limpiar				
	c) construidas de modo que impidan la entrada de agua, plagas y acumulaciones de suciedad.				
	d) no representan peligro de contaminación				
2.16	Las puertas de la planta:				
	a) fáciles de limpiar				
	b) no representan peligro de contaminación				
	c) superficie lisa				
	d) no absorbente				
	e) que abran hacia afuera				
f) no cuentan con espacio que represente riesgo para la introducción de plagas dentro de la planta.					
2.17	Las tuberías de agua, vapor, electricidad están en buen estado.				
2.18	La iluminación:				
	a) con luz natural o artificial				
	b) está cubierta				
2.19	c) está protegida				
	La ventilación:				
	a) corriente de aire de zona limpia a zona contaminada.				
3	b) las aberturas protegidas por mallas para evitar el ingreso de agentes contaminantes.				
	SALUD E HIGIENE DE LOS TRABAJADORES				
	3.1	Los trabajadores cuentan con tarjeta de salud vigente.			
	3.2	Los trabajadores que ingresan a las zonas de manipulación del aceite esencial y materia prima cuentan con:			
a) ropa protectora (bata)					
b) cofia					
c) calzado adecuado al área de trabajo					
	d) otros				

Continuación tabla XXXV.

3.3	Los trabajadores se lavan y desinfectan las manos:				
	a) antes de comenzar a trabajar.				
	b) después de dejar la estación de trabajo.				
3.4	c) en cualquier ocasión cuando las manos se ensucian o contaminan.				
	Los trabajadores utilizan guantes no desechables que se encuentren:				
	a) en buen estado				
	b) limpios				
3.5	c) que sean de material impermeable				
	d) otros				
3.6	El bigote y barba son recortados y cubiertos con cubre bocas.				
3.7	El cabello es recogido y cubierto por completo por un cubre cabezas.				
3.8	Los trabajadores mantienen las uñas de las manos cortas, limpias y sin esmalte.				
	Los operarios ingresan sin:				
	a) anillos				
	b) aretes				
	c) relojes				
	d) pulseras				
	e) maquillaje				
f) uñas y pestañas postizas					
3.9	g) otros				
3.9	Cuenta con acceso a servicio de salud				
3.10	Los trabajadores reportan a su supervisor cuando se presenta enfermo.				
3.11	Se regula el tráfico de manipuladores y visitantes.				
3.12	Los operarios tiene disponible el uso de una estación de lavado de manos.				
3.13	La estación de lavado de manos cuenta con jabón y toallas desechables.				
3.14	En el área de trabajo se prohíbe:				
	a) comer				
	b) fumar				
	c) mascar				
	d) toser				
	e) escupir				
4	f) otros				
	OPERACIONES SANITARIAS Y DE LIMPIEZA				
4.1	Existe abastecimiento suficiente de agua potable				

Continuación tabla XXXV.

	En el proceso, las superficies en contacto con la materia prima y el aceite esencial son limpiadas y desinfectadas:				
4.3	a) antes de su uso				
	b) después de ser usadas				
	c) después de cada interrupción				
4.4	El personal de limpieza está capacitado para realizar las actividades asignadas.				
4.5	Las superficies en contacto con la materia prima y el aceite esencial, y los utensilios usados para el procesamiento están limpios y desinfectados.				
	Las sustancias tóxicas, detergentes y desinfectantes están claramente:				
4.6	a) identificados				
	b) almacenados				
4.7	Las instalaciones físicas en general de la planta se encuentran en buenas condiciones de mantenimiento.				
4.8	Los utensilios y equipo de limpieza portátiles se almacenan limpios y desinfectados en un lugar apropiado.				
4.9	En la planta sólo se manejan los productos permitidos dentro de la misma.				
4.10	Existe un programa escrito que regule la limpieza y desinfección.				
5	INSTALACIONES SANITARIAS				
5.1	Los sanitarios se encuentra separados por sexo.				
	Los sanitarios cuentan con:				
5.2	a) lavamanos en buen estado				
	b) jabón desinfectante				
	c) papel higiénico				
	Los sanitarios se encuentran:				
5.3	a) limpios				
	b) en condiciones higiénicas				
	c) adecuadamente iluminados				
	d) accesibles al personal				
	Los inodoros cuentan con:				
5.5	a) recipientes de basura limpios y cerrados				
	b) papel higiénico				
5.6	Los sanitarios están afejados del área de procesc.				
5.7	Hay regaderas disponibles para uso del personal.				
	Los lavamanos cuenta con:				
5.8	a) jabón líquido antibacterial en dispensador				
	b) toallas de papel o secadores de aire				

Continuación tabla XXXV.

	c) Rótulos que indican lavarse las manos				
5.9	Existe un servicio de secado de manos satisfactorio.				
5.10	La calidad de agua utilizada es adecuada para el procesamiento de alimentos. Cumple con la norma COGUANOR 29001.				
5.11	El sistema de agua potable fue diseñado adecuadamente para evitar el reflujo hacia ellos (contaminación cruzada).				
5.12	Los sistemas de agua no potable están identificados.				
5.13	El transporte de aguas negras es adecuado.				
5.14	Las tuberías de agua limpia potable, agua limpia no potable y aguas servidas separadas.				
5.15	Las aguas negras o servidas no constituyen una fuente de contaminación para los alimentos, agua, equipo, utensilios o crear una condición insalubre.				
5.16	Provee un drenaje adecuado en los pisos de todas las áreas sujetas a inundaciones por la limpieza.				
5.17	Los drenajes de la planta están conectados a un sistema de alcantarillado (desagüe) o se desechan de forma adecuada para su disposición final.				
5.18	No se permite la disposición de desechos en todas las áreas por mucho tiempo.				
5.19	Los basureros son lavables y tener tapadera para evitar que atraigan insectos y roedores.				
5.20	Los desechos deben estar ubicados alejados de las zonas de procesamiento de alimentos.				
5.21	Se utiliza productos para la limpieza y desinfección aprobados.				
6	CONTROL DE PLAGAS				
6.1	Existen barreras físicas que impiden el ingreso de plagas.				
6.2	No se observan sebos o similares dentro de la planta.				
7	MAQUINARIA Y EQUIPOS				
7.1	La maquinaria y equipo están son de: a) fácil limpieza, desinsectación y mantenimiento. b) de materiales no absorbentes un corrosivos.				
7.2	El equipo y utensilios no tiene partes metálicas u otras partes sueltas que puedan caer o ser un riesgo para el producto alimenticio.				
7.3	El equipo de manufactura ha sido diseñada y construido para mantenerse en condiciones higiénicas adecuadas.				

Continuación tabla XXXV.

8	PRODUCCION Y CONTROL DEL PROCESO				
8.1	Se llevan a cabo controles de higiene relacionados a la inocuidad.				
8.2	Existen procedimientos y registros autorizados que garanticen la inocuidad del alimento.				
8.3	Se realiza análisis o pruebas que aseguren la inocuidad del producto.				
8.4	Los materiales de empaque son seguros y adecuado para el producto procesado.				
8A	MATERIAS PRIMAS				
8.1	Se cuenta con un sistema documentado de control de materias primas.				
8.2	Poseen materias primas usadas en el proceso productivo, certificados de calidad del proveedor.				
8B	OPERACIONES DE MANUFACTURA				
8.1	Existen controles escritos para reducir el crecimiento de microorganismos y evitar contaminación (tiempo, temperatura, humedad y pH).				
8.2	Posee controles necesarios para reducir el crecimiento potencial de microorganismos y evitar la contaminación del producto.				
8.3	Poseen medidas necesarias para prevenir la contaminación cruzada.				
8.4	Las materias primas y producto terminado son manipulados de tal forma que no se pone en riesgo la inocuidad del producto terminado.				
8.5	El material de envase es almacenado en condiciones de sanidad y limpieza.				
8.6	El material garantiza la integridad del producto que ha de envasarse.				
8.7	Los envases o recipientes no son usados para otro uso diferente para el que fue diseñado.				
8.8	Los envases o recipientes son inspeccionados antes del uso, a fin de tener la seguridad de que se encuentran en buen estado, limpios y desinfectado.				
8.9	Al reutilizar los envases o recipientes son inspeccionados y tratados antes del uso.				
8.10	En la zona de envasado o llenado solo permanecen los recipientes necesario.				
8.11	Las materias primas y productos terminados son almacenados en condiciones apropiadas.				
8.12	Poseen tarimas adecuadas, a una distancia mínima de 15 cm. sobre el piso y estar separadas por 50 cm. como mínimo de la pared, y a 1.5 m del techo.				
8.13	Se inspección periódica de materia prima y productos terminados.				

Continuación tabla XXXV.

8.14	La puerta de recepción de materia prima a la bodega, está separada de la puerta de despacho del producto terminado.				
8.15	Sin presencia de químicos utilizados para la limpieza dentro de las instalaciones donde se almacenan productos alimenticios.				
9	TRANSPORTE				
9.1	Vehículos autorizados por la autoridad competente.				
9.2	Operaciones de carga y descarga fuera de los lugares de elaboración.				

Fuente: elaboración propia, con base en RTCA.

2.4.6.5. Almacenamiento

Las instalaciones tendrán por separado el almacenamiento de: materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas. Las puertas de carga y descarga no deberán estar en contacto alguno y ambas estarán techadas de tal forma que las rampas estén cubiertas.

Antes de almacenar la materia y producto terminado deberá pasar por una inspección de humedad, densidad y clasificación para asegurar la inocuidad y los estándares establecidos, siempre llevando el control con el formato de la figura 8. De no cumplirlos, será rechazado todo el lote de cardamomo y aceite esencial.

Ya que la única sustancia peligrosa a utilizar es el diesel, se almacenará fuera de las instalaciones de la planta al igual que los productos de limpieza. En la bodega de materia prima y producto terminado las tarimas deberán ser de plástico, a una distancia mínima de 15 cm sobre el piso, separadas por 50 cm de la pared y a 1,5 m del techo. No se permitirá dentro de cada bodega producto ajeno a su propósito.

Durante el almacenamiento el encargado de la bodega de materia prima y producto terminado deberá ejercer una inspección periódica verificando que el cardamomo no tenga presencia de mohos o insectos, el saco este en buenas condiciones ni tenga aberturas y tenga el certificado de control de calidad. En el caso de los envases observar que todos estén correctamente sellados, limpios, con su etiqueta, en su embalaje y con el certificado de control de calidad de producto terminado.

2.4.7. Seguridad y salud ocupacional

Es de gran importancia velar por el bienestar y las condiciones adecuadas de trabajo con el fin de minimizar los riesgos y evitar accidentes o pérdidas humanas. Para asegurar que esto se cumpla es necesaria la implementación de señalización del piso por colores e identificación de tuberías de acuerdo a los riesgos y aplicaciones, señales de prohibición, de obligación, de advertencia, de evacuación, seguridad y contra incendios en toda la planta, así como tener los pasos a seguir en caso de evacuación de las instalaciones por sismos o terremotos, fugas de gas e incendios.

2.4.7.1. Señalización industrial

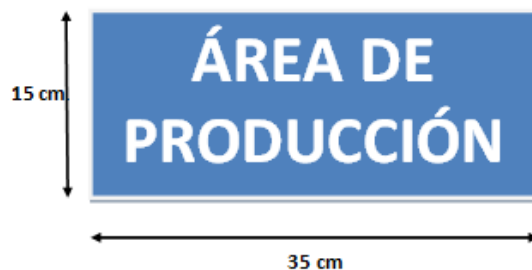
El campo de la seguridad e higiene en el trabajo se apoya en un sistema de señalización estandarizada, para reforzar las medidas relacionadas con la prevención de accidentes y enfermedades, el cual se basa en el uso de mensajes gráficos para lograr el entendimiento, la falta de ellos puede originar confusión e incluso accidentes.

Una señal de seguridad e higiene es un sistema que se compone básicamente de una forma geométrica, color de seguridad y color contraste, y un símbolo o pictograma.

La señalización de ambientes y equipos de seguridad en el trabajo está contemplado en el capítulo III. Señales de los locales de trabajo del Acuerdo Gubernativo Número 229-2014, en el que establece los objetivos de su instalación y sus especificaciones.

Cada entrada a las áreas de la planta estará identificada según la figura 35, con letras mayúsculas de color azul blanco, sobre un fondo azul oscuro y el logo de la empresa del lado izquierdo del rotulo. Todas las señales y rótulos serán elaboradas de material acrílico y deberá cumplir con las especificaciones de color y forma.

Figura 39. **Formato de identificación de áreas**



Fuente: elaboración propia.

La señalización de pisos tiene como objetivo detectar áreas de operación, objetos u obstáculos para aumentar la visibilidad y delatar la presencia de ellos, siendo los que se presentan a continuación:

Tabla XXXVI. **Señalización en piso**

COLOR	SIGNIFICADO	APLICACIÓN
Amarillo	Delimitación de áreas	Señalización de zonas de trabajo Flechas de recorrido de planta
Rojo	Peligro	Tanque de diesel
Gris		Demarcación de basureros, <i>locker</i> y soportes para elementos de aseo
Azul, verde o negro	Delimitación	Almacenamiento de materia prima y producto terminado
Franjas amarillas/negras	Precaución	Equipo extractor de aceite esencial Áreas que presentan riesgo por ser tránsito.

Fuente: Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). *Norma 29 CFR 1910.144.*

Código de colores: de seguridad para marcar peligros físicos.

Refiriéndose a la tubería, los colores de identificación para transporte de fluidos en estado líquido y gaseoso se presentan en la tabla XXXVII. Las tuberías se deberán pintar en su totalidad, incluyendo los accesorios y adicionalmente se deben colocar flechas de color contrastante que indiquen el sentido del fluido.

Tabla XXXVII. **Colores de identificación de tuberías**

Color	Fluido
Verde	Agua potable
Rojo	Vapor
Negro	Electricidad
Amarillo	Diesel

Fuente: Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). *Norma 29 CFR 1910.144.*

Código de colores: de seguridad para marcar peligros físicos.

Según el artículo 108 del Acuerdo Gubernativo 229-2014, menciona que: “Para lo concerniente a la clasificación de avisos, símbolos, pictogramas, señales y sus dimensiones, diseños e iluminación, debe tomarse en cuenta lo












dispuesto en las normas específicas para señalización de SSO en los centros de trabajo.”

Las señales propuestas tendrán una medida de 15x15 cm. A excepción de la señal contra incendios, y señales de evacuación y seguridad que serán más grandes, de 30x30cm. A continuación se muestra la propuesta de señalización industrial en todas las áreas de la planta.



Tabla XXXVIII. **Señales a instalar en la planta**

TIPO DE SEÑAL	INDICACIÓN		UBICACIÓN
Señales de prohibición	Prohibido ingerir alimentos		Ingreso a materia prima, laboratorio, área producción, área empaque y producto terminado
	No uso de celulares		
	No fumar		
	Prohibido el ingreso de personal no autorizado		
Señales de obligación	Uso de bata y uniforme		Ingreso a materia prima, laboratorio, área producción y producto terminado
	Uso de guantes de trabajo		
	Uso de cofia		
	Uso de lentes		
	Uso de botas		

Continuación tabla XXXVIII.

Señales de obligación	Uso de mascarilla		Área de producción. Molino
	Uso de lentes de protección		
	Lavarse las manos		Laboratorio, área de producción y baños
Señales de advertencia	Superficie Caliente		Caldera Marmita
	Riesgo de choque eléctrico		Caja de flipones
	Equipo en movimiento		Molino
	Riesgo de incendio/inflamable		Tanque de diesel
	Riesgo de corte		Molino
	Piso resbaloso/mojado		Señal movable
Señal contra incendio	Extintor		Ver plano (figura 28)
Señales de evacuación y seguridad	Ruta de evacuación		Ver plano (figura 31)

Continuación tabla XXXVIII.

Señales de evacuación y seguridad	Salida de emergencia		Entrada de área de materia prima, sala de espera. Salida de producción, área de empaque y producto terminado.
	Botiquín		Producción

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Guía de Señalización de ambientes y equipos de seguridad*. 18-42 p

2.4.7.2. Evacuación de las instalaciones

Cuando se produzcan emergencias en las instalaciones de la empresa por fenómenos naturales, como sismos, huracanes e inundaciones; o bien por causa de las actividades propias de la planta como incendios, fuga de vapor y de agua, o derrame de combustible, se debe proceder de la siguiente manera:

- Sismos o terremotos:
 - Mantener la calma y transmitir a los demás.
 - Apagar la caldera, cerrar llaves de agua, gas y desconectar el interruptor de energía eléctrica.
 - Alejarse de ventanas, elementos colgantes, lámparas y equipos o maquinarias.

- Ubicarse en zonas de seguridad como marcos de las puertas, junto a columnas, debajo de mesas cubriéndose siempre la cabeza con ambas manos.
 - Si fuera necesario evacuar, seguir las rutas de evacuación a las salidas de emergencias más cercanas. Con calma, sin correr ni cruzar entre la maquinaria o áreas de almacén.
 - Reunirse en los puntos de reunión y verificar si hay lesionados, incendios o fugas de cualquier tipo, de ser así, llamar a bomberos voluntarios.
- Fuga de gas
 - Si se detecta algún olor de gas, verificar la causa.
 - En caso de fuga de gas, se deberá cerrar el suministro de gas y apagar caldera.
 - No encender ni apagar ninguna luz o equipo eléctrico.
 - Evacuar tranquilamente siguiendo las rutas de evacuación.
 - El Jefe de Producción deberá llamar a la empresa de mantenimiento para que verifiquen la fuga.
 - Una vez que la fuga ha sido controlada, se procederá a trabajar de manera normal.
- Incendios
 - Al iniciarse una emergencia por incendio, verificar de inmediato el origen y magnitud.
 - Interrumpir inmediatamente el trabajo que se está ejecutando.
 - Apagar la caldera, equipos eléctricos y cortar el suministro de gas.

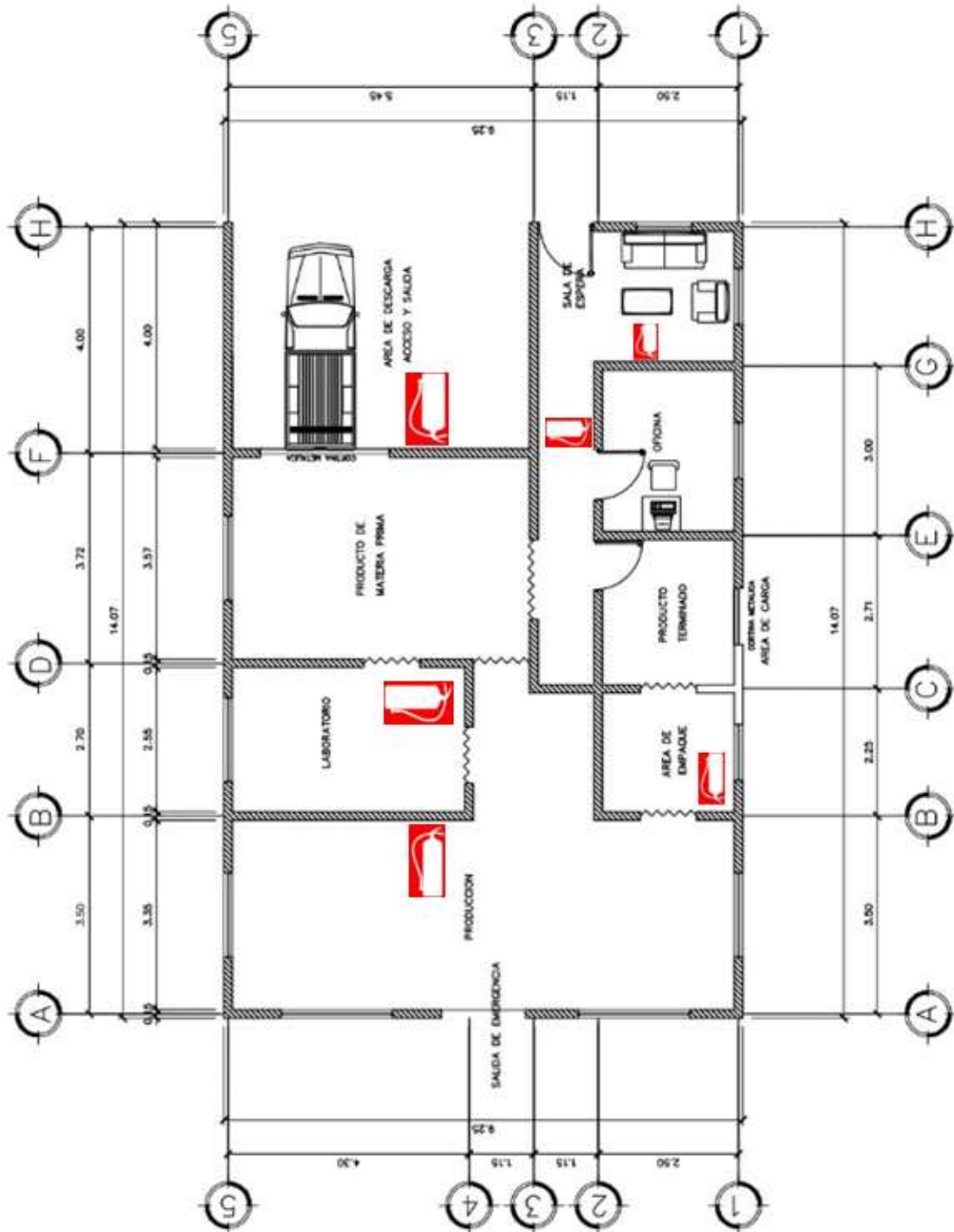
- Si se cree posible apagar el fuego mediante extintores, de la siguiente manera:
 - Mantener el extintor en posición vertical.
 - Accionar una pequeña descarga para comprobar su buen funcionamiento.
 - Apuntar a la base del fuego.

- Al no poder contener el incendio, seguir la ruta de evacuación.

Según anexo 12, la planta estará expuesta a clases de fuego A y C pues se utiliza diesel dentro de su proceso y combustible sólido de tipo orgánico como cartón y papel; para combatirlos se aconseja extintores de polvo químico seco de 10 libras.

Se aconseja la colocación de estos en áreas de proximidad a los puestos de trabajo que representen peligros. Se ubicarán a una altura de un metro cincuenta centímetros (1,50 mts) teniendo como referencia la parte superior del cilindro o cuerpo del extintor. A continuación se muestra la distribución de los extintores dentro de la planta.

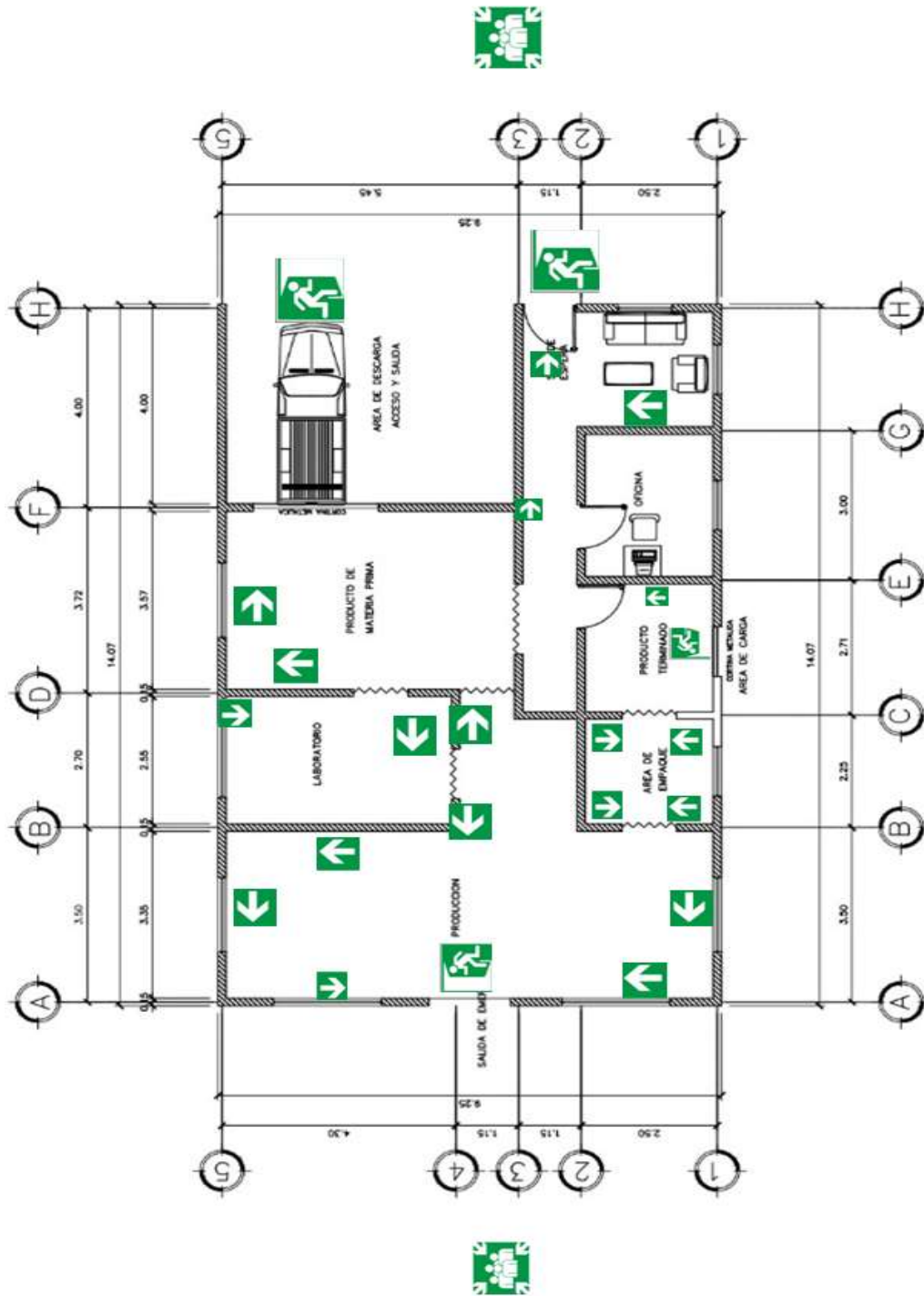
Figura 40. Distribución de extintores



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

El gerente general y el jefe de producción serán los encargados de dar capacitaciones a los empleados sobre el uso de extintores, y demostrar cómo actuar en casos de incendios, terremotos y fugas de gas. Para que se cumpla con lo anterior es necesario colocar señales de evacuación en la planta como se muestra en la siguiente figura 42.

Figura 42. Rutas de evacuación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.4.8. Análisis de costos para inicio de operaciones

En este enunciado se detallan los costos que son necesarios para la extracción de aceite esencial de cardamomo entre ellos la inversión física, materia prima, mano de obra, agua potable, mantenimiento de equipo, energía eléctrica, entre otros.

2.4.8.1. Inversión física

De acuerdo a la propuesta de la planta, será necesaria la siguiente inversión:

Tabla XXXIX. **Inversión física**

DESCRIPCIÓN	Costo (Q)
Techo	35 000
Ventanas	10 000
Puertas	10 500
Piso	35 000
Instalación eléctrica	50 000
Pared y pintura	200 000
Cimientos	50 000
Drenaje	10 000
Señalización	3 000
Total	Q403 500

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2. Producción

Estos incluyen el costo de materia prima, empaque y embalaje, mano de obra, agua potable, combustible, equipo de protección y limpieza y de cristalería y equipo.

2.4.8.2.1. Materia prima

El precio por quintal de cardamomo de tercera calidad es de Q 4 400,00, se debe considerar que los precios varían según temporada de cosecha. La tabla XL detalla el costo de la materia prima, esto teniendo en cuenta la capacidad de la planta de producción, en la que se determinó que se realizarán 4 producciones por día, restando los días de asuetos establecidos se cuentan con 250 días laborales por lo que se tiene un total de 1 000 extracciones al año, necesitando 30 kg de cada materia prima por cada una.

Tabla XL. Costo materia prima

DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Cantidad/ año	Costo por unidad (Q)	Subtotal
Cardamomo de tercera Calidad	Kg.	30 000	44	1 320 000,00
			Total	1 320 000,00

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.2. Empaque y embalaje

Hace referencia al costo de empaque primario y secundario. El empaque primario es un frasco de vidrio color ámbar con capacidad de 100 ml, mientras que el empaque secundario es cartón corrugado con capacidad de 12 frascos.

Tabla XLI. Empaque y embalaje

DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Cantidad/ año	Costo (Q) por unidad	Subtotal
Frascos ámbar	unidad	12 000	3	36 000
Etiquetas	unidad	12 000	0,25	3 000
Caja de cartón	unidad	1000	6	6 000
			Total	Q45 000

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.3. Mano de obra

Para la transformación de la materia prima al producto final se necesita un jefe de operaciones, 4 operarios y un encargado del control de calidad, laborando durante 8 horas. Realizan las operaciones de molienda, puesta en marcha de destilación, controles de calidad y apoyan en la limpieza del área de producción.

En la tabla XLII se muestra el costo de mano de obra tomando como base el Salario Mínimo 2017 en Guatemala que incluye la bonificación incentivo de Q250,00, a esto se le suma las prestaciones laborales como el Bono 14 y aguinaldo que es equivalente a un 100 % de sueldo mensual respectivamente.

Tabla XLII. Costo de mano de obra

Puesto	Cantidad de personal	Salario mensual (Q)	Total mensual (Q)	Prestaciones laborales (Q)	Total anual (Q)
Operarios de producción	4	2 747,04	10 988,16	5 494,08	137 352,00
Jefe de operaciones	1	7 000	7 000	14 000	98 000,00
Encargado de control de calidad	1	6 000	6 000	12 000	84 000,00
			Total		Q319 352,00

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.4. Agua potable

El agua potable es utilizada en el sistema de destilación por arrastre de vapor, en el lavado de las instalaciones, del equipo y de los utensilios.

Según la municipalidad de Alta Verapaz, el costo del agua por mes para un rango de consumo de 61 a 120 m³ es de Q4,48 por m³, más el costo del alcantarillado que es el 20% del total de consumo, a esto se le suman Q21,00 de cargo fijo.

Tabla XLIII. **Costo de agua potable**

DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Cantidad/año	Costo/m3 (Q)	Subtotal mes (+ Alcantarillado)	Total (+ iva)
En área de producción	m3	720	4,48	3 870,72	4 122,72
En Limpieza	m3	480	4,48	2 580,48	2 832,48
Total					Q6 955,2

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.5. **Combustible**

Al realizar las pruebas en planta piloto se determinó que se utilizan 0,67 galones para llegar a la presión y 1,2 galones/hora es decir 7,48 galones por extracción para generación de vapor en el sistema de destilación por extracción.

Tabla XLIV. **Costo de combustible**

DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Cantidad/año	Costo/galón (Q)	Total
Diesel	galón	37 000	20,09	743 330
Total				Q743 330

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.6. **Equipo de protección y limpieza**

En el siguiente cuadro se detallan los costos de los insumos utilizados para la limpieza de las instalaciones y del equipo, así como del equipo de protección personal que incluye overoles, botas, lentes, guantes y respiradores.

Tabla XLV. Costo de equipo de protección y limpieza

DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	Cantidad/año	Vida útil/año	Costo (Q)	Valor de Rescate (Q)	Depreciación / año (Q)
Manguera con carrete para pared	-	1	4	400	50	87,5
Trapeador	-	12	1	200	0	200
Pala Basura	-	3	1	50	0	50
Escoba Angular	-	6	1	120	0	120
Cofia	Cajas	6	1	240	0	240
Batas	Unidad	10	2	1 500	400	550
Cubreboca	Caja	6	1	360	0	360
Lentes	-	15	2	165	20	72,5
Guantes de Látex	Caja	15	1	600	0	600
Mascarilla reutilizable	-	4	2	1 000	400	300
Botas	Pares	12	4	1 200	400	200
Detergente TOPAX 17	Galón	10	1	1 500	0	1 500
Jabón líquido para manos	Galón	10	1	800	0	800
BACTOYOD	Galón	10	1	2 000	0	2 000
Desinfectante MIKROKLENE	Galón	10	1	2 300	0	2 300
Bolsas plásticas	-	1000	1	300	0	300
Esponja	-	24	1	48	0	48
Limpiadores	-	24	1	100	0	100
Cepillo limpiabotas		1	3	150	50	33.33
Cepillo para cristalería		3	1	43.5	0	43.5
Toallas de papel	Rollos	35	1	1 500	0	1 500
			TOTAL	Q14 576,5		Q11 404,83

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la manguera, bata, respiradores, cepillos y botas; el costo se determinó por la vida útil de los productos. El método de depreciación utilizado es el directo, debido a que es proporcional con el tiempo.

2.4.8.2.7. Cristalería y equipo

En la tabla XLVI se enlista toda la cristalería y equipo necesario, tomando en cuenta la vida útil por año para determinar el costo de depreciación.

Tabla XLVI. Costo de cristalería y equipo

DESCRIPCIÓN	Unidades	Costo (Q)	Vida útil/ año	Valor de Rescate (Q)	Depreciación/ año (Q)
Caldera	1	100 000	15	30 000	4 666,67
Condensador	2	35 000	15	3 000	2 133,33
Marmita	2	150 000	15	36 000	7 600,00
Sistema de enfriamiento	1	25 000	15	7 000	1 200,00
Molino	1	13 952	10	3 000	1 095,20
Equipo para determinar humedad	1	7 000	15	2 000	333,33
Muestreador compuesto	1	300	10	50	25,00
Báscula de piso	1	8 000	5	3 000	1 000,00
Balanza Analítica	1	16 975	5	5 000	2 395,00
Probeta graduada	2	540	5	50	98,00
Embudo de decantación	2	1 650	5	500	230,00
Picnómetro	1	250	5	70	36,00
pH metro	1	1 320,5	3	370	316,83
Bomba para pipeta	1	73,5	3	20	17,83

Continuación tabla XLVI.

Pipeta	500	525	1	0	525,00
Soporte universal	2	400	5	50	70,00
Piceta polietileno	2	80	3	20	20,00
Beacker	4	80	3	20	20,00
Vial	500	800	1	0	800,00
Anillo con sostenedor	2	137	3	30	35,67
Lavatrastos	1	2 500	10	600	190,00
Lavamanos	1	2 700	10	800	190,00
Dispensador de agua	1	109	3	25	28,00
Dispensador de desinfectante	2	300	6	40	43,33
Dispensador de jabón	2	300	6	40	43,33
Extintor	6	2 550	8	800	218,75
Dispensador de toallas de papel	2	500	6	90	68.33
Mesas de acero	2	3 000	10	1000	200
	Total	Q409 042.			Q25 932.95

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la inversión inicial asciende a Q409 042 y la depreciación por año es de Q25 932,95

2.4.8.2.8. Energía eléctrica

En la tabla XLVII se muestra el consumo y la tarifa de energía eléctrica utilizada en iluminación y uso de equipo, incluye el IVA.

Tabla XLVII. Costo de la energía eléctrica

DESCRIPCIÓN	Kw	Costo/kwh (con iva) (Q)	Subtotal kw/año (Q)	Subtotal (con cargo fijo) (Q)
Iluminación	1 500	1,9	2 850,00	3 281,28
Uso de Equipo	200	1,9	380,00	811,28
		Total	3 230,00	Q. 4 092,56

Fuente: elaboración propia.

2.4.8.2.9. Costos totales de producción

Los costos de producción se muestran a continuación, realizando 1 000 extracciones de aceite esencial de cardamomo al año.

Tabla XLVIII. Resumen costos de producción

DESCRIPCIÓN	Costo/ año
Materia Prima	1 320 000,00
Empaque y embalaje	45 000
Costo de mano de obra	319 352,00
Costo de agua potable	6 955,20
Equipo de protección y limpieza	1 1404,83
Cristalería y equipo	25 732,95
Combustible	743 330,00
Energía eléctrica	4 092,56
Total	Q2 475 867, 54

Fuente: elaboración propia.

2.4.9. Costos de administración

Los costos administrativos incluyen al gerente general, encargado de bodega y materia prima, encargado de limpieza y de ventas. En el costo total anual se incluyen las prestaciones laborales como el Bono 14 y el aguinaldo.

Tabla XLIX. **Costos administrativos**

Puesto	Cantidad	Costo/mes (Q)	Vida útil (años)	Total anual (Q)
Gerente General	1	6 000,00	-	84 000,00
Encargado de limpieza	1	2 747,04	.	38 458,56
Encargado de bodega y producto terminado	1	4 000	.	56 000,00
encargado de ventas	1	6 000	.	84 000,00
Escritorio	1	2 000,00	5	400
Computadora	1	3 999,00	5	799,8
Servicios (teléfono, basura)	-	300,00	-	300,00
Útiles de escritorio	-	300,00	1	300
			Total	Q264 258,36

Fuente: elaboración propia.

Los costos administrativos ascienden a Q264 258,36 anuales, estos se consideran un costo fijo ya que independientemente del nivel de operación de la planta, la empresa debe pagarlos. En el caso del escritorio, la computadora y los útiles de escritorio, el costo incide en la depreciación.

2.4.10. Costos totales de operación

Los costos necesarios para las operaciones dentro de la planta durante un año son de:

Tabla L. **Costos totales de operación**

DESCRIPCIÓN	Costo/Año (Q)
Costos de producción	
Materia Prima	1 320 000,00
Empaque y embalaje	45 000
Mano de obra	319 352,00

Continuación tabla L.

Agua potable	6 955,20
Equipo de protección y limpieza	11 404,83
Cristalería y equipo	25 732,95
Combustible	4 092,56
Energía eléctrica	743 330,00
Subtotal	2 475 867,543
Costos de Administración	
Administración	264 258,36
Subtotal	264 258,36
Total	Q 2 740 125,90

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior los costos totales de producción al año ascienden a Q2 740 125,90 que incluyen los costos de producción y administrativos.

2.4.11. Determinación y análisis de indicadores financieros

Los indicadores financieros dan una perspectiva macroeconómica que permite determinar el nivel de autonomía financiera que tendría la empresa, estos incluyen el costo unitario, el precio de venta, beneficio total, punto de equilibrio, margen de contribución y de seguridad.

2.4.11.1. Costo unitario

Sabiendo que los costos totales de producción al año son de Q2 740 125,90, se determina que el costo unitario de un frasco de aceite esencial de cardamomo está dado por:

$$\text{Costo tercera calidad} = \frac{\text{Costos totales/año}}{\text{Unidades de producción/año}} = \frac{2\,740\,126,90}{12\,000} = Q228,34$$

El valor de producción por cada envase de aceite es de Q228,34, tomando en cuenta la mano de obra, maquinaria, equipo, materia prima, gastos administrativos, etc.

2.4.11.2. Precio de venta

Para el cálculo del precio de venta de cada envase de aceite esencial de 100 ml, se considera agregar al costo de producción un margen de utilidad del 30 % que es la ganancia que se desea obtener por la venta del cada envase. Esta se calcula con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Precio de venta} &= \frac{\text{Costo unitario}}{(1 - \% \text{margen})} \\ \text{Precio de venta} &= \frac{Q\ 228,34}{(1 - 0,3)} = 326,2 \end{aligned}$$

El monto para poder adquirir un envase del extracto de aceite esencial es Q327,00

2.4.11.3. Beneficio total

El beneficio total es decir las ganancias que se percibirán por la producción y venta de 12 000 envases de aceite, viene dado por la fórmula:

$$\text{BT} = (\text{No. unidades vendidas} * \text{precio de venta}) - \text{costos totales de producción}$$

$$\text{BT} = (12\ 000 * 327) - 2\ 740\ 126,90 = Q1\ 183\ 874,1$$

La ganancia que se obtiene al invertir al procesar el cardamomo de tercera calidad cultivada en las comunidades de Alta Verapaz, sería de Q1 183 874,1 anuales.

2.4.11.4. Rentabilidad

“Se entiende por rentabilidad, la tasa con que la empresa remunera a la totalidad de los recursos utilizados en su explotación, pretende medir la capacidad de la empresa para generar beneficios, que al fin y al cabo es lo que importa realmente para poder remunerar tanto al pasivo, como a los propios accionistas de la empresa.”¹⁵

El cálculo viene dado por la fórmula:

$$\frac{\text{Ingresos} - \text{costos totales}}{\text{costos totales}} * 100 =$$
$$\frac{3\,924\,000,00 - 2\,740\,126,90}{2\,740\,126,90} * 100 = \mathbf{43,20\%}$$

Después de los ingresos, reveló que habrá 43,20 % de eficacia en la planta lo que significa que por cada Q100,00 invertidos se ha ganado Q43,20.

2.4.11.5. Punto de equilibrio

“El punto de equilibrio es una simplificación del análisis económico de una empresa que mide el efecto en el cambio en la cantidad de un producto sobre las utilidades de la empresa es decir fija la etapa para investigar la relación

¹⁵ ESLAVA, José. *Análisis económico-financiero de las decisiones empresariales*. p 103.

entre la cantidad de producto, el costo de producir esta cantidad y la utilidad.”¹⁶

La ecuación de punto de equilibrio es:

$$Q = \frac{CF}{Pu - CVu} = \frac{1\,364\,078,14}{327 - 114,67} = 6\,425$$

Donde:

CF=Costo fijo

Pu=Precio unitario del producto

CVu=Costo variable unitarias

Las unidades necesarias para poder cubrir todos los gastos totales antes de que la empresa pueda lograr una ganancia, es de 6 425 unidades, es decir que este es el punto en donde la empresa no genera ni ganancias ni pérdidas.

2.4.11.6. Margen de contribución

El margen de contribución viene dado por la diferencia entre las ventas totales menos los costos variables y permite determinar cuánto está contribuyendo un determinado producto a la empresa:

$$\text{Ventas} - \text{Costos variables} = Q2\,547\,952,24$$

Para la línea de producción este margen es de Q2 547 952,24 con 12 000 unidades vendidas. Este margen se utiliza para cubrir todos los gastos que no están directamente relacionados con la producción.

¹⁶ KEAT, Paul. *Economía de empresa*. p. 448.

2.4.11.7. Margen de seguridad

“El margen de seguridad se define como el volumen de ventas reales que exceden a las correspondientes del punto de equilibrio, constituyendo la cifra máxima en que pueden verse disminuidos los ingresos por venta antes de que la empresa comience a soportar pérdidas. Esta disminución puede venir ocasionada por la reducción del número de unidades vendidas o por una disminución del precio de venta.”¹⁷ La fórmula para calcular este margen es:

$$MS = \frac{\text{Ventas totales} - \text{punto de equilibrio}}{\text{Ventas totales}} = \frac{12\,000 - 6\,425}{12\,000} \\ = 46,45 \%$$

El margen de seguridad dado indica que puede reducirse las ventas actuales a un 46,45 % sin que la empresa sufra pérdidas operativas.

¹⁷ RIBAYA MALLADA, Francisco Javier. *Costos*. p 106.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

3.1. Situación actual del laboratorio de investigación de extractos vegetales (LIXVE) sobre acciones que producen impacto ambiental negativo

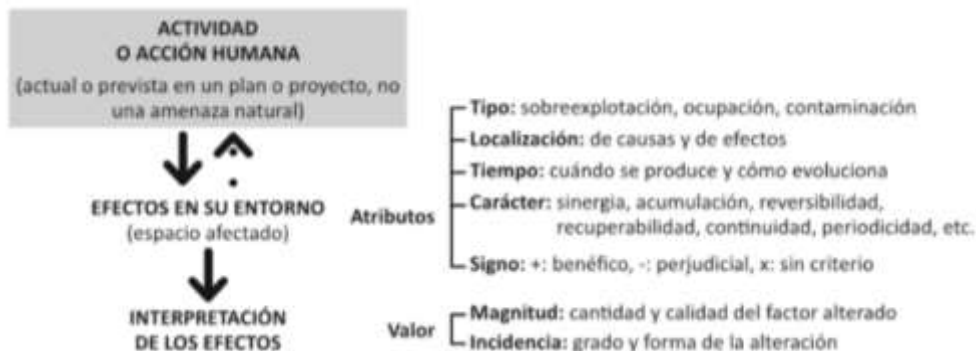
Según Domingo Gómez Orea¹⁸, indica que el término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su “entorno”, interpretada en términos de “salud y bienestar humano”; por entorno se entiende la parte del medio ambiente afectada por la actividad. Por lo tanto, el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas:

- La modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental.
- La modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental.
- La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en el último término, para la salud y bienestar humano.

En la figura 43 se muestra la descripción de las tres facetas que origina un impacto ambiental y las características que intervienen en ellas.

¹⁸GÓMEZ, Domingo. *Evaluación de impacto ambiental*. p 155.

Figura 43. Facetas de un impacto ambiental



Fuente: GÓMEZ, Domingo. *Evaluación de impacto ambiental*. p 155.

La sobreexplotación de los recursos naturales renovables que se produce cuando la cantidad de recurso que se extrae supera la tasa de renovación en el ciclo que corresponde, la extracción de recursos naturales no renovables que produce alteraciones en la morfología del terreno, en el paisaje y en otros recursos culturales, la contaminación del agua, suelo y aire por desechos químicos o basura son algunas de las actividades que provocan impactos ambientales negativos.

Al poner en marcha las acciones para minimizar residuos, emisiones o vertidos normalmente se piensa en modificaciones en los procesos, como pueden ser sustitución de materiales, diseño de nuevos productos, cambios en las líneas de producción o equipos de trabajo, y muy pocas veces se consideran las posibilidades de reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente a través de cambios en la organización productiva o, como se denomina, a través de las Buenas Prácticas Ambientales.

Se puede definir las buenas prácticas ambientales como aquellas acciones que pretenden reducir perjuicios sistemáticos o accidentales del sistema productivo sobre el entorno, sobre los recursos naturales y el ser

humano, minimizando las emisiones de gases y ruidos a la atmósfera, los vertidos líquidos a cauces, espacios naturales y aguas subterráneas y los residuos sólidos a vertederos o al suelo directamente, pero que necesitan ser asumidas por la empresa, entendida en su globalidad, previamente a su aplicación, constituyéndose estas prácticas en actuaciones de gran rentabilidad, que dotan a la empresa de seguridad y que optimizan los procesos con el objetivo de promover una producción más limpia.

Al analizar las actividades del LIEXVE se encontraron acciones que provocan impactos negativos al ambiente, los cuales son:

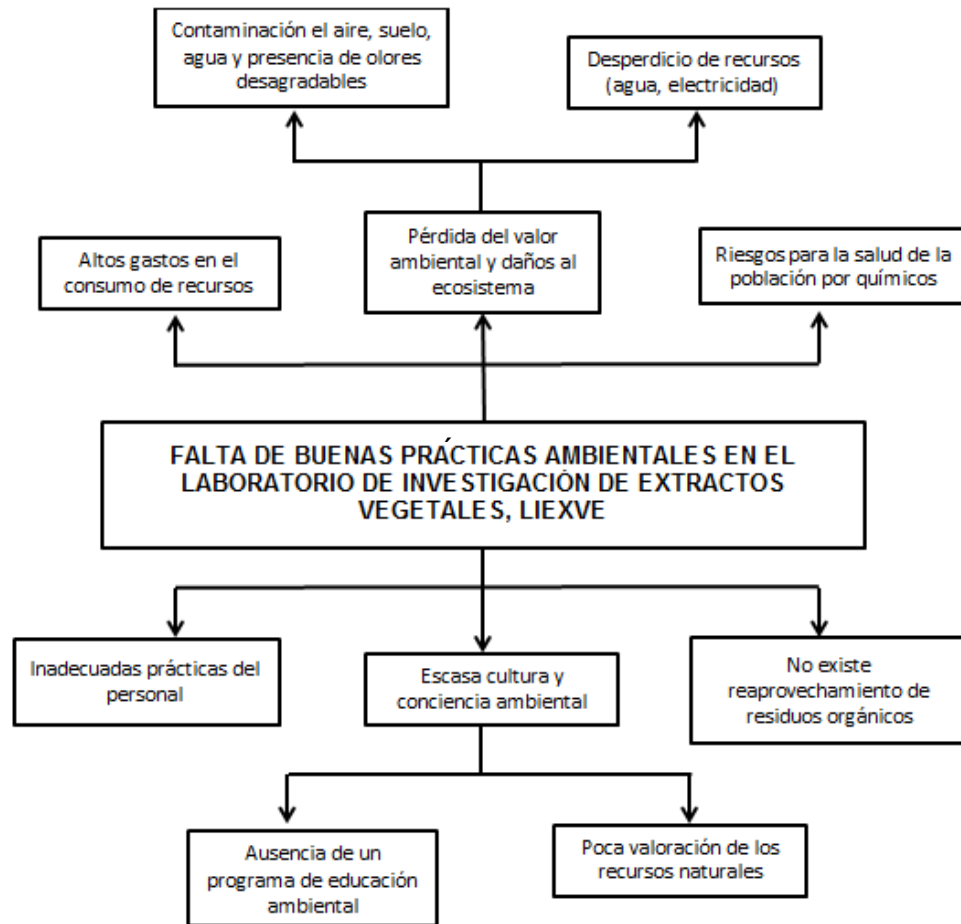
- Al manipular la materia prima orgánica, productos químicos y maquinaria, es necesario lavarse las manos constantemente por lo que hay un uso excesivo de toallas de papel para el secado de manos.
- Inadecuada utilización de energía eléctrica ya que las computadoras no se apagan una vez suspendida la jornada de trabajo, no se desconectan los enchufes de los equipos (secador, computadoras, etc.) provocando el consumo de energía mínima incluso cuando están apagadas y no se revisan periódicamente equipos, enchufes, conexiones e instalaciones eléctricas para evitar fallas.
- Gran cantidad de agua desperdiciada al poner en marcha la planta piloto de extracción ya que no se encuentra en funcionamiento la bomba de recirculación.
- La materia prima para la extracción de aceite son de origen vegetal por lo que después del proceso no se cuenta con el manejo adecuado de los residuos orgánicos ya que nada más son depositados en bolsas plásticas para su traslado al basurero municipal.
- Los productos químicos que se utilizan en las actividades como hexano, alcohol etílico, hidróxido de potasio, metanol, ácido clorhídrico, acetato de

etilo e hidróxido de sodio, no tienen un área específica para su almacenamiento ya que estos se almacena debajo de las mesas dentro del laboratorio, en un mueble que se encuentra en uno de los corredores y en una de las oficinas representando un peligro a la salud del personal por posible derramamiento.

- Al terminar de hacer extracciones de aceite esencial, oleorresina y absolutos los desechos químicos utilizados son vertidos directamente a la red de drenaje causando contaminación del agua y suelo.

Conociendo las acciones que provocan daños al ambiente, se visualiza por medio de un árbol de problema las causas en los niveles inferiores y los efectos en los niveles superiores por la falta de las buenas prácticas ambientales.

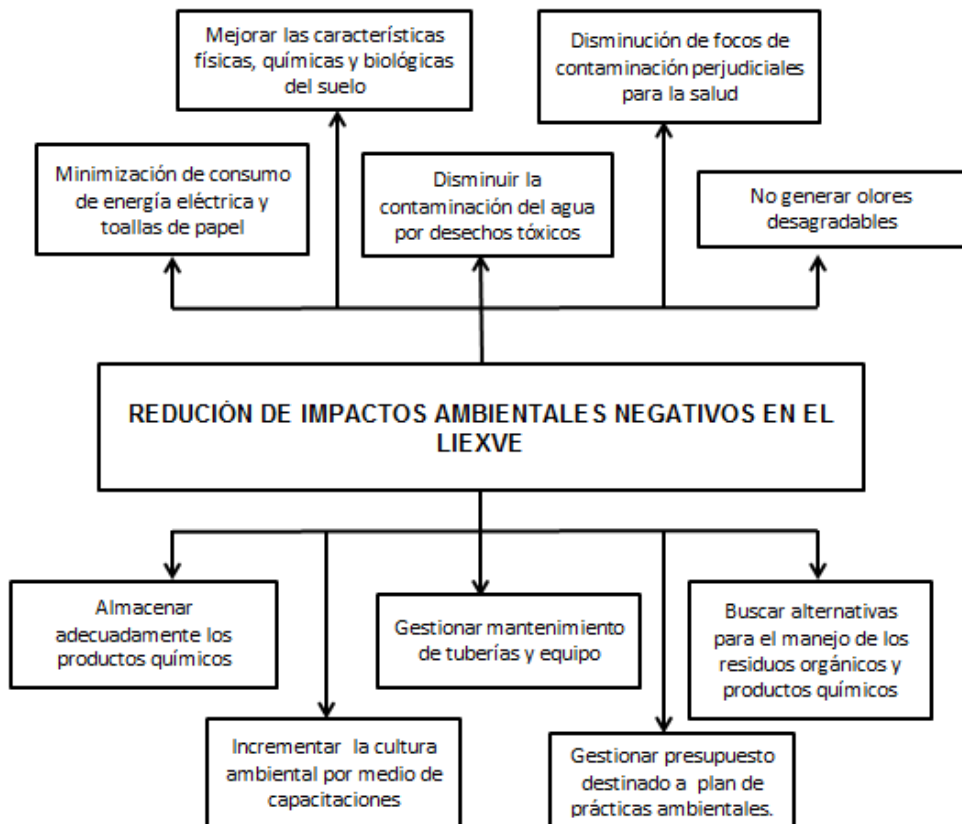
Figura 44. **Árbol de problema**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 45 se describe el árbol de objetivos, en donde las causas se convierten en medios para superados, los efectos en fines alcanzados y el problema central se convierte en un objetivo general.

Figura 45. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

Las actividades descritas anteriormente representan para el laboratorio gastos económicos en hojas de papel, energía eléctrica y agua potable. En la tabla LI se muestran los costos anuales.

Tabla LI. **Costos anuales que provocan las actividades de impacto ambiental negativo**

ACTIVIDAD	COSTO (Q)
20 rollos de hojas de papel	1 200
Energía eléctrica	5 000
Desperdicio de 150 m ³ de agua potable	2 000
TOTAL	Q8 200

Fuente: elaboración propia.

3.2. Plan de buenas prácticas ambientales

Entre los aspectos para consumir responsablemente los recursos naturales se debe considerar el ahorro de agua, el consumo racional de energía, la iluminación, climatización, aparatos eléctricos y electrónicos, reducción de las necesidades de material, producción limpia de bienes y servicios, almacenamiento de productos y residuos para su correcta gestión, gestión de los residuos generados y mantenimiento preventivo.

El plan propuesto tendrá 6 actividades:

- Establecer un procedimiento para el uso de toallas de papel. Para reducir el consumo, se utilizará únicamente en secado de cristalería, equipo y mesas desechándolos en recipientes exclusivos para papel con el propósito de ser usado para reciclaje y disminuir la cantidad solicitada de rollos de papel. Así como por medio del jefe del laboratorio se hará la solicitud a la dirección del CII para la adquisición de un secador de manos y su instalación, apoyando de esta manera la disminución de la tala indiscriminada de árboles ya que afecta la capacidad de la superficie terrestre para controlar su composición química y a la generación de oxígeno.
- Capacitación sobre el uso racional y eficiente de energía eléctrica al personal del laboratorio, se realizará cada inicio de semestre por medio de una conferencia con apoyo de un proyector, impartida por el jefe de laboratorio para hacer conciencia y eliminar consumos excesivos.
- Buscar mecanismos para evitar el desperdicio de agua potable. Una de las actividades del laboratorio es la extracción de aceite esencial utilizando la planta piloto, para ello es necesario el uso de agua potable, sin embargo se desperdicia considerablemente al no tener en funcionamiento la bomba de recirculación de agua. Ya que por cada extracción se utiliza 0.48 m³ sin el uso de este equipo. El jefe de laboratorio solicitará apoyo económico a la

dirección del CII y una cotización a la empresa de servicios técnicos de ingeniería y construcción Michel Antonio Espina para la reparación de la bomba.

- Buscar métodos para el aprovechamiento de residuos. Al dedicarse el laboratorio al estudio de los extractos vegetales, los desperdicios son orgánicos por lo que pueden ser utilizados como fertilizantes o para alimentos para animales. Para ello se gestionará por medio del jefe del laboratorio y auxiliares convenios con la facultad de agronomía y zootecnia y agricultores, la entrega de estos desperdicios en recipientes plásticos dos veces por semana.
- Apoyar a reducir la contaminación del aire por productos químicos, guardando cada producto en un lugar limpio, ordenado y con información de cada producto visible. El jefe de laboratorio solicitará la compra de una estantería de metal al CII, organizará al personal para ordenar y habilitar la bodega que se tiene asignándola exclusivamente para productos químicos, a cada producto se le hará una ficha técnica con sus especificaciones.
- Disminuir la contaminación de los ríos por productos químicos. El verter estos químicos al desagüe representa nocivos para la vida animal y para el suelo. Para reducir estos efectos el jefe de laboratorio deberá contratar a una compañía para el desecho de estos productos una vez por semana.

Todas las acciones a realizar dependiendo de los problemas detectados se muestran en la tabla LI.

Tabla LII. **Problemas ambientales a solucionar**

INCISO	PROBLEMA PRINCIPAL	ACCIONES
a.	Excesivo uso de toallas de papel	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de secadores de mano contiguo a lavamanos.
b.	Inadecuada utilización de energía eléctrica	<p>Recomendaciones a dar en la capacitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iluminar solo áreas que se estén utilizando. • Apagar las luces cuando sean innecesarias. • Mantener limpias las ventanas para permitir la entrada de luz natural. • Apagar los aparatos cuando se termine la jornada o si van a estar inactivos durante más de una hora. • Desenchufar los alimentadores de corriente al finalizar jornada, ya que los equipos consumen energía incluso cuando están apagados. • Configurar las computadoras e impresoras en modo “ahorro de energía” si se tiene la opción, ya que se logra reducir hasta un 50 %.
c.	Desperdicio de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> • Dar mantenimiento a la bomba e recirculación, chiller.
d.	Mal manejo de los residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que se trabaja con materia orgánica este puede ser proporcionado para que agricultores o estudiantes de la facultad de agronomía los puedan utilizar para abonos.
e.	Contaminación del aire por fugas de productos químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenar y adaptar el área de bodega para almacenar productos químicos y etiquetarlos. • Colocar fichas de seguridad y listado en un lugar visible. • Inspeccionar mensualmente el buen estado de recipientes y contenedores con el fin de evitar derrames y evaporación de sustancias.


Continuación tabla LII.

f.	Contaminación del agua y del aire	<ul style="list-style-type: none"> Los desechos químicos deberán ser almacenados en contenedores y luego ser transportados por una compañía encargada y especializada en residuos químicos.
----	-----------------------------------	--





Fuente: elaboración propia.

En la tabla LIII se presenta el plan de buenas prácticas ambientales.

Tabla LIII. **Plan de prácticas ambientales**

	OBJETIVO	RECURSOS		INDICADOR	RESPONSABLE
a.	Reducir el uso de toallas de papel ayudando a evitar pérdidas de la masa forestal.	Secador de manos	 Marca: JOFEL Color: blanco Material: Policarbonato Dimensiones en milímetros: Alto: 310 Largo: 230 Ancho: 140	Menos solicitudes de rollos de toallas de papel a bodega.	Jefe de laboratorio
b.	Disminuir el consumo de energía eléctrica ya que generación se realiza por quema de combustibles fósiles afectando así la atmósfera.	Capacitaciones sobre el ahorro y uso racional de la energía eléctrica. Equipo de limpieza (escoba, jabón, manguera)	Proyector multimedia de 3200 Lumens, salida VGA y HDMI	Reporte de capacitación de buenas prácticas ambientales Plan de limpieza de ventanas.	Jefe de laboratorio, auxiliares de investigación, epesistas, tesisistas y practicantes

Continuación tabla LIII.

c.	Evitar el desperdicio de agua potable por el uso de la planta piloto.	Contratación de personal para reparación de chiller.	 Bomba de recirculación marca SIHI, modelo DRVE 0301	Recirculación del agua en la planta piloto.	Jefe de laboratorio
d.	Aprovechar los residuos orgánicos para mejorar la composición del suelo	Convenios con estudiantes de agronomía y zootecnia. Recipientes plásticos.	 Capacidad:145 lts.	Formato de entrega de residuos orgánicos.	Jefe de laboratorio, auxiliares de investigación
e.	Evitar derrames de productos químicos que puedan provocar contaminación del aire.	Estantería de metal. Utensilios de limpieza (escoba, manguera, jabón, trapos, pala para basura) Fichas de seguridad.	 Medidas: 80 (ancho) x 192 (alto) x 40 (fondo) cm	Formato de inspección de área de almacenamiento de productos químicos.	Jefe de laboratorio, auxiliares de investigación, epesistas, tesistas y practicantes
f.	Desechar los productos químicos evitando la destrucción de la fauna, flora y contaminación del agua potable.	Recipientes plásticos.	 Capacidad:145 lts.	Solicitud a la empresa el desecho de residuos químicos.	Jefe de laboratorio

Fuente: elaboración propia.

3.3. Costos del plan

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto para la implementación de las prácticas ambientales.

Tabla LIV. **Presupuesto de plan buenas prácticas ambientales**

ACTIVIDAD	COSTO (Q)
Secador de mano	799
Dar mantenimiento a bomba de recirculación de agua	10 998,40
Compra de estantería de metal para productos químicos	500
Recipientes plásticos para materia orgánica	100
Contratación de compañía encargada y especializada en residuos químicos.	900
TOTAL	Q13 297,4

Fuente: elaboración propia.

Según tabla LIV se puede observar que al implementar las buenas prácticas ambientales con la adquisición de un secador de mano, el mantenimiento de la bomba de recirculación de agua, la estantería de metal y los recipientes plásticos el monto es de Q13 297,4, superando los costos que implican las prácticas ambientales actuales como el uso de hojas de papel, el consumo de energía eléctrica y el desperdicio de agua potable de Q8 200,00. Sin embargo tomando en cuenta que el equipo y mobiliario a comprar tiene una vida útil larga, por lo que al pasar los años se tiene un gran ahorro y disminuye la contaminación del agua, suelo y ambiente apoyando de esta manera la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integrada a los procesos, a los productos y a los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al medio ambiente es decir promoviendo la producción más limpia.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de las necesidades de capacitación

Según Siliceo¹⁹, la capacitación consiste en una actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización y orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes del colaborador. El objetivo de la capacitación en la empresa se podría entender de la siguiente manera: para que el objetivo general de una empresa se logre plenamente, es necesario la función de capacitación que colabora aportando a la empresa un personal debidamente adiestrado, capacitado y desarrollado para que desempeñe bien las funciones habiendo previamente descubierto las necesidades reales de la empresa.

Para la realización del diagnóstico fue necesario determinar la existencia de capacitaciones dentro del LIEXVE, por lo que se realizó entrevistas no estructuradas a encargados del laboratorio, lo hallazgos encontrados son:

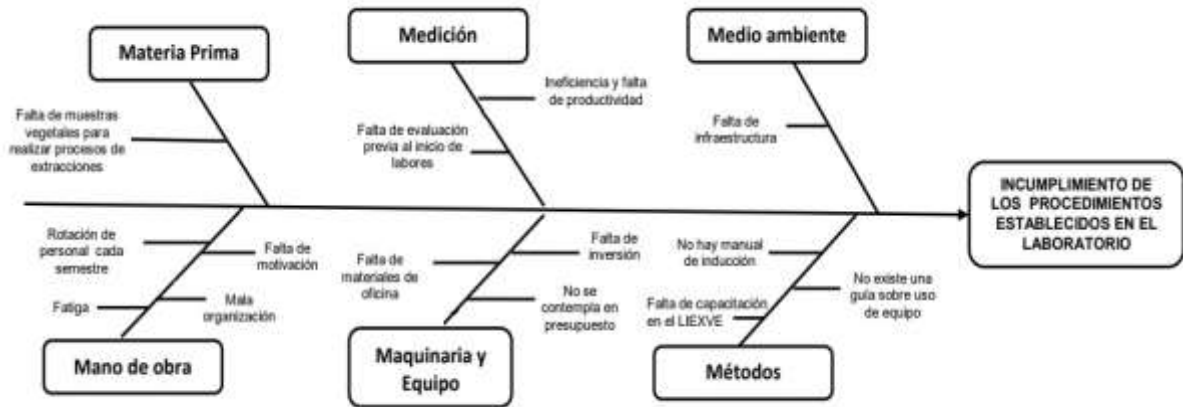
- Equipo e instalaciones
 - Se cuenta con suficiente cristalería y utensilios como *beacker*, balones de evaporación de 50 ml, 100 ml y de 250 ml, matraz ebullición de fondo redondo, neoclavenger, picnómetros, pizetas, soportes, probetas, vidrios de reloj, erlenmeyer, entre otros. También con equipo como cámara de extracción, secador eléctrico de flujo transversal de bandejas, rotoevaporadores, caldera, planchas de calentamiento y agitación, marmitas con agitación necesarios para impartir capacitaciones a varios estudiantes.

¹⁹ SILICEO AGUILAR, Alfonso. *Capacitación y desarrollo de personal*. p. 25.

- No hay disponible equipo de protección como guantes de neopreno, mascarillas, batas y lentes para proporcionar al momento de realizar prácticas.
- No se tiene una sala de conferencias para impartir cursos teóricos.
- Métodos
 - No hay un manual sobre el uso de todos los equipos.
 - Actualmente no se tienen capacitaciones a epesistas o practicantes sobre el uso adecuado del equipo del laboratorio y de la planta piloto.
 - No se tiene previsto crear capacitaciones o una guía para mejorar las actividades dentro de las instalaciones del LIEXVE.
 - Se imparten laboratorios a estudiantes que llevan el curso de Extractos Vegetales, Fotoquímica y Química 1 y 2.
 - No se poseen cursos ni seminarios sobre la obtención de extractos vegetales a profesionales.
- Materia prima
 - Los interesados en recibir capacitaciones tienen acceso a adquirir en diversas empresas reactivos como hexano, etanol, hidróxido de potasio, etc.
 - Para impartir las prácticas se pueden utilizar variedad de muestras vegetales.
 - El LIEXVE cuenta con insumos, reactivos y material vegetal para capacitar a los practicantes, epesistas y auxiliares.

En el siguiente diagrama de causa y efecto se identifican las posibles causas que atribuyen al desarrollo de las capacitaciones este problema.

Figura 46. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

4.2. Plan de capacitación

Las capacitaciones propuestas para mejorar las actividades dentro del LIE XVE y apoyar a alumnos o profesionales en el aprendizaje de los extractos vegetales, son:

- Extracciones vegetales. Se les impartirá mediante un curso teórico-presencial por el jefe de laboratorio en horario de 8:00-11:00hrs, una descripción de la temática de extracciones vegetales para que los participantes tengan conocimientos básicos del tema y así poder realizar con mayor facilidad la parte práctica. Los subtemas a desarrollar son: aceite esencial, oleorresinas, colorantes naturales, taninos, aceites fijos y métodos de extracción, materias primas, tratamientos previos y aspectos generales de cada extracto vegetal. Los recursos necesarios serán: Cañonera, presentación *power point*, muestras

de extracciones vegetales, listado de asistencia, lapiceros y salón de conferencia.

- Buenas prácticas ambientales y de laboratorio. La modalidad será un curso teórico-presencial impartido por el Jefe de laboratorio en horario de 8:00-10:00hrs, la finalidad es fomentar un enfoque de calidad a los procesos, conociendo los procedimientos operacionales y las prácticas establecidas. Los subtemas a impartir son: Que son BPL y ambientales, prácticas en edificio, equipo y utensilios, almacenamiento y procesos, higiene y seguridad industrial. Para ello se utilizan recursos como cañonera, presentación *power point* y programas de limpieza (POES).

Los siguientes temas se darán en las instalaciones del LIEXVE en modalidad de curso teórico-práctico, explicados por auxiliares del laboratorio en horario de 8:00-13:00hrs. Los materiales a utilizar son: una guía de prácticas, muestras de extracciones vegetales, productos químicos y equipo de laboratorio.

- Extracción de aceites esenciales, el objetivo es extraer aceite esencial a escala laboratorio y planta piloto por medio del método arrastre de vapor e hidrodestilación utilizando el equipo neoclavenger. Se espera que los participantes adquieran habilidades para la extracción de aceite esencial.

Los pasos a seguir para el desarrollo de la extracción de aceite esencial, a escala laboratorio son:

- Al entrar al laboratorio los auxiliares se cercioraran que los participantes cumplan con todo el equipo de protección (bata, guantes, zapatos industriales, cabello recogido).

- Se les dará un breve recorrido al laboratorio, explicándoles la ubicación de cada equipo y su funcionamiento.
- El material vegetal previamente secado, será disminuido de tamaño, se pesaran y se colocarán en balones de 500 ml.
- Se lavarán el equipo de extracción neoclavenger con etanol y agua.
- Se les indicará como acoplar los balones con relación 1:10 de agua con el Neoclavenger, la activación de la recirculación del agua indicándoles que constantemente deben verificar que la temperatura este a 10°C. y la adición de calor mediante la plancha de calentamiento.
- Iniciada la ebullición se deberá tomar el tiempo de extracción de dos horas.
- Completado el tiempo de extracción, se les enseñara la manera de retirar el aceite esencial del neoclavenger para transferirlo al vial, pesarlo y determinar el porcentaje de rendimiento de la extracción.
- Antes del retiro de los estudiantes del laboratorio, deberán limpiar el área de trabajo y el equipo utilizado.

La extracción de aceite esencial, a escala planta piloto se desarrollará de la siguiente manera:

- Al entrar al laboratorio los auxiliares se aseguraran que los participantes cumplan con todo el equipo de protección (bata, guantes, zapatos industriales, cabello recogido).
- Se les dará un breve recorrido por la planta piloto de extracción-destilación para identificar los equipos, accesorios y tuberías.

- Se pesarán 5 kg del material vegetal previamente secado y se procederá a reducir el tamaño.
 - La materia prima se colocará poco a poco en cada plato de la marmita, humedeciéndola constantemente.
 - Se les mostrará cómo se pone en funcionamiento el sistema de enfriamiento y el paso de vapor directo a la marmita de extracción.
 - Pasados dos horas, se les explicará cómo retirar el aceite esencial del vaso florentino para luego trasladarlo a una ampolla de decantación con el fin de separar el aceite con el hidrolato y colocarlo en un frasco ámbar.
 - Deberán determinar el porcentaje del mismo y discutir.
 - Antes del retiro de los estudiantes del laboratorio, deberán retirar todo el material vegetal de la marmita, limpiar el área de trabajo y el equipo utilizado.
- Extracción de Oleorresinas. El objetivo es conocer la metodología de extracción de oleorresinas por maceración dinámica y *Soxhlet* a escala laboratorio, para ello se tomaran en cuenta los siguientes pasos:
 - Al entrar al laboratorio los auxiliares se aseguraran que los participantes cumplan con todo el equipo de protección (bata, guantes, zapatos industriales, cabello recogido).
 - Se les dará un breve recorrido al laboratorio, explicándoles la ubicación de cada equipo y su funcionamiento a utilizar.
 - Para la maceración dinámica se pesará 50 gramos de materia vegetal, se colocará en un vaso de precipitado con agitación y se le adicionara alcohol etílico. Pasados 2 horas a lixiviar, el extracto etanólico se filtrara al vacío y se

- concentrará con el rotaevaporador para obtener la oleorresina.
- Mientras la muestra se procede a lixiviar, se realizará la extracción por el sistema de extracción *Soxhlet*. Para ello se armará el sistema *Soxhlet*, activando la recirculación de agua, colocando el dedal con la muestra vegetal molido hasta su máxima capacidad, el balón aforado de etanol y transfiriendo calor por medio de la plancha de calentamiento. Se tomará el tiempo de extracción de una hora, a partir de la primera descarga del sifón. Para luego filtrar el extracto y rotaevaporar.
 - Antes del retiro de los estudiantes del laboratorio, deberán limpiar el área de trabajo y el equipo utilizado.
- Colorantes naturales. La meta es aprender el método de lixiviación con maceración dinámica a escala laboratorio y planta piloto, para ello se procederá de la siguiente manera:
 - Al entrar al laboratorio los auxiliares se asegurarán que los participantes cumplan con todo el equipo de protección (bata, guantes, zapatos industriales, cabello recogido).
 - Se les explicará la localización y funcionamiento del equipo a utilizar.
 - A escala laboratorio: un día antes a la extracción se limpiará y pesarán 100 g en un *beacker* y se agregará de 100 a 150 mL de solución acuosa de hidróxido de potasio al 2 % (peso-volumen). Pasadas 12 horas se filtrará, se agregara de 100 a 150 mL de solución acuosa de hidróxido de potasio al 2 % y se agitará de 30 a 45 minutos a 140 RPM. La solución resultante se coloca en un earlenmeyer y se agrega ácido sulfúrico al 10 % hasta que precite

el colorante a un pH entre 2-2.5. Se separa el precipitado por medio de filtrado y se seca a un temperatura de 57°C.

- A nivel planta piloto: se coloca la marmita de extracción y se agrega el solvente (solución acuosa de hidróxido de potasio al 2 %) en relación 1:3, por un período de 12 horas. Se filtra y se someten las semillas a un agotamiento con solución de hidróxido de potasio al 2 % en relación de 1:3 agitándolo a 140 RPM. Se procederá a agregar ácido sulfúrico al 10 % y se separa el precipitado de la solución matriz para luego someterlo a secado.
 - Antes del retiro de los estudiantes del laboratorio, deberán retirar todo el material vegetal de la marmita, limpiar el área de trabajo y el equipo utilizado
- Aplicación de extractos vegetales a la industria cosmética. Se elaborarán jabones, crema hidratante y jabón líquido antibacterial, con la finalidad de conocer los procesos químicos básicos que involucra dicha actividad.

Las capacitaciones estarán impartidas en dos grupos. El primer grupo estará integrado por epesistas, practicantes y tesistas, los cuales serán recibidos durante la primera semana de actividades semestrales de la USAC y el segundo grupo, compuesto por alumnos de otras facultades, universidades y profesionales, cuando fueran solicitados por ellos.

- Primer grupo: los objetivos de la capacitación son:
 - General:
 - Contar con personal altamente capacitado y comprometido en las actividades del LIEXVE.

- Específicos:
 - Desarrollar conocimientos y habilidades para el manejo del equipo de laboratorio.
 - Dar a conocer las buenas prácticas que conlleva tener un laboratorio de calidad, operacional y con seguridad.
 - Apoyar a los auxiliares a impartir los cursos teórico-prácticos.

- Segundo grupo: los objetivos de la capacitación son:
 - General:
 - Conocer los fundamentos teóricos y prácticos de los extractos vegetales.

 - Específicos:
 - Realizar extracciones de aceite esencial, oleorresina y colorante natural por distintos métodos a escala laboratorio y planta piloto.
 - Desarrollar conocimientos y habilidades para el manejo del equipo de laboratorio.
 - Fortalecer académicamente a los estudiantes y profesionales.

En la figura 47 se presenta el cronograma de las capacitaciones:

Figura 47. **Cronograma de capacitaciones**

Capacitación	Tiempo												Encargado	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		
Extracciones vegetales.														Jefe de laboratorio
Buenas prácticas de laboratorio y ambientales														Jefe de laboratorio
Extracción de aceites esenciales														Auxiliares de laboratorio
Extracción de Oleorresinas.														Auxiliares de laboratorio
Colorantes naturales.														Auxiliares de laboratorio
Aplicación de extractos vegetales a la industria cosmética.														Auxiliares de laboratorio

Fuente: elaboración propia.

4.3. Resultados de la capacitación

A continuación se enlistan las capacitaciones impartidas durante el desarrollo del EPS en las instalaciones del LIEXVE, en modalidad curso teórico-práctico.

- El 26 de junio se les instruyó a 2 alumnos del Instituto Tecnológico de Estudios Mayas Superiores –ITMES en horario de 8:00-12:00hrs. sobre la extracción de aceite esencial de cardamomo oro (*Elettaria cardamomum* L. Matton) y la extracción de oleorresina utilizando equipo como el neoclavenger, planchas de calentamiento, rotaevaporador, sistema soxhlet, molino, balanza analítica, probeta, picnómetro, pHmetro y pipeta. Los solventes

utilizados fueron agua destilada y alcohol etílico grado alimenticio, comúnmente conocido como etanol (C₂H₅OH).

El objetivo era determinar las propiedades fisicoquímicas: composición química, rendimiento de extracción, índice de refracción, pH y densidad.

- El 8 de octubre del presente año se les impartió a los alumnos del curso de extracciones industriales la capacitación sobre aceites esenciales en donde se les explicó el método de extracción por hidrodestilación y arrastre de vapor utilizado a escala planta piloto y escala laboratorio recalcándoles las ventajas y desventajas de cada uno. Al iniciar la práctica se les mostró todo el equipo y cristalería a necesitar y se les enseñó diferentes muestras de aceite esencial obtenidos en el LIEXVE. Se procedió por ambos métodos la extracción de aceite esencial de la naranja. La balanza analítica, el neoclavenger, beacker, pipeta, planta piloto de extracción, vial, plancha de calentamiento fueron los recursos utilizados. Participaron 12 alumnos en horario de 8:00-13:00hrs.
- El 17 de octubre 39 alumnos del curso de Química 1 y de fotoquímica de la facultad de Farmacia, se les brindó una inducción sobre la obtención de aceite esencial de romero a escala planta piloto con la finalidad de proporcionar a los estudiantes los fundamentos teóricos y prácticos de la temática de extracciones vegetales. Se realizó la extracción de aceite esencial de romero, con un tiempo de 4 horas. La balanza analítica, el neoclavenger, beacker, pipeta, planta piloto de extracción, vial, plancha de calentamiento fueron los recursos utilizados.

A los 18 alumnos de la carrera de agroindustria de Zacapa, el 27 de septiembre se les dio un recorrido por las instalaciones de LIEXVE con el fin de conocer el equipo y la actividades que en ella se realizan, se les presentó un resumen de diferentes proyectos de investigación a nivel de tesis y proyectos

FODECYT que se han desarrollado por el grupo de investigadores del LIEXVE y se les enseñó diferentes muestras de aceites esencial obtenidos en el LIEXVE para percibir su olor.

Al finalizar las capacitaciones se pasó asistencia a los participantes para registro del LIEXVE y catedráticos, según formato de la figura 48.

Estas fueron evaluadas a los estudiantes por medio de un examen corto en horario del curso por los catedráticos y se elaboró un informe para el jefe de laboratorio como se muestra en la figura 49.

Figura 48. **Formato de asistencia**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Lab. EXTRACCIONES VEGETALES
ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ



LISTADO DE ASISTENCIA

No.	CARNÉ	NOMBRE	E-MAIL	FECHA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Fuente: LIEXVE.

Figura 49. Informe de capacitación



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



I.O.T. No. _____
No. Informe LIEXVE-QI _____

Interesado: _____

Proyecto: _____

Fecha: _____

BREVE DESCRIPCIÓN DE LO REALIZADO Y RESULTADOS OBTENIDOS

ANEXOS

Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
JEFE
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
-LIEXVE-
Sección Química Industrial CII/USAC

Ing. Qco. César Alfonso García Guerra
JEFE
Sección Química Industria
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Vo.Bo. Ing. Francisco Javier Quiñónes de la Cruz
DIRECTOR
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 24189115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221
Página web: <http://cil.usac.edu.gt>

Fuente: LIEXVE.

A continuación se muestran algunas fotografías de las actividades realizadas:

Figura 50. **Fotografías de las capacitaciones**



Fuente: LIEXVE.

4.4. Costos de la capacitación.

En la siguiente tabla se muestran los costos anuales necesarios para las capacitaciones.

Tabla LV. Costo del plan de capacitaciones

MATERIAL	COSTO (Q)
Diesel	800
Materia prima	500
Caja de guante de látex	160
Productos químicos (hexano, alcohol)	600
TOTAL	Q2 060,00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para poder diseñar una línea de producción es necesario diagnosticar las condiciones económicas bajo las cuales se realizará, para ello es importante conocer las oportunidades de mercado (demanda), la competencia (oferta) y la política de precios. Se logró establecer que Guatemala es considerado el primer exportador de cardamomo del mundo con un total de US\$243,3 millones de dólares en el 2015 y cada año va en aumento, sin embargo muy pocas empresas han explotado este recurso en aceite esencial que es tan demandante en el mundo.
2. Uno de los métodos más usados por la baja exigencia tecnológica, alto rendimiento y alta pureza del aceite, es el método de arrastre de vapor directo. Por este método se obtuvo un rendimiento de 3,84% utilizando cardamomo de tercera calidad y 0,71% con cascarilla, proponiendo una línea de producción con capacidad de procesar diariamente 240 kg de cardamomo de tercera calidad obteniendo así 12 000 frascos de 100 ml cada año. Para desarrollar las actividades es necesaria la adquisición de equipo y cristalería como caldera, condensador, marmita, sistema de enfriamiento, molino, báscula de piso, *beacker*, pH metro, entre otros., los cuales lo manejarán el gerente General, jefe de Producción, encargado de control de calidad, encargado de limpieza, encargado de materia prima y producto terminado, encargado de ventas y 4 operarios.
3. Tomando en cuenta la capacidad de producción, el equipo necesario a utilizar y la cantidad de personal se consideró diseñar una planta con dimensiones de 14,07 metros de largo y 9,25 de ancho que incluyen área de producción, área de empaque, departamento de calidad, bodega de materia prima, bodega de producto terminado, sala de espera/ventas y

oficina. Todas debidamente señalizadas incluyendo rutas de evacuación con el fin de asegurar la integridad física del personal.

4. Para reducir y minimizar los peligros físicos, químicos y biológicos, se establecieron las buenas prácticas de higiene y de operación con apoyo del Reglamento Técnico Centroamericano, RCTA 67.01.33:06 y con el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-201, con el fin de garantizar que el producto sea inocuo y de calidad, esto incluye los programas de limpieza y desinfección de lavamanos y lavastrastos, de paredes, pisos, techo, puertas y ventanas, de equipo, cristalería y el procedimiento correcto de lavado de manos.
5. El costo total de producción que incluye materia prima, empaque y embalaje, mano de obra, agua potable, equipo de protección y limpieza, cristalería y equipo, energía eléctrica y combustible es de Q2 475 867,543 incluyendo los costos administrativos, el costo total de operación es de Q2 740 125,90. Los índices financieros nos indican que cada frasco tiene un costo unitario de Q228,34, con un precio de venta de Q327 al considerar un margen de ganancia de 30 % que representa Q1 183 874,1 anuales, el punto de equilibrio de 6 425 unidades, la rentabilidad es de 43,20 % con un margen de contribución de Q2 547 952,24 y un margen de seguridad de 46,45 %.
6. El uso excesivo de toallas de papel, mal uso de la energía eléctrica, desperdicio de agua, falta de un plan de retiro de productos químicos y de residuos orgánicos son algunos de los hallazgos encontrados en el LIEXVE que provocan impactos negativos al ambiente, representando costos de Q8 200,00 anuales.

El plan de buenas prácticas ambientales propuesto incluye el mantenimiento de la bomba de recirculación de agua, instalación de secador de mano, vinculación con otras facultades o agricultores para propiciar uso de residuos orgánicos, promover cultura de ahorro de energía eléctrica por medio de conferencias y el retiro de productos químicos, esto tendrá un costo de Q13 297,4. Aunque la inversión inicial supera a los gastos anuales sin las prácticas, se debe considerar que los equipos a instalar tienen una larga vida útil y ayudan a disminuir la contaminación del suelo, agua y ambiente.

7. Al realizar el diagnóstico de las necesidades de capacitación del LIEXVE se pudo observar que se cuenta con suficiente equipo y cristalería, no se desarrollan capacitaciones ni conferencias referentes extractos vegetales, no se tiene un manual sobre el uso del equipo, hay disponibilidad de productos químicos en el mercado por lo que se plantea desarrollar capacitaciones de temas como extracciones vegetales, buenas prácticas de laboratorio y ambientales, extracción de aceites esenciales, extracción de oleorresinas, colorantes naturales y aplicación de extractos vegetales a la industria cosmética. Esto tendrá un costo de Q980,00.

RECOMENDACIONES

1. Antes de poner en marcha una línea de producción de extracción de aceite esencial de determinado material vegetal, es importante que el inversionista realice pruebas a escala laboratorio y a escala planta piloto ya que todos los materiales poseen distinto % de aceite esencial, densidad, pH y tiempo de extracción afectando así los costos de producción y por ende a los índices financieros.
2. Aumentar la cadena de valor del cardamomo por medio de la creación de plantas industriales que realicen subproductos, considerando que se tiene una elevada producción y varias comunidades dedicadas a su cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA, José Gabriel. *Impactos Socioeconómicos del beneficiado de Cardamomo (elettaria cadamomum, zingiberaceae), en la Asociación de Productores Indígenas la catarata (apic), Lanquín, Alta Verapaz, del 2006 al 2010.* 80 p.
2. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos.* 4ª.ed. México: McGraw-Hill, 2001. 404 p.
3. CALLEJA BERNAL, Francisco Javier. *Costos.* 2 ed. México: Pearson educacion, 2013. 376 p.
4. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). *Norma COGUANOR NGO 34 152. Cardamomo. Especificaciones.* 6 p.
5. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Congreso de la república de Guatemala decreto número 109-96.* 140 p.
6. CONRED. *Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad.* 50 p.
7. ESLAVA, José. *Análisis económico-financiero de las decisiones empresariales.* 1ra ed. España: Editorial ESIC, 2013. 338 p.
8. ESPINA QUIÑÓNEZ, Stephanny Michelle. *Evaluación del rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cardamomo (Elettaria Cardamomum L. matton) de primera,*

segunda y tercera calidad mediante el método de hidrodestilación a escala laboratorio. Trabajo de graduación de Inga. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 257 p.

9. Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). *Norma 29 CFR 1910.144. Código de colores: de seguridad para marcar peligros físicos.*
10. FERNÁNDEZ PÉREZ, Marta. *Construcción de cimientos y saneamientos.* 1ra ed. España: Ideas propias, 2010. 168 p.
11. GÓMEZ, Domingo. *Evaluación de impacto ambiental.* 3ª ed. España: Mundiprensa, 2013. 747 p.
12. GONZALES E. *Cultivo del cardamomo.* Guatemala, C.A., 1977. 35 p.
13. HUITZ CANASTUJ, German Almengol. *Obtención y caracterización fisicoquímica del aceite esencial, extraído por arrastre de vapor de cáscara de cardamomo.* Trabajo de graduación de Ing. Químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 91 p.
14. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo.* Guatemala. 26 p.
15. KEAT, Paul. *Economía de empresa.* 4ta ed. México: Pearson educación, 2004. 764 p.

16. LEGRAND MORALES, Karen Victoria. *Diseño e implementación de prácticas operativas estandarizadas sanitarias POES que garantizan la inocuidad de los productos elaborados en una industria láctea de acuerdo al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08*. Trabajo de graduación de Inga. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 120 p.
17. LIEXVE. *Aprovechamiento Integral De Los Residuos de Cardamomo (Elettaria cardamomun L. Matton) para Producción de Extractos Utilizados en la Industria Alimenticia y Cosmética*. Guatemala, 2015. 105 p.
18. LINARES, Heidy. *Aceites esenciales*. 1ª ed. Guatemala: Mineco, 2013. 50 p.
19. Ministerio de Economía, Gobierno de Guatemala. *Línea Base cadena de Valor del cardamomo*. Guatemala, 2015. 115 p.
20. MONTAÑO LARIOS, José Jesús. *La calidad es más que ISO 9000*. 1ra ed. EEUU: Palibrio, 2016. 630 p.
21. MONTERROSO PÉREZ, Ana Patricia. *Diseño e implementación de un manual de seguridad e higiene industrial, para la planta de operación de PROLACSA*. Trabajo de graduación de Inga. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 278 p.

22. QUINTELA, Adriana. *Guía práctica para la aplicación de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)*. 1ª ed. México, 2013. 50 p.
23. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06. *Buenas prácticas de manufactura*. Guatemala. 29 p.
24. RODRÍGUEZ, Joaquín. *Administración moderna de personal*. 7ª ed. México: Thomson, 2008. 704 p.
25. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. *Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas*. 1ª ed. Colombia: textos Regional Caldas, 2012. 87 p.
26. SILICEO AGUILAR, Alfonso. *Capacitación y desarrollo de personal*. 4ª ed. México: Limusa, 2004. p 25
27. Torres, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 1ª ed. Guatemala: 2015, c. c dapal, 2015. 276 p.
28. VANALOHA, Ana. *Diseño de industrias agroalimentarias*. 3a ed. Madrid, España: Mundi–prensa, 2012. 293 p.

ANEXOS

Anexo 1. Contenido nutricional del cardamomo en 100 gramos de producto seco molido.

	Gramos
Proteína	10.8
Kilo calorías	311
Agua	8,3
Grasa total	6.7
Ácidos grasos saturados	0.88
Ácidos grasos monosaturados	0.87
Poliinsaturados	0.43
Colesterol	0.0
Carbohidratos	52.5
Fibra cruda	11.3
Cenizas	5.5
Calcio	0.383
Fósforo (P)	0.178
Hierro (Fe)	0.014
Sodio	0.018
Potasio	1.119
Magnesio	0.228
Zinc (Zn)	0.742
Comestible	100%

Fuente: GIL PAVAS, Edyson. *Obtención de aceite esencial de cardamomo*. p 19.

Anexo 2. Forma de muestreo

Cuando el lote contiene menos de 10 sacos, todos deben muestrearse; si el lote contiene de 10 a 100 sacos, se recomienda muestrear por lo menos 10 sacos. Para lotes mayores de 100 sacos, el muestreo debe realizarse según el cuadro siguiente:

Lote	Muestreo	Lote	Muestreo
101 - 121	11	1090- 1156	34
122-144	12	1157-1225	35
145-169	13	1226-1296	36
170-196	14	1297-1369	37
197-225	15	1370-1444	38
226-256	16	1445-1521	39
257-289	17	1522-1600	40
290-324	18	1601 - 1681	41
325-361	19	1682-1764	42
362-400	20	1765-1849	43
401 -441	21	1850- 1936	44
442-484	22	1937-2025	45
485-529	23	2026-2126	46
530-576	24	2117-2209	47
577-625	25	2210-2304	48
626-676	26	2304-2401	49
677- 729	27	2402 - 2500	50
730-784	28	2501 -2601	51
785-841	29	2602-2704	52
842-900	30	2705-2809	53
901-961	31	2810-2916	54
962-1024	32	2917-3000	55
1025 - 1089	33		

Fuente: Muestreo en granos. www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.htm. Consulta: 28 de septiembre de 2017

Anexo 3. Clasificación de calidades del cardamomo de la exportadora 3K Trading International



Fuente: 3K Trading International

Anexo 4. Aspectos técnicos. Pendiente de Cubierta

Tipo de cubierta	Grados	Pendiente
Azoteas	3	0.052
Lámina galvanizada	15	0.268
Lámina asbesto	20	0.364

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de plantas*. p 75.

Anexo 5. Tabla de niveles de iluminación (LUX)

A	20 – 30 – 50	Áreas públicas, alrededores oscuros.
B	50 – 75 – 100	Áreas de orientación corta permanescencia.
C	100 – 150 – 200	Trabajos de gran contraste o tamaño. Trabajos ocasionales simples.
D	200 – 300 – 500	Lectura de originales y fotocopias buenas. Trabajo sencillo de inspección o de banco. Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño.
E	500 – 750 – 1000	Lectura a lápiz, fotocopias pobres, trabajos moderadamente difíciles desmontables o en banco.
F	1000 – 1500 – 2000	Trabajos de poco contraste o de muy pequeño tamaño, ensamblaje, inspección o de banco.
G	2000 – 3000 – 5000	Lo mismo durante periodos prolongados, trabajo muy difícil ensamblaje, inspección o de banco.
H	5000 – 7500 – 10000	Trabajos muy exigentes y prolongados.
I	10000 – 15000 – 20000	Trabajos muy especiales, salas de cirugía.

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de plantas*. p 75

Anexo 6. Tabla de porcentajes de reflectancia según color

Ubicación	Color	Porcentaje de Reflectancia
Techos	Blanco	70%
	Color claro	50%
	Color medio	30%
Paredes	Color claro	50%
	Color medio	30%
	Color oscuro	10%
Piso	Color claro	30%
	Color medio	20%
	Color oscuro	10%

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de planta*. p 103.

Anexo 7. **Tabla de altura de instalación ideal de las lámparas.**

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3}(h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' = \frac{1}{4}(h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4}(h' - 0.85)$

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de planta*. p 106.

Anexo 8. Tabla de reflectancia efectiva de cavidad de cielo o piso en porcentaje

TABLA DE REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDAD DE CIELO (p_{cc}) Y DE PISO (p_{pp}) en %

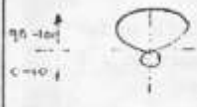
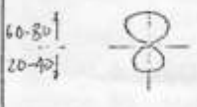
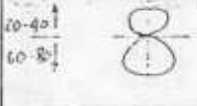

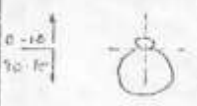
Reflectancia del suelo	90				80				70				50				30					
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	20	50	30	70	50	30	15	50	30	10	50
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10			
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	69	59	49	48	30	30	29	29	10			
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10			
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10			
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11			
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11			
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11			
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11			
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11			
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11			
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11			
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11			
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12			
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12			
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12			
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12			
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	28	25	21	18	12			
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12			
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12			
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12			
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12			
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13			
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13			
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13			
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13			
RCC o RCP 2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13			
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13			
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13			
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13			
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13			
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13			
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13			
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13			
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13			
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13			
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13			
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13			
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13			
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13			
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13			
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13			
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13			
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13			
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13			
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13			
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14			
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14			
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14			
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14			
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14			
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14			

- 66 -

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de planta*. p 108.

Anexo 9. Tabla de coeficientes de utilización (K)

TABLA DE COEFICIENTES DE UTILIZACION (K)

Distribución Típica	Techo	claro		semiclaro		claro #	
	Paredes	claro	semicl.	claro	oscuro	claro	oscuro
	Piso	oscuro		claro		semiclaro	#
	RR						
 I	0.6	.27	.21	.17	.11	.28	.22
	1.0	.39	.33	.26	.28	.42	.35
	2.0	.55	.49	.36	.29	.60	.52
	3.0	.61	.56	.40	.34	.69	.62
	5.0	.68	.64	.44	.39	.78	.72
 SI	0.6	.24	.19	.17	.11	.24	.19
	1.0	.35	.30	.26	.19	.37	.31
	2.0	.49	.44	.36	.29	.53	.47
	3.0	.55	.50	.40	.34	.61	.55
	5.0	.60	.57	.45	.39	.68	.63
 SD	0.6	.34	.28	.31	.24	.35	.29
	1.0	.48	.42	.44	.35	.50	.43
	2.0	.64	.59	.58	.51	.69	.62
	3.0	.70	.66	.63	.57	.78	.72
	5.0	.75	.72	.68	.63	.86	.81
 G	0.6	.26	.21	.23	.16	.27	.22
	1.0	.38	.33	.33	.26	.40	.34
	2.0	.53	.48	.44	.38	.57	.51
	3.0	.59	.55	.49	.44	.65	.59
	5.0	.64	.61	.54	.49	.73	.68
 D	0.6	.34	.28	.33	.24	.35	.28
	1.0	.49	.42	.47	.37	.51	.43
	2.0	.65	.60	.63	.55	.71	.64
	3.0	.72	.67	.69	.63	.80	.74
	5.0	.78	.75	.75	.71	.89	.85

Fuente: Donald Fink, *Manual de Ingeniería Eléctrica*. p. 64.

Anexo 10. **Tabla de Renovación del aire en número de veces/hora**

Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales, enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de planta*. p 82.

Anexo 11. **Tabla para determinar coeficiente de entrada de la ventana.**

C	CARACTERISTICAS
0.25-0.35	Cuando actúa longitudinalmente
0.3-0.5	Cuando actúa perpendicularmente

Fuente: TORRES, SERGIO. *Ingeniería de planta*. p 83.

Anexo 12. **Tipos de fuegos**

TIPO DE FUEGO	MATERIALES COMBUSTIBLES
CLASE A	Combustibles sólidos, generalmente de tipo orgánico cuya combustión tiene lugar normalmente con formación de brasas y sólidos de alto punto de fusión (madera, papel, tejido, etc.).
CLASE B	Combustibles sólidos de bajo punto de fusión y líquidos inflamables (disolventes orgánicos, destilados de hulla o petróleo como gasolinas, asfaltos, grasas, disolventes sintéticos, pinturas, alcohol, etc.).
CLASE C	Combustibles gaseosos (propano, butano, acetileno, gas ciudad, etc.).
CLASE D	Combustibles constituidos por metales y productos químicos reactivos (magnesio, titanio, sodio, potasio, etc.).

Fuente: <http://www.imf-formacion.com/prevencion-riesgos-laborales/prevencion/> Consulta:

10 de septiembre de 2017