

**Loreto Yaxcal Ax**

PROYECTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA SECADO  
SOLAR COMO ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE SECADO DE  
CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) EN CHAHAL, ALTA  
VERAPAZ.



Asesor General Metodológico:  
Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021.

Informe final de graduación

PROYECTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA SECADO  
SOLAR COMO ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE SECADO DE  
CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) EN CHAHAL, ALTA  
VERAPAZ.



Presentado al Honorable Tribunal Examinador por:

Loreto Yaxcal Ax

en el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Industrial con  
énfasis en recursos naturales renovables

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

Informe final de graduación

PROYECTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA SECADO  
SOLAR COMO ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE SECADO DE  
CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) EN CHAHAL, ALTA  
VERAPAZ.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luís Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en recursos naturales renovables.

F-14-04-2020-15  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Experto Metodológico  
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO  
29.12.2020.289



El / La Evaluador(a) Final del Trabajo de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

**CONSIDERANDO:**

Que el / La Metodólogo(a) en Investigación Científica, ha dado su aprobación preliminar al trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento y me ha informado que el documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académicos al titular que formuló el mismo; de lo cual deviene procedente asignarle la puntuación correspondiente.

**POR TANTO:**

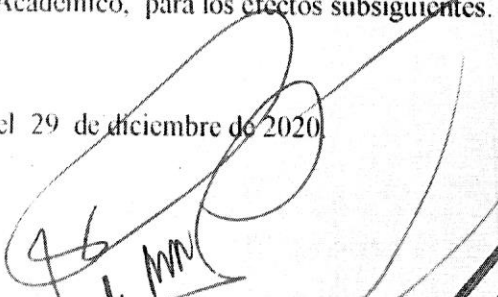
Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativa aplicable,

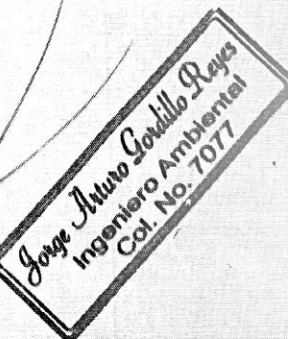
**ACUERDA:**

Emitir el Acuerdo de Asignación de Punteo al Trabajo de Graduación de mérito, de la manera siguiente:

1. Asignar Setenta y nueve (79) sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: **“PROYECTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA SECADO SOLAR COMO ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE SECADO DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) EN CHAHAL, ALTA VERAPAZ.”** formulado por **Loreto Yaxcal Ax**, titular del carné 13-059-0210, inscrito en la Facultad de Ingeniería, de esta Universidad.
2. Trasladar tres copias físicas y un archivo digital del trabajo de graduación a la Presidencia del Consejo Académico, para los efectos subsiguientes.
3. Notifíquese

Dado en la ciudad de Guatemala el 29 de diciembre de 2020.

  
Jorge Arturo Gordillo Reyes  
Ingeniero Ambiental Agroecólogo  
Experto(a) Metodológico (a)



F-14-04-2020-14  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Asesoría de tesis  
ACUERDO DE APROBACIÓN PRELIMINAR DE TESIS



El Asesor en Metodología del Programa de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

**CONSIDERANDO:**

Que he asesorado y firmado el trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento; y siendo que a mi criterio dicho documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico a quien formuló el mismo.

**POR TANTO:**

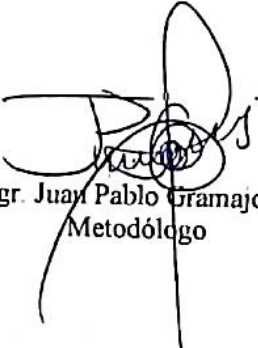
Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativas aplicables,

**ACUERDA:**

Emitir el Acuerdo de Aprobación Preliminar de Trabajo de Graduación, de la manera siguiente:

1. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: Proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz., formulado por Loreto Yaxcal Ax titular del carné 13-059-0210, inscrito en la Facultad de Ingeniería de esta Universidad
2. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación de acuerdo a los criterios técnicos que considere convenientes.
3. Notifíquese

Dado en la ciudad de Guatemala el 14 de agosto de 2020

  
Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda  
Metodólogo

ING. AGR. JUAN PABLO  
GRAMAJO PINEDA  
Col. 7,203



F-18-06-2018-01  
Universidad Rural de Guatemala  
Programa de Graduación  
Carta de aprobación  
Asesor General Metodológico  
Guatemala, 30 de julio de 2020

Asunto: Aprobación del informe final  
de graduación y solicitud de conformación  
de Tribunal Examinador.

Señor Coordinador General:

Tengo a honra dirigirme a usted, con la finalidad de informarle que, como Asesor General Metodológico del trabajo denominado: "Proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.", a cargo del estudiante: Loreto Yaxcal Ax; Carné: 13-059-0210; perteneciente al grupo: 145-059-17; apruebo el informe final de graduación y solicito que se integre El Tribunal Examinador de esta tesis.

Me valgo de la ocasión para presentarle a usted, muestras distinguidas de mi consideración y estima.

ING AGR JUAN PABLO  
GRAMAJO PINEDA  
Col 7,203

Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda  
Asesor General  
Metodológico

C.C. Archivo personal

Señor  
Coordinador General  
Programa de Graduación  
Universidad Rural de Guatemala  
Presente

## PRÓLOGO

La razón académica de esta investigación es cumplir con los requisitos previos a obtener el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en recursos naturales renovables en grado académico de Licenciado, de acuerdo a los estatutos de Universidad Rural de Guatemala.

El presente informe de investigación se realizó con el objetivo de resolver la problemática de dependencia de leña para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado, que dicho proceso ha provocado altos costos, en los últimos 5 años.

En esta investigación se utilizó el método de investigación descriptiva, con el enfoque cuantitativo en la que se tuvo recopilación de información de campo, con técnicas de cuestionario y entrevista; se tuvo como sujetos a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), técnicos del Instituto Nacional de Bosque (INAB) y de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) de Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, en la que se aplicó métodos estadísticos de que permitió la comprobación de la hipótesis y se obtuvieron las conclusiones y recomendaciones que serán aporte muy importante para los productores.

Para complementar la investigación se tiene la propuesta de intervención donde se plantea la necesidad del diseño y construcción de máquina de secado solar que venga a suplir las máquinas de secado de leña de sistemas tradicionales, que estará acompañado de un programa de capacitación de personal y el fortalecimiento de la unidad ejecutora donde se creará la Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal.



## PRESENTACIÓN

La importancia del problema de la deforestación de bosques es de suma preocupación para tomar acciones estratégicas en el cuidado del medio ambiente, es responsabilidad ambiental proteger la naturaleza de nuestro planeta, asimismo se presenta el cultivo del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que más impacto ha tenido en la economía del departamento de Alta Verapaz y a nivel nacional.

En el municipio de Chahal se tiene a productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que han tenido altos costos del secado con leña, debido a sistemas tradicionales, que ha provocado la depredación de los bosques y afecta los beneficios económicos que son cada vez menos, para lo cual hace indispensable la implementación de estrategias y medidas que vengán a solucionar la problemática antes mencionada y poder capacitar al personal de los productores.

La problemática de la dependencia de leña para proceso de secado, ha sido por el desconocimiento de poder implementar nuevas formas de secado, que no tengan altos costos de funcionamiento y que no se vea afectado nuestro medio ambiente.

En este sentido es importante la implementación del plan de intervención que permita tener tres líneas de acción estratégica, las cuales deben girar sobre el diseño y construcción de una máquina para secado solar, que disminuya los altos costos en el proceso de secado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) unido al programa de capacitación para el personal y los productores, así como el fortalecimiento de la unidad ejecutora con la creación de Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal.

Los objetivos de la implementación de la máquina de secado solar, es reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y así evitar la dependencia de leña en el proceso, con acciones de mejora continua en todos los procesos, como el uso de maquinaria de secado solar, capacitación a los productores para el empoderamiento de capacidades técnicas, operativas de mantenimiento y de seguridad industrial, así como el fortalecimiento de la unidad ejecutora.

Se pretende que los productores conozcan sobre la sostenibilidad y elevar la economía familiar para alcanzar mejores estándares de vida.

## ÍNDICE GENERAL

|          |  |    |
|----------|--|----|
| I.       | INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| I.1.     | Planteamiento del problema.....  | 2  |
| I.2.     | Hipótesis .....  | 2  |
| I.3.     | Objetivos.....   | 3  |
| I.3.1.   | General.....   | 3  |
| I.3.2.   | Específicos .....  | 3  |
| I.4.     | Justificación .....  | 3  |
| I.5.     | Metodología.....   | 4  |
| I.5.1.   | Métodos .....  | 4  |
| I.5.1.1. | Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.....                            | 5  |
| I.5.1.2. | Métodos empleados para la comprobación de la hipótesis.....                            | 5  |
| I.5.2.   | Técnicas .....   | 7  |
| I.5.2.1. | Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.....                           | 7  |
| I.5.2.2. | Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.....                           | 8  |
| II.      | MARCO TEÓRICO.....   | 11 |
| II.1     | Cultivo del Cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....                   | 11 |
| II.1.1   | Características Botánicas de la Planta.....  | 12 |
| II.1.2   | Variedades de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....                 | 13 |
| II.1.3   | Clasificación Botánica del Cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.)<br>Maton)..... | 14 |
| II.1.4   | Descripción botánica del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.)<br>Maton).....   | 15 |
| II.1.5   | Manejo Agronómico.....   | 16 |

|   |    |
|---|----|
| II.1.6 Zonas de vida en Alta Verapaz, en donde se produce el cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton). .....   | 16 |
| II.1.7 Propagación del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....   | 17 |
| II. 2 Proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....   | 17 |
| II.2.1 Beneficiado, Comercialización y Perspectivas.....  | 17 |
| II.2.2 Clasificación del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) beneficiado. ....  | 19 |
| II.2.3 Comercialización del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) beneficiado. ....   | 20 |
| II.2.4 Proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).  | 21 |
| II.2.5 Industria primaria (de cereza a pergamino).....  | 22 |
| II.2.6 Estudios de rendimiento del proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....  | 23 |
| II.3 Altos costos en el proceso de secado.....  | 24 |
| II.3.1 Beneficiado del fruto. ....  | 29 |
| II. 4 Uso de la leña en el proceso de secado.....   | 30 |
| II.4.1 Definición de la leña.....   | 30 |
| II.4.2 Deforestación.....   | 31 |
| II.4.3 Mal uso de la leña y sus consecuencias ambientales y sociales. ....  | 31 |
| II.4.4 Impactos ambientales, sociales, económicos provocados por el uso de la leña. ....  | 32 |
| II.4.5 Impactos ambientales, económicos y sociales del uso de la leña en secadoras de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Alta Verapaz. .... | 33 |

|   |    |
|---|----|
| II.5. Dependencia de leña para proceso de secado.....   | 37 |
| II.5.1. Deforestación una realidad nacional. ....   | 38 |
| II.5.2 Ausencia de una política de educación para la conservación de los<br>bosques y del uso moderado de la leña. ....                                 | 38 |
| II.6 Tipos de máquinas secadoras de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.)<br>Maton).....   | 39 |
| II.6.1 La secadora para cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....  | 41 |
| II.6.2 Secadoras de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....  | 45 |
| II.6.3 Capacidad de las secadoras. ....   | 47 |
| II.6.4 Según su capacidad.....  | 47 |
| II.7 Máquinas solares secadoras de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.)<br>Maton).....  | 47 |
| II.7.1 Secadora para cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton). ....  | 48 |
| II.7.2 Elementos fundamentales en el secado de cardamomo ( <i>Elettaria<br/>cardamomun</i> (L.) Maton) a considerar en una máquina de secado solar..... | 53 |
| II.8 Diseño y fabricación de máquinas secadoras solares. ....   | 55 |
| II.8.1 Calentador a gas (caldera de gas). ....  | 55 |
| II.8.2 Paneles fotovoltaicos de 330W (2).....   | 58 |
| II.8.3 Baterías de 200 Ah. ....   | 60 |
| II.8.4 Calentador solar (Colector solar).....   | 63 |
| II.8.5 Ventilador con radiador. ....  | 64 |
| II.8.6 Depósito o pila para secado. ....  | 70 |
| III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....  | 71 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 78 |

IV.1 Conclusiones ..... 78

IV.2 Recomendaciones ..... 79

## BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro</b>  | <b>pág.</b> |
|--|-------------|
| Cuadro 1. Clasificación botánica del Cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).....  | 14          |
| Cuadro 2. Volumen total de leña en m <sup>3</sup> comercializada con autorización debida y sin autorización debida en porcentajes. ....  | 36          |
| Cuadro 3. Listado de 5 especies de leña más comercializadas y utilizadas por las agroindustrias identificadas en la presente investigación. ....                                       | 36          |
| Cuadro 4. Productores con altos costos en el proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en los últimos años. ....  | 72          |
| Cuadro 5. Productores que manifiestan conocer las causas de los altos costos en el proceso de secado del producto.....   | 73          |
| Cuadro 6. Productores que indican haber buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto.....   | 74          |
| Cuadro 7. Técnicos que indican si cuentan con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton)..... | 75          |
| Cuadro 8. Técnicos que manifiestan conocer sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar. ....  | 76          |
| Cuadro 9. Técnicos que indican sobre haber implementado alternativas en el proceso de secado.....  | 77          |

## INDICE DE GRÁFICAS

| <b>Gráfica</b>  | <b>pág.</b> |
|---|-------------|
| Gráfica 1. Productores con altos costos en el proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en los últimos años. ....  | 72          |
| Gráfica 2. Productores que manifiestan conocer las causas de los altos costos en el proceso de secado del producto.....   | 73          |
| Gráfica 3. Productores que indican haber buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto. ....  | 74          |
| Gráfica 4. Técnicos que indican si cuentan con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton)..... | 75          |
| Gráfica 5. Técnicos que manifiestan conocer sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar. ....  | 76          |
| Gráfica 6. Técnicos que indican sobre haber implementado alternativas en el proceso de secado. ....   | 77          |



## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b>  | <b>pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. Secadora de cardamomo.....   | 19          |
| Figura 2. Un operario remueve el cardamomo ( <i>Elettaria cardamomum L. Maton</i> ) en una pila.....   | 22          |
| Figura 3. Presentación de una secadora de cardamomo en la empresa de estructuras metálicas el chino.....   | 24          |
| Figura 4. Se presenta granos de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomum L. Maton</i> ) secados en un beneficio.....  | 26          |
| Figura 5. Porcentaje del consumo mensual de leña en m <sup>3</sup> , por las 10 agroindustrias (unidades de muestra) durante el período 2012-2016..... | 35          |
| Figura 6. Fotografía de una pila secadora de cardamomo; al inicio del proceso de secado.....   | 40          |
| Figura 7. Panel de horno de leña.....  | 46          |
| Figura 8. Horno de leña.....   | 47          |
| Figura 9. Quemadora de diésel.....   | 49          |
| Figura 10. Ventilador.....   | 49          |
| Figura 11. Termostato.....   | 50          |
| Figura 12. Motor.....  | 50          |
| Figura 13. Generador eléctrico.....  | 51          |
| Figura 14. Termómetro.....   | 52          |
| Figura 15. Faja y polea.....   | 52          |
| Figura 16. Bandeja.....  | 53          |
| Figura 17. Esquema de su funcionamiento.....   | 56          |
| Figura 18. Cilindros de gas.....   | 58          |
| Figura 19. Paneles fotovoltaicos de 330W.....  | 60          |
| Figura 20. Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline.....   | 62          |
| Figura 21. Sistema solar Termosifón Essence 300 litros con estructura de acero y estructuras para tejado plano.....                                    | 63          |

|   |    |
|---|----|
| Figura 22. Los equipos termosifón de 300 litros modelo TS300..... | 64 |
| Figura 23. Radiador de un automóvil con ventilador.....           | 65 |
| Figura 24. Radiador de un automóvil con enfriador. ....           | 65 |
| Figura 25. Ventilador .....                                       | 66 |
| Figura 26. Movimiento que hace el agua en un radiador.....        | 67 |
| Figura 27. Diseño de una pila para secado para cardamomo.....     | 70 |

## I. INTRODUCCIÓN

Los municipios de los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y Petén presentan los datos más altos en área de pérdida de cobertura forestal; San Andrés, La Libertad y Sayaxché reportan cada uno más de 25,000 hectáreas de pérdida, (Instituto Nacional de Bosque (INAB), Consejo Nacional de áreas Protegidas (CONAP), Universidad del Valle de Guatemala (UVG) & Universidad Landívar (URL), 2012) lo que significa que en el municipio de Chahal se tenga también esta problemática de grandes magnitudes.

El recurso de leña, en nuestro país Guatemala es considerado como principal fuente energética para actividades agroindustriales, se tiene el caso particular en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) para el cual no es la excepción, pues la leña es fuente de energía, además de bajo costo en el mercado y aún se puede decir que es relativamente disponible en el área.

La presente investigación fue realizada con el propósito de hacer un aporte importante para los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal con la solución de la problemática de la dependencia de leña para el proceso de secado, por la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.

Es importante dar a conocer que este informe de investigación consta de cuatro capítulos: I la descripción del planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos y la justificación; II describe el marco teórico, detalla de manera general conceptos, definiciones y principios relacionados con el tema investigado; III presenta la comprobación de la hipótesis; IV realiza las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, por último en los anexos se presenta la propuesta de un plan de intervención sobre el diseño y construcción de máquina de secado solar del cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton).

### **I.1. Planteamiento del problema**

En el municipio de Chahal del departamento de Alta Verapaz, se tiene una zona potencial para la producción del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), que en el transcurso de la historia ha representado la base de los ingresos económicos para las familias. En la actualidad se tiene varias razones por las cuales el beneficiado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se ha convertido en una actividad de mucha importancia, resalta que Guatemala por la calidad de producto y los volúmenes que produce es el principal exportador a nivel mundial.

Esta demanda anual del producto ha generado ganancias económicas y empleo a nivel del área rural, aunque se ha tenido precios irregulares, los productores mantienen el espíritu de lucha por mantener las producciones y mejorar la calidad del mismo y continuar la dependencia del cultivo directamente.

Por lo que a continuación se presenta el problema de la dependencia de leña para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en la que se ha tenido altos costos en el proceso de secado en los últimos 5 años; por lo que se considera que es por la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, la cual sería una alternativa de solución en el proceso de secado y pretende fortalecer las competencias laborales de los productores del cultivo y se reduce los costos del proceso de secado.

### **I.2. Hipótesis**

“Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa”.

¿Es la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) el causante de altos costos por la dependencia de leña en los últimos 5 años en Chahal, Alta Verapaz?

### **I.3. Objetivos**

#### **I.3.1. General**

- Reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

#### **I.3.2. Específicos**

- Evitar la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

### **I.4. Justificación**

La importancia de esta investigación radica que, en el departamento de Alta Verapaz, en el año 2006, contaba con 372,588 ha de bosques, para el año 2010, se reporta una cobertura forestal de 375,345 ha, se estima que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 61,455 ha de bosques, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 64,211 ha; es decir que se tuvo ganancia neta de 2,756 ha de bosques (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012).

Los registros del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), muestran que de la madera que se cosecha anualmente con autorización de estas instituciones, prácticamente la mitad va para la industria y la otra mitad se destina para consumo energético. El volumen promedio de la madera cosechada de 1999 al 2001 con destino a la industria forestal nacional, fue de 575,000 m<sup>3</sup>, a esta cifra hay que sumarle los volúmenes cosechados en forma ilícita

(tala ilegal), los cuales según estimaciones citadas por INAB-FAO (2004) son del 30 al 50% del volumen cosechado por año; lo que nos da un volumen entre 724,100 a 862,500 m<sup>3</sup> (Cáceres y Gómez, 2006).

Otros de los aspectos importantes es el deficiente manejo tecnológico del beneficiado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y uso de máquinas de secado con leña por los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), con lo que se ha tenido elevados costos en dichos procesos y ha repercutido en bajos ingresos económicos.

Por estas razones expuestas, se necesita realizar una investigación sobre el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) con leña, se cuantifica el volumen total de leña utilizada y el costo de gastos generados por el uso de este tipo de energía y valorizar el volumen de leña comercializada con el fin de generar información de base, que pueda ser de utilidad para conocer el impacto del uso de la leña en los altos costos que se tienen en la actualidad y poder replantear la presentación de una alternativa de solución con la implementación de un diseño y construcción de máquina para el secado solar.

## **I.5. Metodología.**

Los métodos y técnicas utilizadas en la elaboración del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

### **I.5.1. Métodos**

Para formulación de hipótesis, básicamente se utilizó el método deductivo, respaldado por el método de marco lógico en la formulación de objetivos que se diagraman en el árbol de problemas y objetivos.

Luego en la comprobación de hipótesis el método utilizado fue el inductivo, seguido del método estadístico, analítico y finalmente el sintético.

#### **1.5.1.1. Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.**

##### **➤ Método deductivo:**

Se realizaron recorridos en las instalaciones de beneficios de secado en el municipio de Chahal, Alta Verapaz, donde se logró determinar que no se utiliza ninguna máquina para secado solar, como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton); esto ocasiona dependencia del recurso energético de leña, esto también mostró los altos costos en el proceso de secado; en dichos recorridos se contó con el apoyo de los productores propietarios de cada beneficio, así como de cada uno de los trabajadores. Con esto se logró aportar en la formulación de la hipótesis.

##### **➤ Método de marco lógico:**

Utilizado para conocer el alcance de los objetivos, basado en el análisis de la problemática de la dependencia de leña en el proceso de secado y la relación causa y efecto, es decir de la falta de máquina para secado solar y los altos costos en el proceso de secado utilizado actualmente; con el hecho de poder colocar parámetros precisos para la ejecución, monitoreo y evaluación de alternativas de solución, que conlleva la realización de un proyecto con metas y riesgos establecidos, de manera resumida, que lleve al éxito de la propuesta.

#### **1.5.1.2. Métodos empleados para la comprobación de la hipótesis.**

##### **➤ Método inductivo:**

Importante en la identificación de conclusiones y recomendaciones a partir de procesos de análisis y síntesis, que pudiesen contribuir en la comprobación de hipótesis, todo ello posterior a actividades de observación, encuestas, recopilación de experiencias.

➤ **Método estadístico:**

Para la comprobación de causa y efecto, fue utilizado en recolección, recuento o computo, presentación, síntesis y análisis de la información obtenida, en las etapas de campo, encuestas, censos; por ejemplo, en la elaboración de cuadros y gráficas en la presentación de resultados; con lo cual se apoyó en la comprobación de la hipótesis.

➤ **Método analítico:**

Utilizado para realizar separación de los elementos que componen la hipótesis, donde se muestran los altos costos en el proceso de secado, así como los propietarios aceptan la dependencia de leña para el proceso de secado, de la misma manera reconocen que no se han tenido alternativas de solución; lo que viene a apoyar que no se cuenta con proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, tampoco de capacitaciones para trabajadores sobre ese tipo de maquinaria, además los técnicos consideran que este tipo de proceso de secado solar es una alternativa viable para la reducción de costos en el proceso.

De esta manera se puede definir la relación entre la inexistencia de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar y los altos costos en el proceso de secado.

➤ **Método sintético:**

Empleado para el arreglo de la problemática identificada, dependencia de leña para proceso de secado, que con lleva a los altos costos en el proceso de secado; que posterior al análisis de los resultados de censos y encuestas, se define que el proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton); evitará la dependencia de leña y en un periodo de tiempo reducirá los costos en el proceso de secado en el municipio de Chahal, Alta Verapaz.



## **I.5.2. Técnicas**

Las técnicas empleadas en la formulación como en la comprobación de hipótesis, fueron distintos de acuerdo a cada etapa, por lo que se presentan a continuación;

### **I.5.2.1. Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.**

#### **➤ Lluvia de ideas**

Empleada para generar aportes de trabajadores de beneficios de secado, productores propietarios de beneficios de secado, técnicos de instituciones vinculantes al tema; donde se genera de manera espontánea la producción de ideas, donde se logra integrar a trabajadores, propietarios y técnicos de instituciones para presentar la problemática y captar posibles oportunidades de mejora. Se buscaron obtener todas las ideas posibles sin mayores expectativas en cuanto a la eficacia de las mismas. Para ello, plantearon la problemática y cada miembro del equipo describió sus ideas en torno a dicho tema, así como referente a las causas y efectos que pudiesen estar relacionadas con la problemática en estudio.

#### **➤ Observación directa.**

Consistió en captar información, donde se visualizan actitudes, procesos, diseños, espacios; sin intervenir en el desarrollo normal de las actividades en cada uno de los beneficios de secado, además de observar la situación actual de secado durante todo el proceso.

#### **➤ Visitas de campo.**

Se realizaron en beneficios de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en el municipio de Chahal, departamento de Alta Verapaz, para dialogar con productores propietarios de beneficios de secado y trabajadores; esto con la idea de obtener percepción de la situación problema, además de realizar observaciones respectivas al proceso de secado. Por otra parte, fue importante definir si existen

mecanismos diferentes para solución a la problemática o son los mismos que no han dado respuesta a la problemática.

➤ **Investigación documental.**

Realizaron búsqueda de información del tema, para determinar la existencia de información similar o que dicha problemática ya tuviese solución que no se haya implementado, lo que garantizó que no habrá duplicidad de temas o esfuerzos para resolver el problema; por lo que la información o revisión de documentos que contengan la misma información del tema a tratar sea únicamente para apoyar o reforzar el trabajo que se realiza.

➤ **Entrevistas.**

Se realizaron de forma verbal, en visitas o recorridos en beneficios de secado, lo cual fue acompañado de observación en áreas de bodega de almacenamiento de leña y áreas de ubicación de pilas de secado y secadoras, con la finalidad de obtener información de cada uno de los productores propietarios de beneficios de secado y trabajadores, en tema del proceso y su eficiencia, así como su percepción sobre los altos costos en el proceso de secado en cada beneficio.

**I.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.**

➤ **Cálculo del tamaño de la muestra.**

Con datos que se obtuvieron en cada beneficio, fue necesario utilizar la fórmula para poblaciones finitas cualitativas con 9.5% de error y con alto grado de nivel de confianza del 90%, para cuantificación de muestra finita cualitativa, para determinar la población del efecto, por ser población de 95 productores propietarios de beneficios de secado, se obtuvo la muestra de 42 productores propietarios de beneficios de secado que fueron encuestados.

➤ **Encuestas.**

Se realizaron dos encuestas una para efecto dirigida a productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) propietarios de beneficios de secado y otra para causa dirigida a los cinco técnicos de instituciones vinculantes en el tema, estas encuestas con preguntas que conllevan a la verificación de las condiciones en que se encuentra la causa y el efecto, y así comprobar la hipótesis planteada.

➤ **Censo.**

Esta técnica se utilizó con población en estudio referente a la causa, se tuvo población de 5 técnicos y por ser población menor a treinta y cinco personas, se aplicó censo, es más acertados en los resultados.

➤ **Técnica de análisis**

Procedieron a realizar análisis de la relación que se tiene entre los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado, pero aunado a ello también la falta de capacitación y de compromiso de cada productor propietario de beneficio por la ejecución o implementación de dicha alternativa.

Por lo que, en ese momento, acorde a que existe un reconocimiento de los altos costos en el proceso de secado, de la dependencia de leña en el proceso de secado, de falta de búsqueda de alternativas, de la inexistente capacitación, así como de reconocer que puede reducir los costos y la dependencia de leña al contar con proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton). Con agrupación de estos elementos se apoya en la comprobación de la hipótesis.

➤ **Coefficiente de correlación.**

Con los datos obtenidos de los registros contables de manejo interno de cada productor propietario de beneficio de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), referente a costos del proceso de beneficiado y validado por los técnicos de instituciones vinculantes, se logró verificar los altos costos en el proceso de secado, así como específicamente los costos de leña; se define la dependencia de leña en el proceso de secado, de esa manera se obtuvieron datos de los últimos cinco años; es así como al aplicar este proceso estadístico se tuvo el resultado de la relación existente entre efecto y causa.

➤ **Ecuación de la línea recta.**

Su finalidad fue graficar el comportamiento de los efectos que se han ocasionado, y pueden ocasionar con el paso del tiempo, al no contar con el proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, y así poder tener idea clara de cómo seguirán los efectos al no poder resolver la problemática de manera inmediata y en el futuro.

Además, esta técnica también permitió hacer un análisis acorde a lo esperado en el tiempo futuro según la propuesta de solución con tres resultados claros definidos en el marco lógico, lo que lleva a tener una gráfica de cómo serían las condiciones de los productores propietarios de beneficios de secado, durante y al final de la intervención de la propuesta de solución.

## II. MARCO TEÓRICO

### II.1 Cultivo del Cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

Sandoval (2006), realizó un diagnóstico y menciona que el cardamomo es un cultivo de amplia tradición en Guatemala, fue introducido a nuestro país en 1,914 por el alemán Oscar Majus Klover, en la finca Chinasuyub del municipio de Cobán, Alta Verapaz, la pionera en el desarrollo del cultivo. Guatemala desde los años setenta se convirtió en el mayor exportador de cardamomo y a partir de esta fecha se ha constituido en un cultivo de mucha importancia para la economía guatemalteca y para los agricultores indígenas y no indígenas, del área rural que dependen directa e indirectamente del cultivo.

De acuerdo a un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, MAGA (2007), se considera que alrededor de ciento cincuenta mil pequeños productores dependen directamente del cultivo a nivel nacional y las zonas productoras de cardamomo en Guatemala son: Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango e Izabal. Los países importadores utilizan el cardamomo para condimentar carnes de diferente tipo, lo usan en repostería, perfumería, pastelería, medicina y condimentación. En Guatemala se utiliza generalmente para la industria de dulces, chicles y en menor grado para la repostería y perfumería a diferencia de los países árabes que lo usan en combinación con el café.

En un estudio realizado por Ligorria (2005), 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 grandes, tallos carnosos y gruesos, flores blancas agrupadas en racimos; se presenta con forma de capsulas o granos.

Es una planta que responde perfectamente a suelos ricos en materia orgánica, el cultivo se desarrolla bien en las hondonadas, especialmente, si el suelo es virgen. Esto es importante porque tendrá mucha fuente de nutrientes y la planta tardará mucho tiempo en agotarlos. El cultivo se desarrolla correctamente en suelos con textura franco – arcillosa y franco – arenoso. (Ligorria, 2005).

En terrenos muy arenosos el cardamomo se resiente mucho, especialmente en la época de verano, ya que estos no tienen la capacidad de retener suficiente agua. El cardamomo es una planta regularmente de climas templados y es muy tolerante al exceso de lluvias y niveles de agua caídos en excesos, si se mantiene buena ventilación entre hojas y raíces, así como suelos permeables para evitar el encharcamiento. (Ligorria, 2005).

### **II.1.1 Características Botánicas de la Planta.**

El cardamomo tiene tallos rizomatosos de 2 a 5 metros de altura y forma macollas de color verde tierno. Sus raíces son fibrosas, blanquecinas alcanzan 1 metro de largo y 6 milímetros de grosor. Hojas envainadoras, lineales, lanceoladas y dispuestas en el tallo en forma alterna, con nervaduras a lo largo de la lámina foliar. Cada hoja mide de 0.50 a 0.80 metros de largo por 0.08 a 0.10 metros de ancho. Las flores son hermafroditas, un tanto irregulares y con brácteas; tienen 3 sépalos y 3 pétalos, uno de estos últimos (labelo), sobre sale de los otros por ser más grande. Cáliz doble y exterior, cilíndrico y con 2 lóbulos, con 4 divisiones externas y 3 internas en donde se encuentran los óvulos. (Amézquita, 1978).

El color de las flores varía de blanco a verde pálido, con una coloración violeta al centro y miden de 2.5. a 3.75 milímetros de diámetro, con 3 celdas y 3 valvas de color verde amarillento en su estado maduro. En cada celda se localizan de 5 a 7 semillas de 3 a 4 milímetros de largo cada una, de forma irregular, angulosas, duras de color pardo y superficie áspera. Menciona también, que las semillas se

encuentran envueltas en una membrana incolora (arilo), que son algo mielosas, con sabor picante y agradable aroma. En cada capsula se encuentran contenidas un promedio de 20 semillas (Amézquita, 1978).

### **II.1.2 Variedades de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Cano (1985), al referirse a las variedades de cardamomo menciona lo siguiente: Dos variedades de cardamomo han sido reconocidas en base al tamaño de la fruta: Variedad Major Thwaites (Gran cardamomo Major), su nombre común es cardamomo Ceilán. Esta variedad es el Lanka, presente en el bosque húmedo de esta región, en los cuales es cultivado solo ocasionalmente. Es una planta robusta de aproximadamente 3 metros de alto, con pseudotallos rosados, hojas amplias y panículas erectas.

El ovario es más largo que el de la variedad *Cardamomum*, es alargado, de 2.5 a 5 centímetros, levemente arqueado, de color amarillo verdoso si madura y pardo oscuro al secar, con mayor número de semillas, aunque más largas y menos aromáticas. La variedad *cardamomum*, en esta se encuentran la mayoría de las variedades cultivadas. La altura varía entre 2.5 a 5 metros. La panícula es larga, con flores más numerosas y puede ser postrada, arqueada o erecta, (Cano 1985).

El ovario y el cáliz son lisos. Los frutos son más pequeños que los de la variedad Major Thwaites, con menos semillas, más pequeñas y más aromáticas. Las variedades más reconocidas son las siguientes: Cardamomo de Malabar: Las plantas raramente exceden de los 2.7 metros de altura, con ramas cortas. Las hojas son de 30 a 45 centímetros de largo y son pubescentes en la superficie inferior; las panículas son de 60 a 90 centímetros de largo y postradas; los frutos son pequeños, globosos, redondos u ovoides y levemente encorvados, (Cano 1985).

Es muy susceptible al virus del mosaico. Cardamomo Mysoure: Las plantas son de crecimiento robusto, con tallos hasta de cinco metros de altura, con hojas gruesas, largas y lisas en la superficie del envés. Las panículas son erectas o arqueadas y los frutos son largos, fusiformes, triangulados y lisos. Esta variedad se considera que tiene cierta resistencia al virus del mosaico y se desarrolla adecuadamente en elevaciones mayores que el cardamomo de Malabar, (Cano 1985).

### II.1.3 Clasificación Botánica del Cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

Según Lang Ovalle (1980) citado por Chen (1998), se refiere a la clasificación botánica del cardamomo e indica lo siguiente:

**Cuadro 1.** Clasificación botánica del Cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

| Reino              | Plantae                       |
|--------------------|-------------------------------|
| Sub - Reino        | Embryobionta                  |
| División           | Magnoliophyta                 |
| Clase              | Liliopsida                    |
| Sub – clase        | Zingiberidae                  |
| Orden              | Zingiberales                  |
| Familia            | Zingiberaceae                 |
| Género             | Eletaria                      |
| Epíteto específico | <i>Eletaria cardamomum</i> L. |

**Fuente:** (Lang Ovalle 1980)

El cardamomo se distingue por la presencia de tejidos con un sistema de conducción bien desarrollado, llamados también plantas vasculares. La palabra *amomom* proviene de las antiguas lenguas semitas cuya traducción sería muy fuerte o



espaciada, mientras que el término *kardamom*, de origen griego se utilizaba para designar al berro. El nombre de la clasificación botánica, *Elletaria* deriva del sánscrito *ela* y en la India se le designa por *ellatari* que significa semillas de *ela*. (Ligoría 2005).

#### **II.1.4 Descripción botánica del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Planta herbácea perenne, provista de un rizoma tuberculoso horizontal, el cual crece debajo del suelo de donde se desarrolla el sistema radicular (Cruz 1983). Los tallos son cañas suaves, erectas, envueltas por vainas en las hojas de 2.5 a 3.5 m de altura, y alcanzan hasta 5.5 m, son de color verde claro en la base, con un diámetro de 3 a 5 cm, los rizomas pueden dar origen a un grupo de 8 a 12 tallos, con un ciclo de vida de dos años (Cruz 1983).

Las hojas están colocadas alternamente, son lineales y lanceoladas, miden de 70 a 80 cm, de largo y de 15 a 18 cm de ancho, de color verde oscuro. Con pubescencias o bien grabas, según la variedad (Cruz 1983).

El rizoma produce tallos florales de 0.90 a 1.5 m, de longitud y diámetro en la base de 1 cm, con tendencia a recostarse horizontalmente; produce flores de 3.4 a 4 cm, de largo y de 1.5 cm de ancho, las cuales son hermafroditas, irregulares, con brácteas, de color blanco verdoso, con pétalo central color violeta pálido.

Las brácteas miden de 2.5 a 3.8 mm de diámetro, dichas flores están dispuestas en panículas, cada una con 3-4 flores, zigomorfas, trímeras, parecidas a la liliópsidas protegidas por brácteas foliosas, con un cáliz verde gamosépalo, la corona gamopétalada, el androceo con 5 estambres de los cuales uno es fértil y está colocado al centro de la flor. El gineceo está formado por un solo pistilo filiforme y el estigma es capitado y sobresale de la antera (Paz S., JF De. 2009).

La fruta es una capsula trilocular y de tres triángulos de forma ovoide, obtusa en la base y con punta en la parte superior, con un tamaño promedio de 8.5 mm de diámetro y contiene de 5 a 7 granos protegidos por una fina capa algodonosa, verde. Los granos miden de 3 a 4 mm de largo, son angulosos y a veces piramidales, con la superficie corrugada y estriada transversalmente, forman un surco a lo largo del fruto (Paz S., JF De. 2009).

Tienen una pequeña envoltura interna, delgada, incolora, membranosa y la capa exterior presenta un color negrozco por fuera y blanco por dentro. La semilla es aromática y de sabor picante (Paz S., JF De. 2009).

El cultivo de cardamomo se produce bajo sombra, aunque no necesariamente. El producto que se obtiene de dicho cultivo es la semilla la que se utiliza para varios fines, como, por ejemplo: elaboración de esencias aromáticas, condimentos, saborizantes, etc. (Paz S., JF De. 2009).

### **II.1.5 Manejo Agronómico.**

De acuerdo con Chen, (1978), la producción de cardamomo disminuye de acuerdo a la edad de la planta, el ataque de enfermedades y mal manejo, por lo tanto, es necesario efectuar una renovación de las plantaciones si estas ya no son rentables y en la región de Alta Verapaz, se renuevan plantaciones después de cuatro años que inicia la producción.

### **II.1.6 Zonas de vida en Alta Verapaz, en donde se produce el cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Las zonas de vida en Alta Verapaz, en donde se produce el cardamomo son las siguientes: bosque muy húmedo subtropical cálido (Chisec, Lanquin, Cahabon, Chahal y Fray Bartolomé de Las Casas), bosque muy húmedo subtropical frío (Cobán y San Pedro Carchá), bosque pluvial subtropical (Senahú y Cobán) y bosque

pluvial montano bajo subtropical (Senahú y Tucuru) (CODEDUR, SEGEPLAN Y GTZ 1993).

### **II.1.7 Propagación del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

El cardamomo puede propagarse en forma sexual, se establecen semilleros, almácigos; y en forma asexual por medio de rizomas, cada una de éstas modalidades tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo; el sistema a utilizar depende de varios factores, como: disponibilidad de material de buena calidad, capacidad económica, condiciones edafoclimáticas prevalecientes, tecnología factible, disponibilidad de tiempo, demanda de producto y urgencia de producción, (Ruano R.,2002).

Para la reproducción sexual sin hacer semilleros pueden utilizarse las plántulas nacidas al pie de buenas plantas adultas, las cuales se trasplantan al almácigo si tienen 3 a 4 hojas pequeñas y para garantizar su buen desarrollo en el almácigo debe realizarse una adecuada selección, (Ruano R.,2002).

La planta para obtención de semilla debe ser seleccionada. Es conveniente una planta de edad media entre 7 y 8 años, vigorosa, sana, con carga uniforme de fruto, con tallos florales largos y con fruto de tamaño característico de la variedad. El fruto para semilla debe madurar en la planta y su recolección debe hacerse en completa madurez cada 20 o 30 días aproximadamente, de acuerdo a la variedad, (Ruano R.,2002).

## **II. 2 Proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

### **II.2.1 Beneficiado, Comercialización y Perspectivas.**

De acuerdo con el estudio realizado por el IARNA, PROFASR y URL, (1,994), el beneficiado, comercialización y perspectivas del cardamomo es un proceso de pasos que contempla lo siguiente:

- **Beneficiado:** El proceso de beneficiado lleva varios pasos entre los que podemos mencionar: Pesado, lavado (si el caso lo amerite), secado, descolado, segunda pesa, clasificación, empaque y traslado a la clasificadora.
- **Pesado:** El pesado se lleva a cabo, en el momento en que el cardamomo llega en cereza al beneficio. La cantidad de cardamomo se determina en libras y es cancelado en el mismo momento al vender, de acuerdo a un precio acordado anteriormente, en caso se compre.
- **Lavado:** Este no siempre se lleva a cabo en zonas adyacentes a los volcanes, donde la precipitación de ceniza es muy elevada y el cardamomo se ensucia, es necesario efectuarlo.
- **Secado:** El secado se puede efectuar en varios tipos de secadoras, las más comunes son de gas, de leña, y de diésel. El tipo de leña es bastante usado por su economía, se utilizan los recursos que se encuentran al alcance del productor. Su desventaja es el tiempo que tarde en secar. Los tipos de diésel y de gas son sinónimos tienen casi el mismo costo. Se ponen a secar 40 quintales de cardamomo a una temperatura de 35 grados centígrados, a las seis horas de secado, se sube la temperatura a 40 grados centígrados, sucede lo mismo a intervalo de seis horas aumentan seis grados en cada intervalo y llegan a 55 grados centígrados y 38 horas de secado. Si se somete el cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) a altas temperaturas, desde las primeras horas de secado, adquieren un color blanco o amarillo, afecta las calidades.
- **Descolado:** El descolado es un proceso inmediato después del secamiento, existen descoladoras de cepillo y de golpe, este consiste en eliminar el pedúnculo que sujeta la capsula al vástago y la colilla, quedan así únicamente la capsula. Luego se empaqueta y se deja listo para volverlo a pesar.
- **Segunda pesa:** La segunda pesa se realiza después del descolado, y se hace para determinar el rendimiento que se obtiene, oscilan entre 4.25 quintales en la región de Alta Verapaz, y 3.5 quintales de cereza en el sur del país, por 1 quintal de pergamino.

- **Clasificación:** Como mencionamos anteriormente, se lleva a cabo la primera clasificación, resultan las siguientes calidades: Primera, Segunda, Tercera, Verde Abierto, Amarillo y Oro.
- **Empaque y Traslado a la Clasificadora:** Luego del proceso anterior, se empacan en bolsas de polietileno negro y en un saco de polipropileno para evitar que tenga contacto con el aire y la luz, así evitar que sufra un efecto de blanqueamiento. Después de ello queda listo para el transporte de empacadora y exportadora, donde sufrirá otro proceso de clasificación más riguroso por medio de máquinas (Criba y Carter).

**Figura 1.** Secadora de cardamomo.



**Fuente:** Sauvons des vies, 2020.

### **II.2.2 Clasificación del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) beneficiado.**

Según Ruano (2002), la clasificación del producto según calidad del proceso de transformación consiste en: Primera, Segunda y Tercera; después de la ventilación el cardamomo sacado del horno, es pasado por una zaranda con cedazo de 1/4 de pulgada para la separación del fruto pequeño y luego se procede a la selección por color y tamaño del fruto seco o en pergamino. La clasificación por tamaño del fruto

obedece a las categorías de Jumbo, Mediano y Baby. El cardamomo de Primera a su vez tiene las siguientes categorías: De Primera: Incluye grano grande y buena coloración verde, Orumex: Incluye grano mediano, Mater; Comprende grano pequeño. El cardamomo de Segunda comprende las categorías: de segunda: Comprende grano amarillo o café claro. De segunda A: Incluye grano amarillo limón, de segunda B; comprende grano pequeño y amarillo suave, el fruto de Tercera incluye el fruto pequeño y de mala calidad.

### **II.2.3 Comercialización del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) beneficiado.**

La comercialización nacional del cardamomo es muy irregular y en el mercado externo generalmente se ha mantenido favorable con algunas fluctuaciones. El mercado interno lo integran los intermediarios, los procesadores y los exportadores, en el país existen diferentes entidades que se dedican a la comercialización del producto. Los intermediarios compran a los pequeños productores el fruto cereza y ganan una comisión por quintal comprado, (Ruano, 2002).

El intermediario también puede ser agente del procesador. La venta del pequeño productor al procesador se tiene principalmente en el cardamomo cereza. La venta del cardamomo pergamino se realiza del procesador al exportador. Los precios en el mercado nacional son muy fluctuantes y son determinados en base a calidad. En la venta del producto que tiene capacidad de procesar, los precios también se determinan en base a calidad del pergamino. Entre los pequeños productores se realiza el proceso de pago por el servicio de secamiento del fruto en secadora, paga el servicio por quintal y luego el producto se vende al mejor demandante, (Ruano, 2002).

La demanda potencial externa del producto se ha mantenido con algunas fluctuaciones en el mercado de los países importadores, principalmente árabes. La

demanda nacional es mínima y consiste básicamente en el uso del aceite esencial en algunos procesos industriales. En el cardamomo se utiliza el embalaje solo en el momento en que se realiza la exportación hacia los países consumidores y el más utilizado es el cartón corrugado, (Ruano, 2002).

Los tipos de embalaje más utilizados son bolsas de polietileno y sacos de yute. El empaque según capacidad suele ser: Bolsas plásticas de 5 y 40 kg. Cajas de cartón corrugado de 5 y 40 Kg. Bolsas de yute de 40 Kg. El tipo de embalaje es solicitado por el país importador, por ejemplo, si el lote es por medio de barco el embalaje es en cajas de madera y si es por vía aérea es de cartón corrugado, (Ruano, 2002).

#### **II.2.4 Proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Para el proceso de secamiento del fruto se utilizan secadoras de diferentes tipos, las cuales se han mejorado poco a poco hasta lograr obtener la calidad adecuada del producto en pergamino que exige el mercado. El fruto pergamino consiste en el estado seco del fruto maduro cereza, pero conserva su coloración verde y gran proporción de su tamaño y forma. El cardamomo oro es básicamente la semilla del fruto. Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de secadoras y de diferentes capacidades para el beneficiado del fruto, cuyo uso está en función del volumen de producción y del mercado (Ruano, 2002).

El secado se efectúa a través de aire caliente que es alimentado por leña, gas o diesel, lo más común en la actualidad es la leña. El proceso de beneficiado lleva varios pasos, entre ellos los que podemos mencionar: Pesado, lavado (si el caso lo amerite), secado, descolado, segunda pesa, clasificación y empaque (CARDEGUA, 2012).

**Figura 2.** Un operario remueve el cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) en una pila.



**Fuente:** Deguate.com, 2020.

### **II.2.5 Industria primaria (de cereza a pergamino)**

El secado o deshidratado del cardamomo cereza para convertirlo en pergamino o seco, que consiste en llevar la cápsula de 55% (cereza), al 12% (pergamino) de humedad, utilizan para ello las secadoras horizontales con pilas circulares y horno de leña, carbón mineral, gas keroseno o diésel, cuyo diseño se ha modificado constantemente, de tal forma que se aproveche el mayor calor posible generado por la leña y por ende reducir costos de transformación y daños al medio ambiente, (López, 2006).

El secado dura de 24 o hasta 48 horas, a temperatura de 50-60 °C. Inmediatamente después de secado el fruto, se somete al proceso de descolado, el cual consiste en la eliminación del pedúnculo o un residuo floral presente en el ápice del fruto seco. La



eliminación es por medio de frotamiento manual de los frutos secos en un cedazo (López, 2006).

Actualmente existen máquinas descoladoras que facilitan el proceso. El producto que se obtiene al final de este proceso, consiste en cardamomo pergamino sin clasificar, que se debe guardar en bolsas de polietileno de color negro y costal de nylon, para garantizar la calidad del producto (López, 2006).

El fruto pergamino consiste en el estado seco del fruto maduro o cereza, pero conservan su coloración verde y gran proporción de su tamaño y forma. El cardamomo oro es básicamente la semilla del fruto. La tasa de conversión de cardamomo húmedo a cardamomo seco (pergamino) es de 5 a 1 en promedio (Domínguez, 2008).

#### **II.2.6 Estudios de rendimiento del proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Para efectos de comercialización se tiene una conversión media de 4.5:1 de fruto cereza a pergamino o seco y de 7:1 de fruto cereza a oro o semilla, (Ruano, 2002).

Los rendimientos de 5.2 quintales (1 quintal equivale a 45.36 kg) pergamino por manzana (para 1998) convertidos en quintales por cuerda dan una producción pergamino de 32.5 libras por cuerda. Calcula una relación cereza/pergamino alrededor de 4.15, resulta en un promedio de rendimiento de 1.35 quintales cereza/cuerda (211.58 quintales/manzana). Las informaciones obtenidas durante las visitas en los sitios de producción dan un promedio alrededor de 2 a 3 quintales por cuerda (unos agricultores pudieron lograr hasta 8 quintales por cuerda), (Pierre, s.f.).

Ligorria (2005), realizó una encuesta dirigida a productores y comercializadores de cardamomo en el municipio de Panzós, Alta Verapaz, en la cual le respondieron de

la siguiente manera: un 70% dijo que utiliza 5.5 quintales en cereza por un quintal de pergamino. Un 25% dijo que utiliza 6.1 quintales en cereza por uno de pergamino y el resto que es el 5% dijo que utilizan 3 quintales en cereza por 1 quintal de pergamino. Entonces en promedio tenemos 4.87 quintales en cereza por 1 quintal de pergamino.

**Figura 3.** Presentación de una secadora de cardamomo en la empresa de estructuras metálicas el chino.



**Fuente:** Secadoras y estructuras el chino. 2020

### **II.3 Altos costos en el proceso de secado.**

En el departamento de Alta Verapaz, en el año 2006 contaba con 372,588 ha de bosques. Para el año 2010, se reporta una cobertura forestal de 375,345 ha. Se estima que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 61,455 ha de bosques, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 64,211 ha; se tuvo una ganancia neta de 2,756 ha de bosques, (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012).

Los aprovechamientos forestales comerciales en la RBSM, incluyen al municipio de Santa Catalina La Tinta Alta Verapaz, se han caracterizado por la tendencia tradicional de manejo con la visión del corto plazo, implica que las operaciones de manejo forestal con enfoque industrial no han sido sostenibles, por lo que, al no aplicar un manejo forestal técnicamente, estas prácticas continúan su contribución a la degradación de los bosques en la Reserva (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2010).

El cultivo del cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) en el municipio de Santa Catalina La Tinta Alta Verapaz, es uno de los principales productos no tradicionales de exportación, generan ingresos económicos a muchas familias de la parte alta del municipio (específicamente la RBSM), (Aguilar, C. 2016).

Los comercializadores del cardamomo, instalan agroindustrias, conocidas en la región como “beneficios”, para el proceso de secado del producto (secadoras), las cuales para su utilización requieren de cantidades no evaluadas de leña, provienen de los bosques, incluidos los de la RBSM, (Aguilar, C. 2016).

Las condiciones de este tipo de producción hacen que no exista un control apropiado para la autorización del aprovechamiento de la leña, empleada como principal fuente de energía en el proceso de secado del cardamomo, (Aguilar, C. 2016).

Los registros de Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), muestran que de la madera que se cosecha anualmente con autorización de éstas instituciones, prácticamente la mitad va para la industria y la otra mitad se destina para consumo energético. El volumen promedio de la madera cosechada de 1999 al 2001 con destino a la industria forestal nacional, fue de 575,000 m<sup>3</sup>; a esta cifra hay que sumarle los volúmenes cosechados en forma ilícita (tala ilegal), los cuales según estimaciones citadas por INAB-FAO (2004) son del 30

al 50% del volumen cosechado por año; lo que nos da un volumen entre 724,100 a 862,500 m<sup>3</sup> (Cáceres y Gómez, 2006).

**Figura 4.** Se presenta granos de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) secados en un beneficio.



**Fuente:** Prensa libre, 2020.

Según el Inventario Forestal (FAO, 2003), la oferta de leña estimada a partir de árboles con DAP mayor de 10 cm es de 95 m<sup>3</sup>/ha en bosques y de 13.2 m<sup>3</sup>/ha en áreas fuera del bosque (citado por Barrera y Zamora, 2010). Según Archila (comunicación personal, septiembre 7/ 2012), en la región se tiene conocimiento que para procesar 40 quintales de cardamomo cereza, se producen 8 quintales de cardamomo pergamino, se consumen 5 m<sup>3</sup> de leña y para obtener 1 quintal de pergamino necesitamos 0.625 m<sup>3</sup> de leña. Para una producción de 400,000 quintales de pergamino, se consumirían 250,000 m<sup>3</sup> de leña por cosecha (año). Entonces, si un 75% del total de secadoras utilizan leña, consumirían 187,500 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, toma como referencia un promedio de 95 m<sup>3</sup>/ha, según el Inventario Forestal (FAO, 2003) a nivel nacional sobre la oferta de productos forestales de bosques naturales para la industria, obtendríamos una deforestación de 1,974 ha por año, (Aguilar, C. 2016).

Por estas razones expuestas, se necesita evaluar el proceso de secado de cardamomo, cuantifican el volumen total de leña utilizada y el área de bosque a que corresponde este consumo, las especies comercializadas; además de su procedencia; determinan si esta es lícita o no y valorizar el volumen de leña comercializada con el fin de generar información de base, que pueda ser de utilidad para conocer el impacto del uso de la leña en esta actividad agroindustrial causa el deterioro de los bosques, (Aguilar, C. 2016).

Según Aguilar, 2016) en su tesis recomienda en relación a los altos costos de secado de cardamomo: Es necesario que sea tecnificado el proceso de secado del cardamomo, es decir, que se utilice eficientemente la leña durante el proceso de secado del cardamomo, para que sean empleadas menos horas en este proceso, por consiguiente, se manipulará menor volumen de leña. Es la leña el combustible principal en el secado de cardamomo; el mejoramiento del diseño de las pilas secadoras ayudará a reducir el consumo y preservará el medio ambiente, plantean rediseñar las pilas secadoras actuales (principalmente el tipo de ventilador que estas utilizan), para aprovechar mejor el flujo de aire, (Aguilar, C. 2016).

Debido a la falta de personal técnico calificado como punteadores (encargados directos que manejan y verifican la calidad en el secado del producto), se les debe capacitar constantemente para la implementación de mejores tecnologías para el mencionado proceso, a fin de que se maneje la temperatura adecuadamente en el secado, ya que consecuentemente puede incrementar el uso no necesario de volumen extra de leña, (Aguilar, C. 2016).

Además, es de suma importancia la implementación de proyectos energéticos para reforestación, que se han implementado y ejecutado por la municipalidad de Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz, la tala de árboles sin la documentación

correspondiente, trae como consecuencia la no recuperación de las áreas taladas, (Aguilar, C. 2016).

Las instituciones gubernamentales como: Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), Ministerio de Ambiente y Recursos naturales (MARN) y además la Municipalidad de Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz, por supuesto sin excluir a las comunidades de la RBSM, deben ser fortalecidas para que puedan velar por el cumplimiento de la protección y conservación de los recursos naturales en el municipio, principalmente evitar la deforestación en Áreas Protegidas y fomentar la reforestación en áreas que se talen lícita o ilícitamente. Además, se deben propiciar alianzas y convenios entre estas instituciones para desarrollar estudios e investigaciones constantes sobre especies de leña que tengan rápido crecimiento, buen poder calorífico y de buena adaptabilidad a las diferentes condiciones climáticas y edáficas de la región, (Aguilar, C. 2016).

Fundar e institucionalizar una entidad y que esta sea la encargada del desarrollo e innovación de tecnologías encaminadas y dirigidas en el campo, específicamente a los productores sobre la implementación de técnicas agronómicas en el manejo del cardamomo para obtener mejores rendimientos y por ende alcanzar un buen producto en cardamomo cereza y pergamino, que contribuya a un uso más eficiente del recurso leña, (Aguilar, C. 2016).

Las empresas tanto procesadoras como comercializadoras deben ser capacitadas y concientizadas en el uso adecuado de los recursos naturales especialmente para las que procesan y comercializan en la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (Área Protegida), para no incrementar la frontera agrícola y por ende la reducción de la masa boscosa, debido a que el proceso de beneficiado del cardamomo requiere altas cantidades de leña, (Aguilar, C. 2016).

Las empresas procesadoras y exportadoras del cardamomo, deben destinar un porcentaje de sus ingresos para la formación y capacitación técnica, uso de tecnología en el secado del cardamomo de los productores y así mejorar la calidad del cardamomo en cereza y pergamino a través de una Asociación o Gremial, (Aguilar, C. 2016).

A través de la implementación de políticas departamentales y municipales en el sector forestal, se debe incorporar la investigación en temas que definan alternativas de recursos para sustituir la leña del bosque natural, como por ejemplo plantaciones con fines energéticos de rápido crecimiento y con características óptimas para la combustión en el secado de cardamomo, (Aguilar, C. 2016).

Las agroindustrias de cardamomo (beneficios), deben inscribirse y registrarse al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) e Instituto Nacional de Bosques (INAB) para tener un control del consumo de leña que utilizan para su proceso. (Aguilar, C. 2016).

Proponer planes de negocio, orientados al establecimiento de plantaciones energéticas, es alternativa para ofertar el recurso leña, en base a un rápido crecimiento y calidad de sus propiedades caloríficas y de adaptabilidad de las especies que se necesiten establecer, (Aguilar, C. 2016).

### **II.3.1 Beneficiado del fruto.**

Ruano 2,002, en sus investigaciones escribió que, para el proceso de secamiento del fruto, se utilizan secadoras de diferentes tipos, las cuales han mejorado poco a poco hasta lograr obtener la calidad adecuada del producto en pergamino que exige el mercado. El fruto pergamino consiste en el estado seco del fruto maduro o cereza, pero conservan su coloración verde y gran proporción de su tamaño y forma. El cardamomo oro es básicamente la semilla del fruto, (Ruano 2,002).

Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de secadoras y de diferentes capacidades para el beneficiado del fruto, cuyo uso está en función del volumen de producción y del mercado. Después de 18 hasta 42 horas de secamiento en horno a temperatura media de 50 grados centígrados, el fruto se somete al proceso de descolado, el cual consiste en la eliminación del pedúnculo o un residuo floral presente en el ápice del fruto seco. La eliminación es por medio de frotamiento manual de los frutos secos, (Ruano 2,002) citado por (Aguilar 2016).

Actualmente, existen máquinas descoladores que facilitan el proceso, posteriormente por medio de ventilación se limpia el fruto. El horno para secamiento del fruto debe permitir la regulación de temperatura en forma gradual y uniforme. El proceso de secamiento consiste básicamente en una combinación adecuada de los factores de aire y calor aplicados al fruto cereza o maduro, (Ruano 2,002).

Se produce una deshidratación donde la humedad del fruto se extrae lentamente para que se conserve la coloración verde. Este aspecto es determinante, pues un secamiento muy rápido puede provocar un color amarillo oscuro, lo cual afecta significativamente la calidad del fruto pergamino, en detrimento del producto para exportación. Al momento que se inició el cultivo en Guatemala se utilizó el secamiento al sol, pero por facilidad y exigencias de calidad del producto en pergamino se ha generalizado el uso de secadoras con hornos convencionales, (Ruano 2,002).

## **II. 4 Uso de la leña en el proceso de secado.**

### **II.4.1 Definición de la leña.**

El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial “ICAITI”, indica que la leña puede definirse como la madera utilizada como principal fuente



energética en la elaboración y preparación de los alimentos y otras actividades domésticas (ICAITI, 1985).

Según la (FAO, 1980), la leña es “la madera en bruto de troncos y ramas de los árboles, utilizada como combustible con fines tales como cocinar, calentarse o producir electricidad” (Torres Muro, Agreda Paredes, & Polo Bravo, 2012).

#### **II.4.2 Deforestación.**

La deforestación se refiere al acto de despojar un territorio de plantas forestales. Implica la transformación a otros usos de la tierra. Ocurre en espacios donde muy difícilmente se volverá a establecer una cobertura arbórea porque se ha destinado a otros usos. Todas esas acepciones son inherentes al proceso de deforestación que ocurre en nuestro territorio. En este caso, la deforestación impacta, casi en su totalidad, a bosques naturales densos y en mayor proporción, a bosques maduros, clave para el resguardo de la biodiversidad nacional y la provisión de otros servicios ambientales fundamentales para el bienestar humano, (IARNA/URL, 2012).

#### **II.4.3 Mal uso de la leña y sus consecuencias ambientales y sociales.**

La leña presenta importantes ventajas comparado con otros combustibles, como por ejemplo es un energético renovable, es decir, que se obtiene de fuentes naturales capaces de regenerarse si se aplica un buen manejo forestal que permita a las especies crecer sustentablemente. Otra de las ventajas es que es local, esto significa que la mayoría de las veces se produce y comercializa en las mismas zonas donde se consume. Esto, también tiene un impacto positivo sobre los ingresos y desarrollo de la economía local. Sin embargo, los niveles y los hábitos con los que se consume la leña en Chile, han generado tres principales problemas ambientales:

Altos índices de contaminación atmosférica en las ciudades.

- Deterioro de la salud de la población.
- Degradación progresiva de la calidad y composición florística de los bosques nativos, por la alta extracción de leña sin plan de manejo, (MEM, 2014).

#### **II.4.4 Impactos ambientales, sociales, económicos provocados por el uso de la leña.**

Se estima que la mitad de la población del mundo, la mayoría ubicada en los países en desarrollo, utiliza biomasa para cocinar alimentos, así como para calefacción y para calentamiento de agua. Si bien el biocombustible más usado es la leña, en muchos lugares se usa estiércol, residuos de cosechas y carbón vegetal, (Díaz, Alatorre, & Masera, 2003).

En Chile se tiene que “La leña es el combustible preferido para calefaccionar las viviendas en el sur del país. Muchos hogares también la utilizan para cocinar. Se estima que un hogar consume al año en promedio 18,1 m<sup>3</sup> de leña en las zonas urbanas de Aysén (Región de Aysén), 6,4 m<sup>3</sup> en Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro (Región de Los Lagos), 3,2 m<sup>3</sup> en Temuco y Padre Las Casas (Región de La Araucanía), y algo menos en Chillán (Región del Maule) y Rancagua (Región de O’Higgins). Un metro cúbico de leña equivale aproximadamente a 700 kg – 900 kg, depende del tipo de leña y de su humedad, (Gómez-Lobo, 2005).

El consumo de leña tiene importantes consecuencias ambientales. Por un lado, el consumo residencial de leña es la fuente principal de las emisiones que generan los problemas de contaminación atmosférica en las ciudades interiores de la zona sur del país, (Gómez-Lobo, 2005).

El consumo de leña está asociado además a una segunda preocupación ambiental: la destrucción del bosque nativo por malas prácticas del manejo forestal. Aunque existe menos evidencia al respecto, la gran cantidad de leña que se consume al año,

junto con el hecho de que la gran mayor parte de la leña proviene de árboles nativos, implican una presión significativa sobre los bosques, (Gómez-Lobo, 2005).

La informalidad del negocio de la leña y la venta de leña sin el debido secado contribuyen a este escenario. Se estima que, en el año 2000, el 83,9 % del consumo de madera de especies nativas correspondía al consumo de leña, producción que en la mayoría de los casos no está regulada por un plan de manejo que garantice la sustentabilidad del bosque, (Gómez-Lobo, 2005).

Guatemala, dispone aún de un alto potencial boscoso que es utilizado principalmente como leña para la cocción de alimentos en un 75 % de la población, donde cerca de 2.1 millones de familias lo hacen en fogones abiertos impactan en su salud y en la naturaleza.

La contaminación del aire dentro del hogar ocasiona más de 5 mil muertes al año, gran parte de ellas son mujeres y niños. La convivencia directa con el consumo de leña aumenta un 31 % la probabilidad de contraer enfermedades cardíacas o respiratorias, al inhalar ese humo todos los días es proporcional a fumar dos cajetillas de cigarrillos diarios, (Jaguar Energy, 2014).

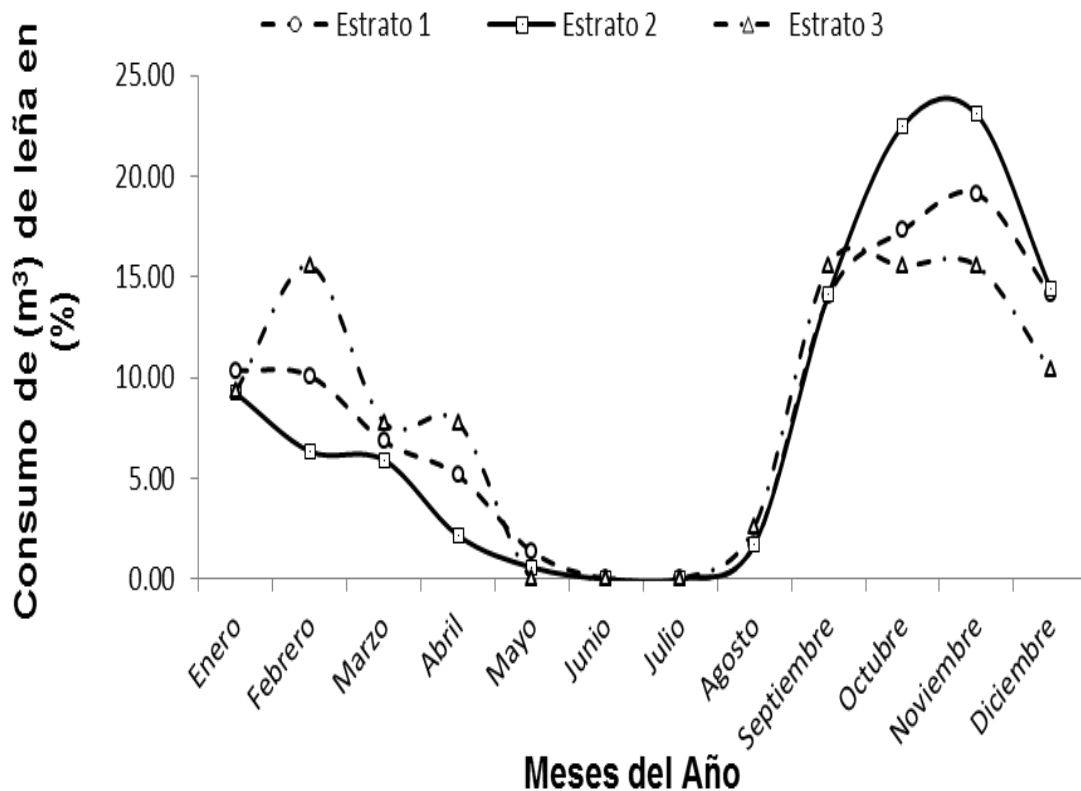
#### **II.4.5 Impactos ambientales, económicos y sociales del uso de la leña en secadoras de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Alta Verapaz.**

Consumo de leña en secadoras de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) a nivel nacional por municipio. Se realizó un estudio en el departamento de Alta Verapaz, es el mayor productor de cardamomo a nivel nacional. Se manejó una variable que expresa la cantidad anual de leña, en toneladas secas, que se utiliza en las secadoras de cardamomo de los principales municipios productores del país, (Aguilar, C. 2016).

Una vez calculada la producción de cardamomo por municipio se procedió a calcular la cantidad de leña necesaria para el secado de dicha producción. Como referencia se utilizó el valor de 0,963917375 T de leña para secar una T de cardamomo. Este valor fue determinado en función de lo reportado en la tesis de grado de Pérez (1981), (citado por INAB, IARNA-URL & FAO/GFP, 2012). Para la distribución espacial de los datos calculados se asumió que el secado del cardamomo se realiza en los mismos municipios donde se encuentra localizada la producción.

Según (Aguilar, C. 2016), en su Tesis así también en la figura 7, podemos apreciar en términos de porcentajes el consumo mensual de leña en m<sup>3</sup> por cada una de las 10 agroindustrias (unidades de muestreo), de los 3 estratos concretados; para el estrato I, se destaca que en los meses de octubre y noviembre se nota el mayor porcentaje en el consumo de leña. Para el estrato II, sucede igual tendencia, en donde los meses de octubre y noviembre presentan el mayor porcentaje en el consumo de leña. Por último, en cuanto al estrato III, en los meses de febrero e igualmente de septiembre a noviembre, es donde existe el mayor porcentaje en el consumo de leña.

**Figura 5.** Porcentaje del consumo mensual de leña en m<sup>3</sup>, por las 10 agroindustrias (unidades de muestra) durante el período 2012-2016.



**Fuente:** Aguilar, C. (2016).

En el cuadro 2, se presenta información acerca de la leña comercializada con autorización debida (con licencia) o sin autorización debida (sin licencia). Pude apreciarse que el estrato II es el que presenta mayor porcentaje de m<sup>3</sup> de leña comercializada que es el 81.25% sin autorización debida, (sin licencia). (Aguilar, C. 2016)

**Cuadro 2.** Volumen total de leña en m<sup>3</sup> comercializada con autorización debida y sin autorización debida en porcentajes.

| Número de agroindustrias | Cantidad de (m <sup>3</sup> ) leña con autorización debida (con licencia) | Porcentaje de (m <sup>3</sup> ) leña con autorización debida (con licencia) | Cantidad de (m <sup>3</sup> ) leña sin autorización debida (sin licencia) | Porcentaje de (m <sup>3</sup> ) leña sin autorización debida (sin licencia) |
|--------------------------|---|---|---|---|
| 17                       | 441.00  | 48.08   | 476.28  | 51.92   |
| 9                        | 294.00  | 18.75   | 1,274.00  | 81.25   |
| 1                        | 793.80  | 75.00   | 264.60  | 25.00   |
| <b>Totales</b>           | <b>1,528.80</b>   |   | <b>2,014.88</b>   |   |

Fuente: (Aguilar, C. 2016)

Según Montúfar (2012), depende de la variedad y su contenido de humedad, el poder calorífico de la leña oscilar entre 4.000 y 5.000 Kcal/kg; por peso, todas las maderas tienen aproximadamente el mismo poder calorífico, pero por volumen las maderas duras tienen un poder calorífico más alto que las blandas.

**Cuadro 3.** Listado de 5 especies de leña más comercializadas y utilizadas por las agroindustrias identificadas en la presente investigación.

| No. | Nombre común | Nombre científico              | Poder calorífica kcal/kg |
|-----|--------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1   | Madrecacao   | <i>Gliricidia sepium</i>       | 4,900 kcal/kg            |
| 2   | Encino       | <i>Quercus spp</i>             | 4,658 kcal/kg            |
| 3   | Laurel       | <i>Cordia alliodora</i>        | 5,415 kcal/kg            |
| 4   | Liquidámbar  | <i>Liquidambar styraciflua</i> | 5,977 kcal/kg            |
| 5   | Cadena       | <i>Albizia guachapele</i>      | 4,776 kcal/kg            |

Fuente: (Aguilar, C. 2016)

## II.5. Dependencia de leña para proceso de secado.

La leña es la principal fuente de energía en Guatemala, aun si el porcentaje ha descendido en los últimos años, se mantiene en un alto nivel de consumo, principalmente para cocción de alimentos y calefacción de hogares, aunque también se utiliza en industrias tales como: ladrilleras, caleras, carboneras, panaderías y agroindustrias como beneficios de café. En 1964, el consumo de leña era de un 85%, mientras que informes recientes reportan un consumo de 78,6% en todo el territorio nacional (Dix, 1999, citado por Sandoval, 2006).

El consumo anual de leña en Guatemala se estima en 13,3 millones de metros cúbicos (FAO, 1999, citado por Sandoval, 2006). De acuerdo a Cabrera, 1995, la leña contribuyó al 63% del balance energético nacional en el año 1990. Si se considera un parámetro de 250 m<sup>3</sup>/ha, se hablaría de un total de 53,200 ha anuales de bosques con fines energéticas, lo cual no se alcanza con los actuales programas y proyectos de reforestación del país. (Melgar, 2003).

Las especies forestales de mayor utilización son: robles y encinos (*Quercus spp*), aliso (*Alnus sp*), varias especies del género *Pinus*, madrecaao (*Gliricidia sepium*), leucaena-yaje (*Leucaena leucocephala*), sare (*Acacia riparioides*), aripín (*Caesalpinia velutina*), Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), caulote (*Guazuma ulmifolia*), mangle colorado (*Rhizophora mangle*), ramón (*Brosimum alicastrum*), subín (*Acacia farnesiana*), cuje-cuxin-paterno-guamo (*Inga spp.*) y gravilea (*Grevilea robusta*), estas dos últimas especies provenientes de las ramas podadas de los cafetales, (Melgar, 2003).

De igual manera en las agroindustrias de cardamomo, identificadas en el municipio de Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz, se utilizan algunas de especies de leña que se mencionan para las otras actividades industriales.

Según Riveiro citado por (Aguilar 2016), en el departamento de Alta Verapaz, las agroindustrias de cardamomo (beneficios) inscritas a CARDEGUA, las especies de leña que más consumen y prefieren para el proceso de secado son: café (*Coffea arábica*), chicozapote (*Diospyros johnsetoniana*), guarumo (*Cecropia* spp.), guachipilín (*Diphysa robinoides*), zapote (*Manilkara zapota*), encino (*Quercus* spp.), palo blanco (*Cybixtax donell-smithii*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), choochoc (*Inga* spp.), bach-capulín (*Trema mricantha*), tamarindo (*Tamarindus indica*), jocote (*Ximenia americana*), palo de pito (*Erythrina* spp.), san juan (*Vochysia guatemalensis*).

#### **II.5.1. Deforestación una realidad nacional.**

Las causas directas y las fuerzas impulsoras de la deforestación operan sin variación, quizá con más potencia, ya que la deforestación pasó de 100,000 ha anuales en el periodo 2001-2006 a poco más de 132,000 ha anuales en el periodo 2006-2010. Estas cifras corresponden a una tasa de deforestación del 3.4 % anual, una de las más altas de Latinoamérica. Las causas directas de la deforestación son diversas (la madera y la leña), el interés en la madera induce la tala de árboles y con ello, la deforestación. El interés en la leña no siempre implica deforestación, porque puede obtenerse al utilizar solamente partes del árbol sin destruirlo totalmente, (IARNA/URL, 2012).

#### **II.5.2 Ausencia de una política de educación para la conservación de los bosques y del uso moderado de la leña.**

Según (García 2017), en su Tesis de Maestría en Ciencias de gestión Ambiental, en sus conclusiones dice que la ausencia de conocimiento, por parte de los comunitarios y la falta de proyectos energéticos aumenta el volumen de consumo anual de leña en los hogares de Cocarsa es esto en un 33.52 m<sup>3</sup> anuales por las 25 familias, donde se puede proyectar de forma acumulativa para el año 2020, el estado



actual del consumo de leña sería de 134.08 m<sup>3</sup> /familias, si los factores externos permanecen constantes.

El 60% de los comunitarios manifestaron desconocer que el consumo de la leña produce enfermedades respiratorias, sin embargo, se determinó que, al afrontar otros aspectos sociales, como lo es el exceso de tiempo que se pierde para recolectar esta fuente energética ya que se realizan a través de carga directa sobre la espalda (mecapal), lo que les imposibilita realizar otras actividades productivas o agrícolas, (García 2017).

Existe la recomendación de que las autoridades locales comunitarias se organicen para solicitar a las instituciones como el Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas, campañas educativas en los temas forestales, (García 2017).

## **II.6 Tipos de máquinas secadoras de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

De acuerdo con Amézquita (1,978), después que se recolectan los frutos son sometidos a un proceso de secamiento, el que se realiza de diferentes formas: al Sol, en secadoras por medio de aire caliente, que circulan dentro de tubos o plataformas con fuego por debajo. Seguidamente se pasa a la limpia donde se separan los frutos enteros para su clasificación según tamaño, hecho esto se empaca en cajas de madera o estaño para preservar su aroma. El punto de secamiento de las capsulas está determinado por una coloración pajiza y un aroma característico, lo que constituye el cardamomo en pergamino. Al someterlo a un retrillado y una nueva limpia, se obtiene el cardamomo oro.

Todas estas pilas secadoras son fabricadas artesanalmente, se cuenta ya con talleres formales en los municipios de la región que se dedican exclusivamente a la fabricación de todo lo concerniente a las pilas secadoras de cardamomo, con (Amézquita 1,978).

Podrían manejarse otros materiales para la combustión, como por ejemplo el gas metano, butano y carbón de piedra; no obstante, con la disposición de este tipo de combustibles en el país, no se les usa en las secadoras para cardamomo, probablemente por la complicación en la adaptación en la unidad de calefacción para quemarlas. La secadora de cardamomo que más se utiliza en la región de Alta Verapaz, es la que funciona a base de leña con un 84,4%; en segundo lugar, se encuentra la secadora de gas kerosene en un 12,2% y la de diésel tan solo representa al 4,4%; dentro de cierto tiempo puede que esta desaparezca por el precio de los combustibles (Wellmann, 2015).

**Figura 6.** Fotografía de una pila secadora de cardamomo; al inicio del proceso de secado



**Fuente:** (Wellmann, 2015).

Las capacidades de las secadoras pueden observarse que la medida o que el contenido que soportan las secadoras de cardamomo varía de 45 a 60 quintales

recién cosechados. Esta varía por el área donde se producen; también puede determinarse por el nivel de la producción que se tenga por año, (Wellmann, 2015).

Para el presente estudio se identificaron beneficios que cuentan con pilas que tienen capacidad para industrializar entre: 40, 50, 60, 75, 80 y 100 quintales de cardamomo en cereza (ver cuadro 1). Obviamente dependerá de la capacidad de producción de cada agroindustria.

Últimamente el tiempo de secado del fruto de cardamomo ha variado debido a que en los últimos años se ha utilizado más la secadora de leña; esta tarda un poco más a la hora de secar, porque puede llegar hasta las 40 horas para secar el fruto; esto varía según el uso porque se tiene una producción muy alta, es conveniente tener dos o más secadoras (Wellmann, 2015).

Por lo tanto, entre mayor sea la capacidad de cada pila en secar cardamomo cereza para transformarlo en pergamino, mayor hora de secado conllevará el proceso destaca también la calidad de leña que se tenga para generar el calor que se necesita. (Wellmann, 2015).

#### **II.6.1 La secadora para cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Al inicio el cardamomo era exportado a los Estados Unidos en oro, que corresponde simplemente a la semilla en sí. En las primeras plantaciones en la costa sur se decidió utilizar la forma antes mencionada, pero conforme el paso de los años se buscó otros mercados; fue así como se inició la exportación directa a Europa y a los países árabes, (Wellmann, 2015).

Ellos deseaban que del cardamomo no se les enviara simplemente la semilla, sino querían la cápsula, o sea el cardamomo en pergamino. Los europeos no tenían tanta

exigencia en cuanto a la forma en que se les enviaba el producto como los árabes, ellos querían el cardamomo seco de un color verde oscuro y de tamaño mayor, (Wellmann, 2015).

Por ello a mediados de 1953, se decidió experimentar en la forma de cómo secar el cardamomo a manera de que se conservaran sus propiedades y no se fuera a descomponer para durar bastante tiempo. Se inició el secado del producto al sol en patios, donde era utilizado para secar café, o en cajones de un metro de ancho y dos de largo; pero esto no funcionaba porque perdía su color verde y se tornaba blanco, (Wellmann, 2015).

Por eso se solía exportar a países que se interesaban más en el sabor y aroma que en el color. En el primer horno de secamiento de cardamomo se tomaron las mismas medidas del horno donde secaban tabaco. El cual consistió en un cuarto hecho a base de ladrillos, de 3,65 m de largo por 3,65 m de alto y 3,65 m ancho, (Wellmann, 2015).

Llevaba una puerta de medidas de 1 m ancho por 1,82 m alto; por esta puerta se pasaba un corredor y a sus lados llevaba estanterías de hierro a una altura de 2 pies del piso entre cada estante, hasta tocar el techo en cada estantería; se colocaron las bandejas de 72 cm ancho por 91 cm largo, con un fondo de cedazo fino, en las cuales se colocaba el cardamomo. Al otro lado de la puerta, se construyó el hogar que da calor al horno. Este hogar va dentro del cuarto de ladrillos; el mismo era alimentado con leña en la parte exterior, (Wellmann, 2015).

A ambos lados del hogar iban puestos dos tubos de lámina de 15 cm de diámetro, que pasan por debajo del piso y se unen en un cajón; en la parte exterior del lado de arriba de la puerta está la chimenea por donde sale el humo al exterior. Estos tubos son los que suministran el calor al horno, (Wellmann, 2015).

Entre ambos lados del horno, en la parte inferior, es decir dónde está el piso, van unos agujeros de 15 cm por 25 cm, por donde pasa el aire, atraviesa solamente alrededor de los tubos que se encuentran debajo de la estantería. En la parte superior se cortaron agujeros de 15 cm de diámetro, donde van ubicados tubos del mismo diámetro y de una altura de 60 cm, (Wellmann, 2015).

La misión de estos tubos era succionar el aire que pasaba por las aberturas en la parte inferior; este aire se calienta al pasar por los tubos del calentador, luego a través de las bandejas evapora la humedad al exterior por los tubos colocados en el techo. (Wellmann, 2015).

Conforme los años se diseñaron y se agregaron ideas sobre cómo colocar un doble techo a los hornos y absorber el aire con ventiladores; con el fin de que seicara más rápido, se aumentó el tamaño de los hornos para una mayor capacidad y se usaron planchas de cemento refractario en los hogares, para que estos duraran más, (Wellmann, 2015).

Así se perfeccionó el buen secado del cardamomo y se logró que el color fuera parejo, sin variar o reducir el verde que se esperaba. Este modelo fue el que se utilizó durante mucho tiempo si se iniciaba el secamiento de este producto. Al paso de los años, el cultivo de cardamomo se desarrolló en partes del norte del país; con cada mejora que se le agregaba se hace un poco más costoso adquirirlo, por lo que se ideó la fabricación de un nuevo horno, del cual en la actualidad hay diferentes fabricantes. La idea principal se desarrolló en la India, (Wellmann, 2015).

Este horno se fabricó en un contorno de blocks de 1,37 m por 4,57 m de largo y 0,6 m. de alto, las cuales eran las medidas antiguas. En un lado de la recámara está cerrado y en el otro se colocó un ventilador que suministra el aire del exterior y lo introduce a la recámara. Sobre esta van instaladas cajas de 1,4 m de largo por 0,9 m

y 0,30 m, con una base de cedazo fino. El aire que entra a la recámara circula alrededor de las cajas de cedazo en donde se coloca el cardamomo, que según el grueso que este posee, seca el cardamomo en un periodo de 18 a 20 hrs. (Wellmann, 2015).

El aire que entra en la recámara es calentado por un quemador diésel, el cual está situado a la par del ventilador. Este quemador debe de estar en buenas condiciones; el diésel pasa por un filtro fino, para no producir humo, ya que este va directamente a la recámara y puede perderse fácilmente una partida debido al humo, si no se toman las medidas necesarias, (Wellmann, 2015).

También para calentar el aire se ha utilizado un hogar al lado del ventilador. Este hogar tiene en la parte de superior diversos tubos de 6 cm de diámetro por donde pasaba el calor, sale a la parte superior por medio de una chimenea. El ventilador administra el aire que pasa en la parte exterior de los tubos; esta los calienta, metiéndolo inmediatamente a la recámara, (Wellmann, 2015).

Este hogar se aviva por medio de leña o por un quemador diésel. Con leña hay que estar constantemente revisándolo, porque cuesta mantener un poco la temperatura ideal, en ello influye el factor humano. Para ello se utilizan radiadores que se colocarán a un lado de la recámara; consecutivamente se instala el ventilador; este administra el aire, lo pasa a través del radiador y posteriormente el aire caliente entra en la recámara, (Wellmann, 2015).

Este radiador posee dos llaves, una de acceso y otra de salida del vapor. Mediante estas llaves se podría regular la temperatura requerida. Este método utiliza las siguientes ventajas, (Wellmann, 2015).

- No hay posibilidad de que se pierda producto en el proceso, por algún desperfecto del quemador.

- La temperatura es constante y uniforme en todo el proceso de secado.
- Es mucho más limpio el aire que se suministra.
- El personal podía atender dos cosas a la vez.

El proceso de secado del cardamomo es más fácil que el del café. El trabajador que corta o cosecha el cardamomo, previamente de entregarlo al beneficio, separa el cardamomo maduro del verde; así lo entrega para su secado. Ambas serán naturalmente secadas por aparte, pero en el mismo horno. Después de 40 a 48 horas de secamiento, se saca el cardamomo del horno, quitándole seguidamente la flor seca, lo que frecuentemente le citan como descolar. Esta flor seca aparece fijada al fruto que viene del campo, (Wellmann, 2015).

Para realizar este trabajo, se utiliza tanto cardamomo (*Elettaria cardamomum L. Maton*) como la cantidad que quepa en las dos manos. El roce de las palmas de las manos y el cardamomo hará que se quiebre la flor seca. Después se pasa por un ventilador que quita el polvo. Si se quiebra esta flor seca, fácilmente se separa del fruto; en este punto el cardamomo está en su punto de secamiento. También se usan máquinas para descolar, pero cierto porcentaje del producto se abre si pasan por esta. Con el tiempo tendrá que perfeccionarse un poco más, (Wellmann, 2015).

## **II.6.2 Secadoras de cardamomo (*Elettaria cardamomun (L.) Maton*).**

Las diferentes secadoras frecuentemente utilizadas en el área en orden de calidad son:

- La secadora con combustión de leña
- La secadora con combustión de gas kerosene
- La secadora con combustión de aceite diésel

Podrían manejarse otros materiales para la combustión, como por ejemplo el gas metano, butano y carbón de piedra; no obstante, con la disposición de este tipo de

combustibles en el país, no se les usa en las secadoras para cardamomo, probablemente por la complicación en la adaptación en la unidad de calefacción para quemarlas. (Wellmann, 2015).

La secadora de cardamomo (*Elettaria cardamomum L. Maton*) que más se utiliza en la región de Alta Verapaz, es la que funciona a base de leña con un 84,4 %; en segundo lugar, se encuentra la secadora de gas kerosene en un 12,2 % y la de diésel tan solo representa al 4,4 %; dentro de cierto tiempo puede que esta desaparezca por el precio del combustible, (Wellmann, 2015).

**Figura 7.** Panel de horno de leña.



**Fuente:** Secadoras y estructuras el chino (2020)

En las fincas que poseen beneficios en zonas de difícil acceso, se presta atención a la predilección por las secadoras de leña, por la abundancia de esta. Se cree que en el futuro las secadoras de leña y gas kerosene tengan mayor solicitud por parte de los beneficiadores, por tres razones, (Wellmann, 2015).

- El quemador de diésel se deteriora más rápido
- Los equipos son mucho más completos
- El costo es más elevado que los quemadores de gas keroseno



### II.6.3 Capacidad de las secadoras.

Puede observarse que la medida o que el contenido que soportan las secadoras de cardamomo varía de 45 a 60 quintales recién cosechados. Esta varía por el área donde se produce; también puede determinarse por el nivel de la producción que se tenga por año, (Wellmann, 2015).

### II.6.4 Según su capacidad.

Últimamente el tiempo de secado del fruto de cardamomo ha variado debido a que en los últimos años se ha utilizado más la secadora de leña; esta tarda un poco más a la hora de secar, porque puede llegar hasta las 40 horas para secar el fruto; esto varía según el uso porque si se tiene una producción muy alta, es conveniente tener dos o más secadoras, (Wellmann, 2015).

**Figura 8.** Horno de leña



**Fuente:** Secadoras y estructuras el chino (2020)

### II.7 Máquinas solares secadoras de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

En la actualidad en Guatemala no se cuenta con máquinas solares secadores de cardamomo, solo hay secadores de leña, kerosene o diésel que son utilizados por los pequeños, medianos y grandes productores del cultivo de cardamomo en la etapa previa a la comercialización, por lo que es importante el conocimiento de cómo está conformado una secadora de cardamomo para la implementación del diseño de máquinas solares secadoras de cardamomo, (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton). (Wellmann, 2015).

### **II.7.1 Secadora para cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Es una máquina que regula la humedad relativa con el fin de evaporar la humedad que contienen los granos de cardamomo si están recién cosechados, a manera de secarlos para que los mismos tengan mucha más duración, (Wellmann, 2015).

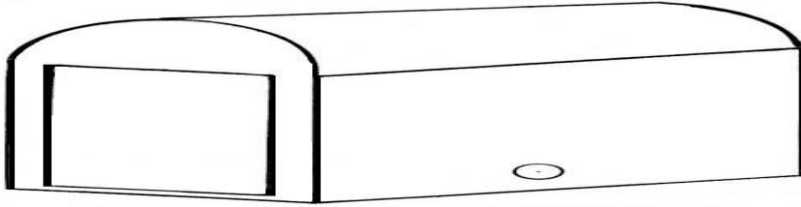
#### **➤ Partes de una secadora de cardamomo y su funcionamiento**

Las secadoras de cardamomo de leña, kerosene o diésel llevan las mismas partes y tienen el mismo funcionamiento, excepto en la parte del quemador, es distinto por el tipo de combustible, el cual se tiene que modificar, (Wellmann, 2015).

#### **➤ Quemador de aceite diésel**

Popularmente se le conoce como dispositivos de calefacción. Es la unidad encargada de incinerar el combustible diésel. Esta tiene varias aberturas, las cuales hacen que gaste cerca de dos galones por hora; cerca de las aberturas se hallan situados dos varillas o electrodos que causan una chispa que prepara el paso de la ignición, (Wellmann, 2015).

**Figura 9.** Quemadora de diésel

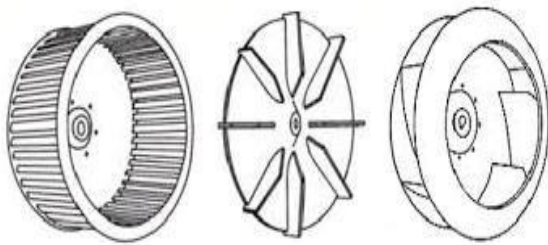


**Fuente:** (Wellmann, 2015).

➤ **Ventilador**

Es utilizado para llevar caudales elevados de aire; posee aspas y tiene por objetivo la aspiración de aire polvoroso; también obliga a llevar el aire caliente a través del ducto a bajas presiones directo a la pila, (Wellmann, 2015).

**Figura 10.** Ventilador

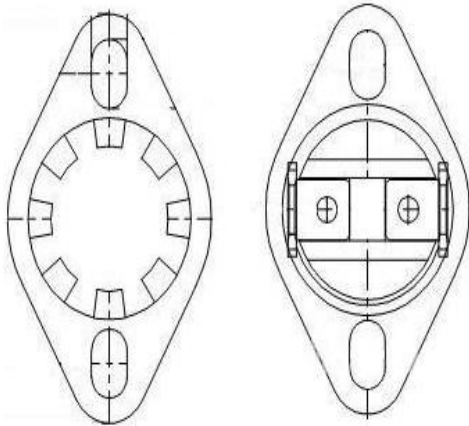


**Fuente:** (Wellmann, 2015).

➤ **Termostato**

Este aparato se ha implementado para llevar a cabo un control más sencillo, el cual abre o cierra un circuito que hace que se apague la llama del quemador, si pasa la temperatura que se estableció, (Wellmann, 2015).

**Figura 11.** Termostato

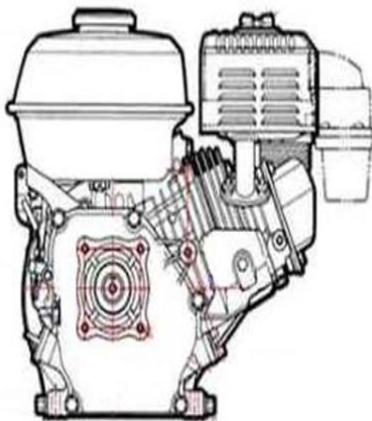


Fuente: (Wellmann, 2015)

➤ **Motor**

Depende del área, estos pueden ser eléctricos o diésel; el que más se utiliza en las secadoras es el motor diésel, porque la mayoría de las secadoras se encuentran en lugares donde no hay energía eléctrica. Este tipo de motor se utiliza para hacer trabajo fijo donde puedan mover los ventiladores en las secadoras, por medio de fajas que van unidas a poleas. (Wellmann, 2015).

**Figura 12.** Motor

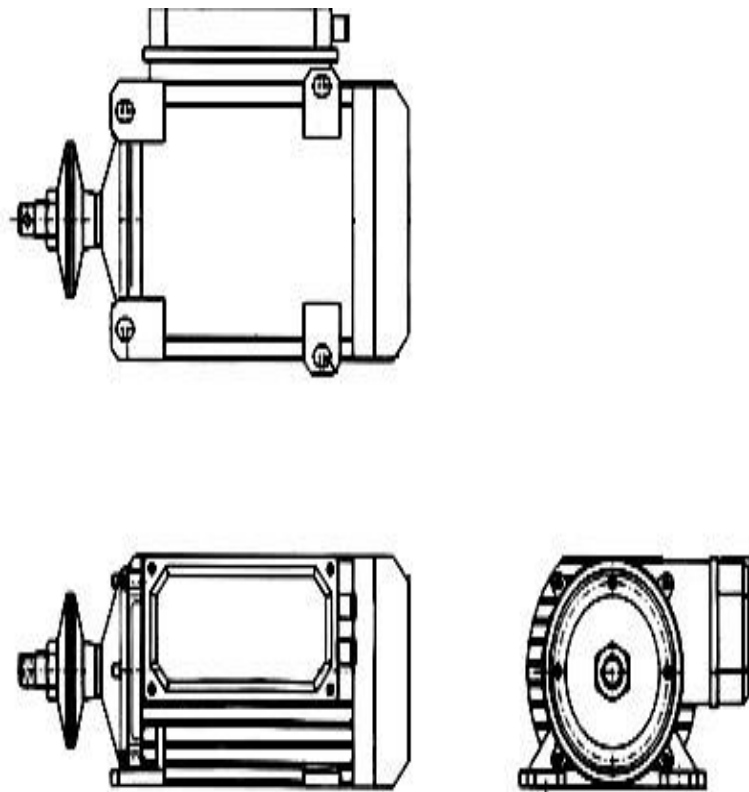


Fuente: (Wellmann, 2015).

➤ **Generador eléctrico** (si se usa motor diésel para mover el sistema)

Este dispositivo se utiliza en las secadoras para poder hacer funcionar las quemadoras y el termostato, en las secadoras accionadas por quemador diésel, (Wellmann, 2015).

**Figura 13.** Generador eléctrico

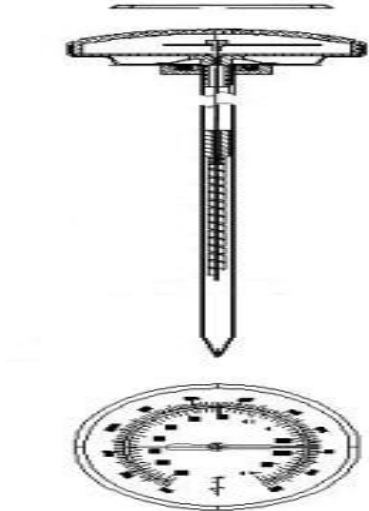


**Fuente:** (Wellmann, 2015).

➤ **Termómetro**

Sirve para medir la temperatura del flujo continuo de aire caliente que pasa por el ducto o túnel, el cual es revisado por el operario cada cierto tiempo, (Wellmann, 2015).

**Figura 14.** Termómetro

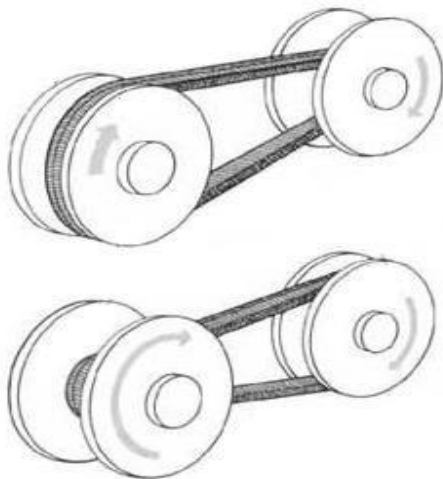


**Fuente:** (Wellmann, 2015).

➤ **Fajas y poleas**

Sirven para transferir por medio de rotación, la fuerza del motor al ventilador, en el cual las poleas pueden reducir o duplicar dicha fuerza, para darle mayor velocidad al ventilador o disminuirla. (Wellmann, 2015).

**Figura 15.** Faja y polea

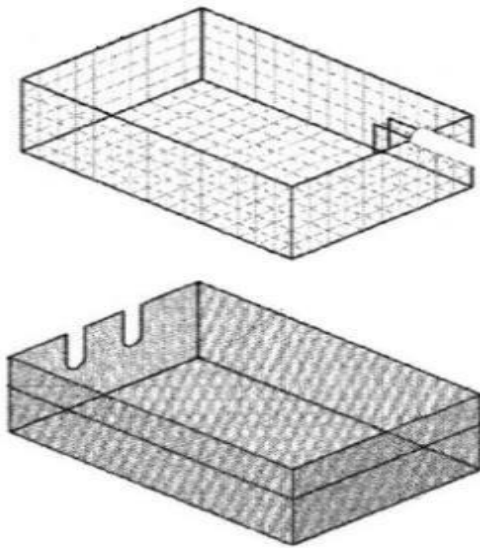


**Fuente:** (Wellmann, 2015).

➤ **Bandeja**

En esta, el cardamomo es colocado en la base, que es de cedazo, para que el aire caliente pase por ella para evaporar el agua en el producto, (Wellmann, 2015).

**Figura 16. Bandeja**



**Fuente:** (Wellmann, 2015).

Todas estas piezas se venden como unidades completas, lo único que se incorpora es el motor, que como se dijo, depende del área donde está ubicada, (Wellmann, 2015).

Es el que se usa para transportar el aire caliente hacia todos los sectores de la pila; siempre es el mismo para los distintos tipos de secadoras y solo se modifica o añade otro ducto si se quiere tener dos o más pilas, (Wellmann, 2015).

**II.7.2 Elementos fundamentales en el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) a considerar en una máquina de secado solar.**

Para poder entender el proceso de secado del cardamomo se tiene que comprender cómo funciona una secadora de cardamomo. La secadora de cardamomo aprovecha

el calor que se produce en el horno por medio del flujo de aire, que mediante un ventilador es impulsado por un motor y conducido hacia la pila donde se encuentra el grano a secar, (Wellmann, 2015).

Para entender este proceso la temperatura del horno tiene que estar en un promedio de 45 °F; el flujo del aire debe ser conducido por ventilador que gire alrededor de los 1,500 rpm, (Wellmann, 2015).

Al entender la relación que tiene el flujo de aire y la temperatura, en el cual la temperatura viene relacionada con el gasto de energía, el ventilador es parte fundamental porque es el que provee el flujo de aire, si a este se le aplica mayor velocidad; se podría mejorar el tiempo de secado, pero también implicaría un gasto mayor de energía empleado por el motor. Esto podría modificarse por medio de la variación de las poleas, con una adecuada elección de diámetros, la cual transmite el movimiento giratorio entre los dos ejes distantes, permiten aumentar la velocidad del ventilador, (Wellmann, 2015).

Otro aspecto importante que se tiene que tomar en cuenta durante el secado del cardamomo es la humedad relativa, que es la cantidad máxima de agua que se puede retener, a cierta temperatura en el cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton), la cual se puede medir en porcentajes; este puede indicar lo cerca o lejos que esté el aire de llegar a una saturación o punto de rocío, que es el momento donde se llega a formar gotas de agua.

Esta humedad relativa se puede calcular a través de un instrumento llamado psicómetro que está compuesto por dos termómetros; el primero, es un termómetro seco convencional de mercurio, y un termómetro húmedo cuya principal particularidad es que su depósito está cubierto por una tela constantemente



humedecida y trabaja en función de lo seco o húmedo que esté el aire, (Wellmann, 2015).

Ese termómetro marcará valores altos y la diferencia de temperaturas entre los dos termómetros; esta permite determinar la humedad relativa del aire, de manera que, si la diferencia es grande, la humedad relativa será pequeña, la cual se puede determinar por medio de tablas asociadas al psicómetro; en otros casos se puede determinar por psicómetros digitales que calculan directamente la humedad relativa, (Wellmann, 2015).

## **II.8 Diseño y fabricación de máquinas secadoras solares.**

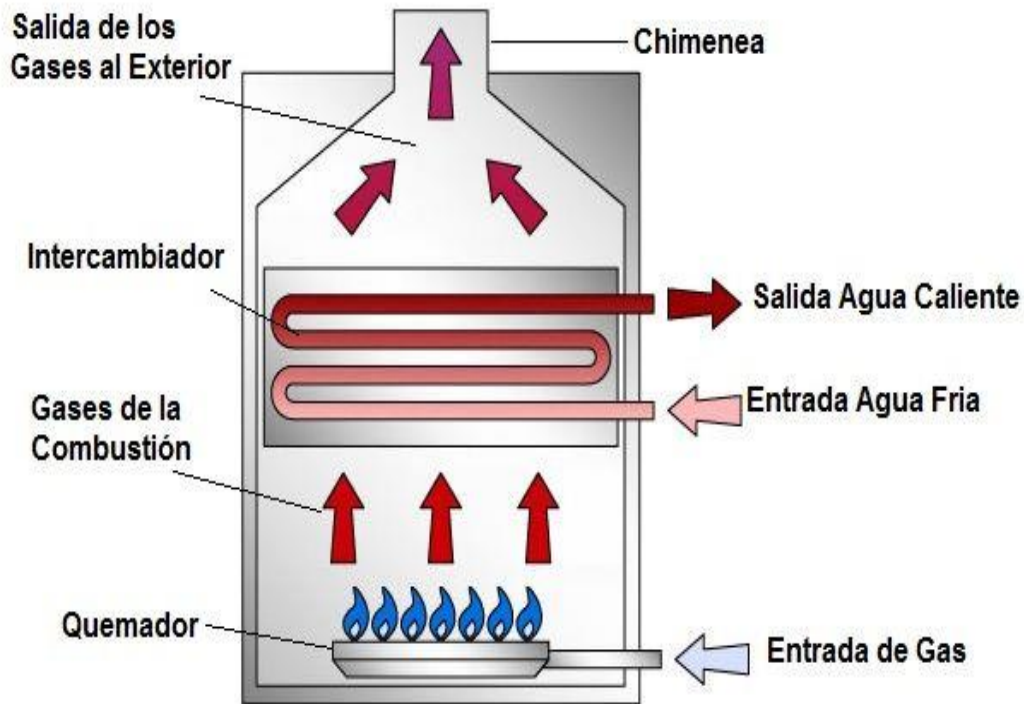
Para el diseño y fabricación de una maquina secador solar de cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L. Maton) es importante hacer una descripción de las distintas piezas que la componen que a continuación se detalla:

### **II.8.1 Calentador a gas (caldera de gas).**

La caldera es un depósito cerrado (normalmente metálico) en el que se calienta cualquier fluido, en este caso agua. Al quemar el gas, se calienta el agua y sale fuera del depósito. Esa agua calentada es el que se utilizará después para diferentes procesos de calefacción, como calentar radiadores de calefacción, agua caliente sanitaria, etc. (Suministros Unión (2020).

El gas que se utiliza en estas calderas es normalmente gas natural (gas ciudad).

**Figura 17.** Esquema de su funcionamiento.



**Fuente:** Suministros Unión (2020)

Las calderas de calefacción funcionan de manera similar. En el esquema vemos diferentes áreas de la caldera: El hogar, el quemador, la chimenea, el fluido que se va a calentar y el intercambiador.

### ➤ **El quemador**

Es como un mechero que produce la llama de la combustión, gracias a la entrada por un lado del gas y por otro lado de aire. Los gases calientes que se producen en la combustión se liberan dentro del hogar de la caldera y es en la zona del intercambiador donde se calienta el agua al nivel deseado, (Suministros Unión (2020)).

➤ **En el intercambiador**

El intercambiador es una tubería larga en forma de serpentín, por un lado, entra el agua fría y según recorre la tubería se calienta con el calor de los gases de la combustión. Esta agua ya caliente saldrá luego por los circuitos que tenemos en nuestras casas, como el de la calefacción a los radiadores, o el de agua caliente para los grifos. Tan sencillo como eso, la entrada de agua a la caldera sería agua fría y la salida agua caliente, (Suministros Unión (2020)).

➤ **Chimenea o tubería de salida**

Para expulsar los gases que se producen en la combustión. Normalmente la salida de estos gases es directamente a la atmósfera. Por lo general el circuito de radiadores de la calefacción es un circuito cerrado, es decir el agua caliente sale de la caldera a los radiadores, recorre todos los radiadores para calentar la vivienda y vuelve de nuevo a entrar en la caldera para aprovechar el calor residual que tenga, (Suministros Unión (2020)).

En la anterior imagen de todas las calderas, también llevan un circuito electrónico para controlar el funcionamiento de la caldera de forma automática. Este circuito para el quemador si tenemos el agua a una temperatura determinada que programaremos con un termostato. Si necesitamos más agua caliente el circuito activa de nuevo el quemador para que entre gas y calentar más agua, (Suministros Unión (2020)).

Hay también calderas que utilizan gas propano o gasoil. Estas calderas requieren de un depósito externo para almacenar el gas. En las ciudades, lo más normal es que las calderas sean de gas natural, (Suministros Unión (2020)).

➤ **Cilindro de gas.**

El tanque de gas, denominado bombona, cilindro, balón, pipa, tambo o garrafa, según el país, es el sistema habitual de distribución de gas licuado de petróleo, el cual está compuesto por butano y propano. La proporción entre los gases varía según el petróleo de origen y ronda alrededor de 40% de butano y 60% de propano, (Lipigas, 2020).

El combustible está en forma líquida y se evapora en el interior de la garrafa a medida que se consume, manteniéndose la presión de salida del gas mediante un mecanismo regulador, (Lipigas, 2020).

**Figura 18.** Cilindros de gas.



**Fuente:** Lipigas (2020)

**II.8.2 Paneles fotovoltaicos de 330W (2).**

El panel solar de 330W y 12V Poli cristalino GS pertenece a la gama de paneles más potente. Es el más usado para instalaciones en casetas de campo, chalets y viviendas de uso habitual incorpora con él, baterías y reguladores de carga. También es el elegido para instalaciones de conexión a red por su gran potencia y facilidad de instalación, (Atersa ,2020).

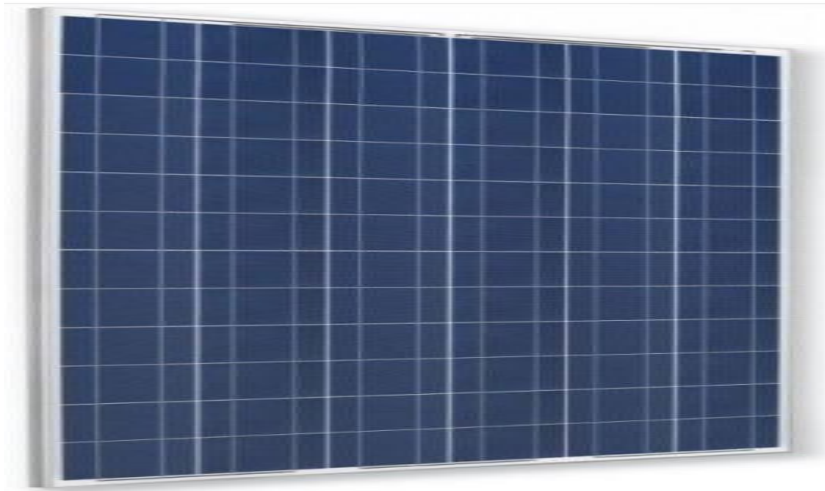
**El Panel Solar 330W 12V Talesun Policristalino** cuenta con unas excelentes características técnicas y físicas, pues se dispone de una gran eficiencia y sensibilidad fotovoltaica, además de garantía de fabricante y si lo desea servicio de instalación por parte de los instaladores profesionales, (Autosolar 2020).

➤ **Ficha Técnica**

Se enumera los elementos en la que está estructurado un panel solar 330 W, de una manera técnica: (Autosolar 2020)

- Potencia del Panel Solar: 330W
- Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
- Rigidez del Panel Solar: Rígido
- Dimensiones del Panel Solar: 1960 x 991 x 40 mm
- Tensión Máxima Potencia: 37.65V
- Corriente en Cortocircuito ISC: 9.28A
- Eficiencia del Módulo: 16.99%
- Amperios Máximos de Salida IMP: 8.77A
- Tensión en Circuito Abierto: 46.4V
- Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 12V
- Peso del Panel Solar: 22.5Kg
- Marco del Panel Solar: Blanco y Gris, (Autosolar 2020).

**Figura 19.** Paneles fotovoltaicos de 330W.



**Fuente:** Atersa (2020)

### **II.8.3 Baterías de 200 Ah.**

**La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline** está fabricada con tecnología de Ferrofosfato de Litio por lo que cuenta con unas excelentes características técnicas con un tamaño compacto y estándar común a las baterías de tipo AGM y GEL de estas capacidades. Proporciona una larga vida útil y una gran fiabilidad de funcionamiento, (Autosolar, 2020).

#### **➤ Características de la Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline**

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline es una batería de tipo monobloc que entrega 12V y tiene una capacidad de 200Ah. Esta batería es de Fosfato de Hierro y Litio, (LiFeP04), e incluye como característica estrella, una monitorización inalámbrica mediante tecnología bluetooth, (Autosolar, 2020).

La capacidad nominal de la Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline es de 200Ah, y un voltaje nominal de 12,8V, como es habitual en las baterías de Litio. La energía almacenada en la batería es de 2560Wh, (Autosolar, 2020).

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline cuenta con una gran durabilidad y rendimiento gracias a sus más de 2500 ciclos de vida útil se cuenta con una profundidad de descarga de un 100%. Además, cuenta con unas medidas estándar respecto a las baterías de 200Ah clásicas de tipo VRLA, tiene dimensiones de 483.5x 170 x 241mm, y un peso de aproximadamente 24,5Kg, (Autosolar, 2020).

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline permite un amplio rango de funcionamiento, es el óptimo entre -20 y 60°C, aunque se recomienda utilizarla en un rango inferior, entre los 15 y los 35°C, lo que aumentará su vida útil, (Autosolar, 2020).

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline incluye unos terminales de tornillo además del manual de uso, para poder utilizarla con su funcionalidad Bluetooth.

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline incorpora un BMS (sistema de gestión de la carga interno) con conectividad bluetooth. Esto nos permite instalar la app en nuestro teléfono móvil y poder visualizar el estado de carga, los ciclos de uso, temperatura, corriente entrante, etc. Como en toda batería de Litio, el BMS es fundamental para poder realizar una gestión óptima de la carga de las celdas de litio y asegurar la máxima durabilidad y un balanceo perfecto durante la carga de la misma, (Autosolar, 2020).

La Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline debe cargarse de modo que reciba una corriente constante de entrada y no sea superior a los 14,6V. Si se utiliza un regulador solar o un cargador de baterías, debemos asegurarnos que éste pueda realizar una curva de carga de Litio apropiada, que no exceda de los 14,6V y que no realice un proceso de ecualización, debido a que la batería podría tener una sobrecarga y provocaría un problema no cubierto por la garantía, (Autosolar, 2020).

**Figura 20.** Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline



**Fuente:** Autosolar (2020)

➤ **Aspectos relevantes de la Batería Litio 12V 200Ah Upower Ecoline**

Una de las características más relevantes que define tanto a las baterías de litio frente a las que emplean tecnología de plomo es su durabilidad, su excelente eficiencia y elevada fiabilidad. Gracias a que esta batería conserva unas medidas estándar respecto a otras baterías similares en capacidad, podremos reemplazar una batería clásica de tipo VRLA con tecnología AGM o GEL por este modelo de batería sin ningún problema. (Autosolar, 2020)

Gracias a incorporar un BMS que gestiona la carga de la batería de manera individual, podemos conectar hasta 4 unidades en paralelo para sumar almacenamiento y mantener la tensión del sistema sin problemas de descompensaciones, ya que el propio sistema integrado de gestión equilibrará la carga y se asegurará de que no haya ningún inconveniente por conectar las baterías de este modo, (Autosolar, 2020).



Gracias a la conectividad Bluetooth, podremos monitorizar parámetros muy interesantes de nuestra batería directamente desde la App para móviles. Compatible con Android e IOS, únicamente tiene que descargar la aplicación y conectarse a la batería que detectará en el alcance cercano para poder visualizar su información interna, (Autosolar, 2020).

#### **II.8.4 Calentador solar (Colector solar).**

##### **➤ Sistema solar termosifón Premium/ Essence 300 LITROS.**

Máximo confort en agua caliente. Si quiere disfrutar de la sensación de disponer de agua caliente solar sin restricciones, su elección es, sin duda, el equipo termosifón Junkers de 300 l. Equipado con dos captadores Smart FCC-2S y un depósito de 300 l, este equipo le permitirá disfrutar de los mayores caudales en el servicio de agua caliente, (Interepresas Feria Virtual, 2020).

Termosifón Premium con estructura de aluminio y dos posibilidades de instalación para adaptarse a cualquier tipo de cubierta: Tejado plano e inclinado, (Interepresas Feria Virtual, 2020).

**Figura 21.** Sistema solar Termosifón Essence 300 litros con estructura de acero y estructuras para tejado plano.



**Fuente:** Interepresas Feria Virtual (2020)

- **Los equipos termosifón de 300 litros modelo TS300, están compuestos por:**
  - 2 captadores FCC-2S TSS
  - 2 estructuras de soporte realizadas totalmente en aluminio (Premium) y acero (Essence).
  - 1 depósito de 300 l. (con o sin brida de conexión para resistencia eléctrica)
  - 1 caja de accesorios y tuberías de conexión (acero inoxidable) (Junkers, 2020)

Recomendamos el empleo 1 unidad de 1 WTF 15 S en cada equipo termosifón.

**Figura 22.** Los equipos termosifón de 300 litros modelo TS300



**Fuente:** Junkers (2020)

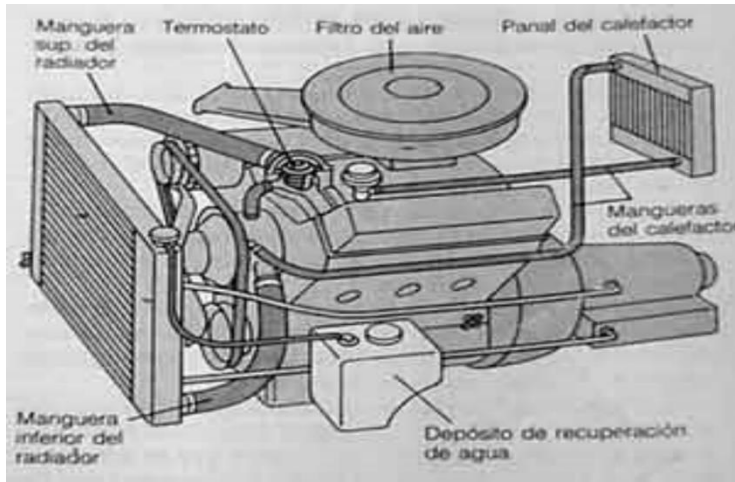
### **II.8.5 Ventilador con radiador.**

#### ➤ **Definición de radiador**

Elemento que refrigera el motor de un automóvil y por lo tanto, es fundamental para su funcionamiento. Está formado por dos depósitos unidos por un haz de tubos muy finos por los que circula el líquido (agua) caliente del sistema de refrigeración. Estas pequeñas tuberías atraviesan en su camino una superficie expuesta a una corriente de aire, gracias a un ventilador o a la propia marcha del coche y el líquido pierde el calor. Suelen estar fabricados en metales resistentes a la corrosión y que dejan disipar fácilmente el calor, como el latón, el aluminio o el cobre, (Monografía.com, 2020).

Figura 23. Radiador de un automóvil con ventilador.

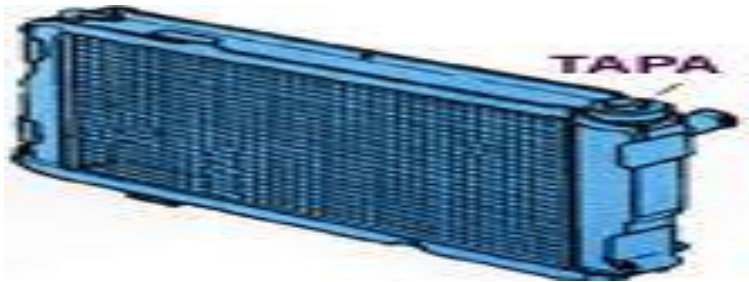
Fuente: (Monografia.com ,2020)



### ➤ El radiador

El radiador se encuentra ubicado en frente del vehículo, tiene tapón para reponerle el agua y si el vehículo está equipado con transmisión automática; dentro de él se encuentra instalado un enfriador de aceite, que se conecta a la transmisión por medio de dos mangueras o tuberías, que llevan y traen el aceite, (Monografia.com ,2020).

Figura 24. Radiador de un automóvil con enfriador.

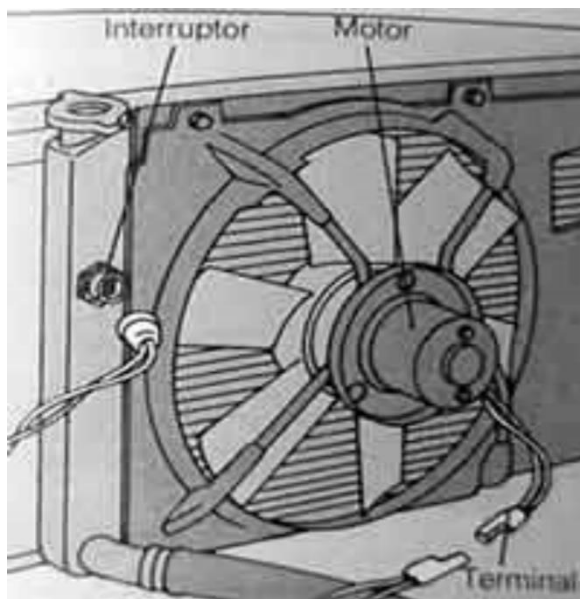


Fuente: (Monografia.com ,2020)

### ➤ Ventilador

Todos los radiadores llevan instalados un abanico, ventilador, papalote, etc. [O como quiera llamar al conjunto de paletas, que dan vueltas para impulsar aire]. Algunos son movidos por electricidad y otros los mueve la polea instalada en la bomba de agua, (Monografia.com ,2020).

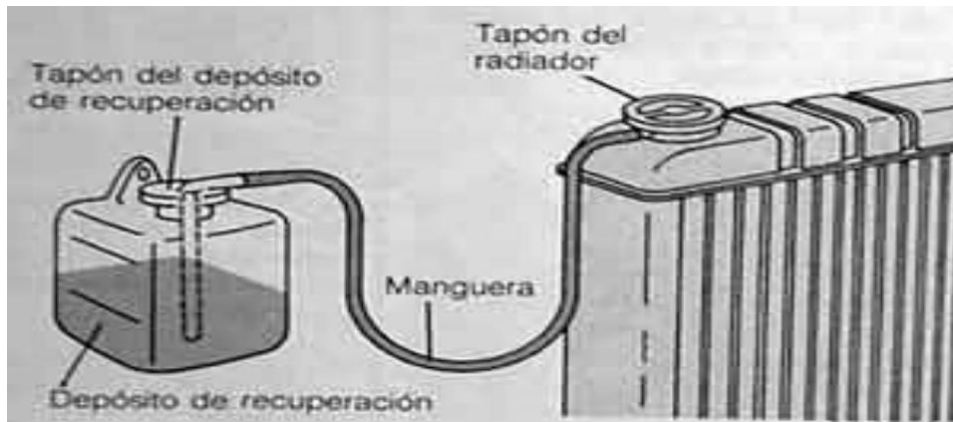
**Figura 25.** Ventilador



**Fuente:** (Monografia.com ,2020)

Los radiadores, traen un depósito de recuperación, la función de este depósito consiste en recibir el agua que el radiador expulsa si el sistema se calienta y lo recupera o lo requiere, si no tuviera este depósito el agua se perdería y tendríamos que estar reponiéndolo constantemente, (Monografia.com ,2020).

**Figura 26.** Movimiento que hace el agua en un radiador.



**Fuente:** (Monografia.com ,2020)

Los radiadores están formados también por un orificio ubicado en el depósito superior con la función de permitir el llenado de agua del sistema de refrigeración. Otra de las partes fijas es un grifo o tapón situado en la parte más profunda del depósito inferior que hace posible vaciar el agua o líquido de enfriamiento si es necesario. (Monografia.com ,2020)

Algunos radiadores constan de un tubo llamado rebosadero por el que puede salir el agua de manera excesiva si alcanza el nivel correcto dentro del radiador y al mismo tiempo mantiene en comunicación la parte alta del depósito superior con la atmósfera. Este tubo además tiene su extremo superior cerca del tapón de llenado de agua, (Monografia.com ,2020).

➤ **Funciones de los radiadores.**

Los radiadores son aparatos intercambiadores de calor o de otra forma, aparatos en los que el calor de un cuerpo se utiliza para calentar otro, enfriándose de esta forma el primero, (Monografia.com ,2020).

El agua caliente se enfría en el radiador por medio del aire. Para que esto se produzca el agua circula por los tubos que presentan una gran superficie de contacto con el aire que pasa entre de ellos, (Monografia.com ,2020).

El radiador está compuesto por un depósito superior, en el que entra posteriormente el agua que procede del motor (a través de un tubo), también existe un depósito inferior donde hay un tubo que conduce agua al motor y una gran cantidad de tubitos pequeños que comunican el depósito superior con el inferior. Alrededor de éstos la corriente de aire pasa de forma que los rodea y al final se enfría el agua, (Monografia.com ,2020).

El tapón está compuesto por una válvula que hace las funciones de cierre en la comunicación del interior del radiador con el rebosadero. Provoca además que en la parte interior del depósito superior del radiador los vapores procedentes de la evaporación del líquido de enfriamiento estén a cierta presión, (Monografia.com ,2020).

Esto significa que se eleva la temperatura de ebullición y disminuye su pérdida si se utilizan soluciones anticongelantes. Si la presión es excesiva dentro del propio radiador crearía una situación peligrosa y vencería la fuerza del muelle que allí se encuentra a continuación, se abriría la válvula y saldrían los vapores por el tubo del rebosadero. Si sucede lo contrario, es decir, se forma una depresión en el interior del radiador si se enfría en el motor, puede suceder que esta presión atmosférica consiga superar el muelle por lo que se abre la válvula y se permite la entrada al radiador del aire exterior, (Monografia.com ,2020).

Para forzar la corriente de aire a través del radiador, con la intención de enfriar el agua que contiene, se utiliza un ventilador. El movimiento de éste es sobre todo importante si el automóvil está parado o circula a escasa velocidad. Si el vehículo

circula de una forma rápida no es tan necesario ya que el propio movimiento del automóvil crea una corriente de aire que al pasar por los propios tubos del ventilador ya ejerce un potente efecto de ventilación, (Monografía.com ,2020).

En el caso de que el coche esté en reposo o circula a una velocidad apenas apreciable o simplemente baja, la corriente que se desarrolla es inapreciable y es en este instante el ventilador debe actuar para que el líquido refrigerante no se sobrecaliente. En el caso de que esto sucediera el calor se puede arrastrar al motor, lo que sería muy negativo porque se puede estropear totalmente en sólo unos minutos, (Monografía.com ,2020).

Con el fin de aumentar el rendimiento del ventilador y la eficacia del radiador, entre estas dos partes se suele colocar una especie de deflector o canalizador de plancha metálica. Ahora los vehículos llevan ventiladores accionados por medios eléctricos, de manera que el ventilador funciona de forma independiente a la velocidad de giro del motor, (Monografía.com ,2020).

El motor del ventilador toma la corriente del sistema de abastecimiento eléctrico del coche. Su estado, en marcha o en estático, lo establece un termocontacto situado en la parte inferior del radiador, de tal manera que si el líquido de refrigeración se sitúa a la temperatura de funcionamiento establecida por el fabricante el ventilador se pone en marcha automáticamente y si baja más de lo previsto el ventilador se detiene, (Monografía.com ,2020).

Los ventiladores que tienen este sistema eléctrico cuentan con bastantes ventajas, entre ellas la posibilidad de ahorrar energía. Si como ocurría en los coches de antaño, el accionamiento del ventilador dependiera de una polea del cigüeñal, sería siempre permanente y el hecho de poder aprovechar el viento producido por el movimiento del vehículo se convertiría en un inconveniente ya que el termostato

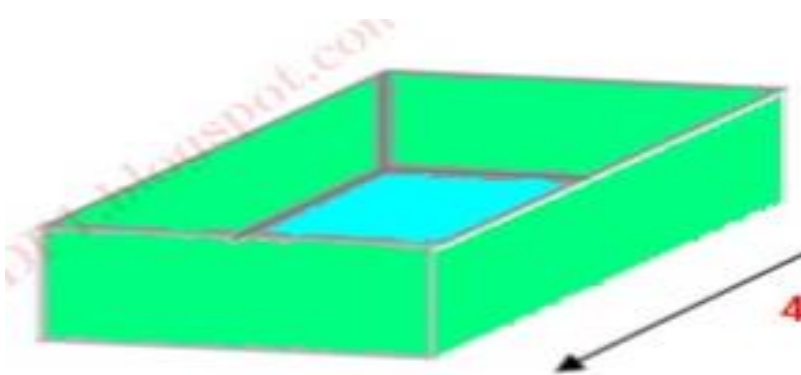
debería trabajar más para mantener el circuito en índices de temperatura de régimen, (Monografia.com ,2020).

El hecho de que la refrigeración no tenga que ver directamente con la velocidad del motor puede ser positivo para evitar sobrecalentamientos en ocasiones en que, por demasiado tráfico en carretera, el motor se ve obligado a mantenerse mucho tiempo al ralentí. Incluso si en el ambiente la temperatura es alta el ventilador puede hallarse en muchas ocasiones sin funcionar, se ahorra de esta forma energía, (Monografia.com ,2020).

#### **II.8.6 Depósito o pila para secado.**

En este aspecto se deberá construir un depósito pila de metal con un material de buena calidad, que permita la durabilidad de la misma, con las características adecuadas para el buen secado del cardamomo y que sea de buena calidad. Las medidas recomendadas son de dos metros de largo por un metro cincuenta centímetros de ancho, con una altura de un metro treinta centímetros con el objetivo de poder secar 20 quintales.

**Figura 27.** Diseño de una pila para secado para cardamomo.



**Fuente:** Slides Sahare (2020)



Las piezas enumeradas con anterioridad servirán para el diseño y construcción de una maquina secadora de cardamomo, la cual será la propuesta a presentar en la solución de la problemática de las máquinas de secado de cardamomo con leña.

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Los cuadros y gráficas que se muestran a continuación se obtuvieron en el trabajo de campo realizado por el investigador; las que se clasifican de manera siguiente:

La variable dependiente (Y), se trabajó con población de 42 personas en donde se utilizó la fórmula para poblaciones finitas cualitativas, derivado que la población original es de 95, esta fue dirigida a productores propietarios de beneficios de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), por ser mayor a 35 personas.

Para los datos de la variable independiente (X), se realizó la técnica del censo debido a que la población utilizada fueron los técnicos de instituciones vinculantes en el tema, con un total de cinco personas, por ser población menor a 35 personas no se utilizó muestreo.

Del cuadro 4 al 6 y gráfica del 1 al 3 se refiere a comprobación de variable dependiente o efecto; del cuadro 7 al 9 y gráfica 4 al 6 se obtienen los datos para comprobar variable independiente o causa principal.

### III.1. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

**Cuadro 4.**

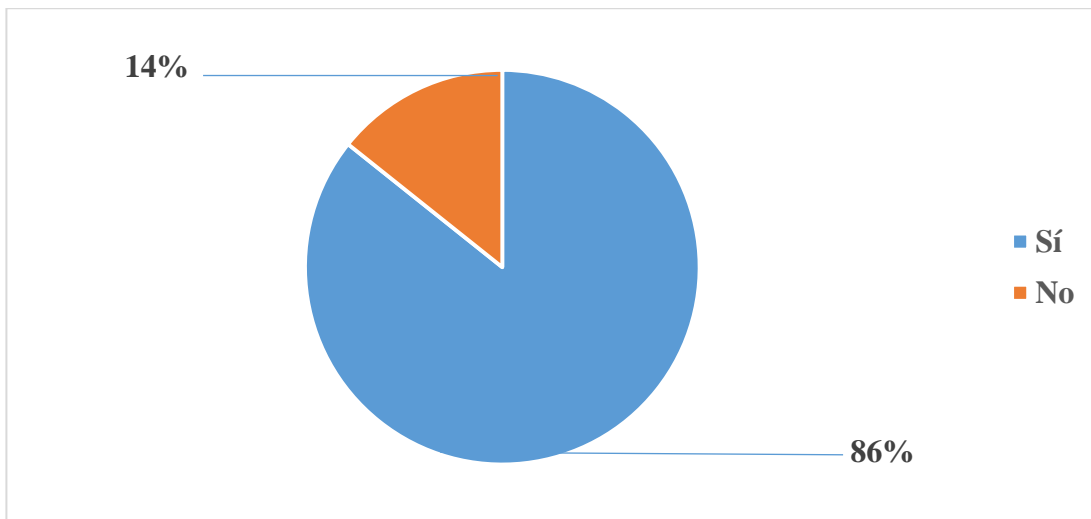
Productores con altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en los últimos años.

| Respuestas | Cantidad de productores | Valor relativo (%) |
|------------|-------------------------|--------------------|
| Sí         | 36                      | 86                 |
| No         | 06                      | 14                 |
| Totales    | 42                      | 100                |

**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 1.**

Productores con altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en los últimos años.



**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** Productores, en su mayoría manifiestan que en los últimos años se han incrementado los costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), esto contribuye a comprobar la variable dependiente.

**Cuadro 5.**

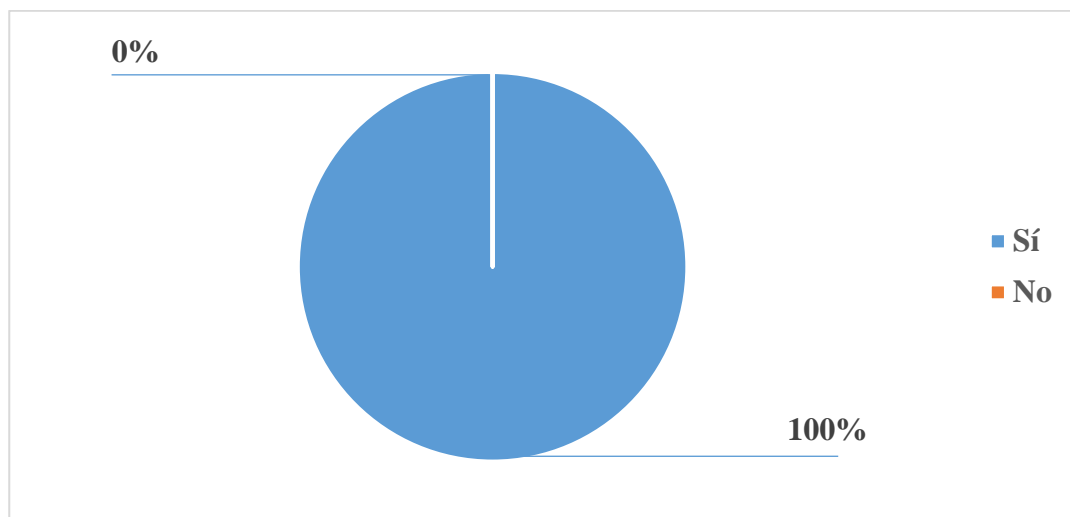
Productores que manifiestan conocer las causas de los altos costos en el proceso de secado del producto.

| Respuestas | Cantidad de productores | Valor relativo (%) |
|------------|-------------------------|--------------------|
| Sí         | 42                      | 100                |
| No         | 00                      | 00                 |
| Totales    | 42                      | 100                |

**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 2.**

Productores que manifiestan conocer las causas de los altos costos en el proceso de secado del producto.



**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** La totalidad de productores indican que conocen las causas de los altos costos en el proceso de secado del producto, entre los que mencionan; mano de obra, pero especialmente la leña, por ende, se ayuda corrobora la variable dependiente.

**Cuadro 6.**

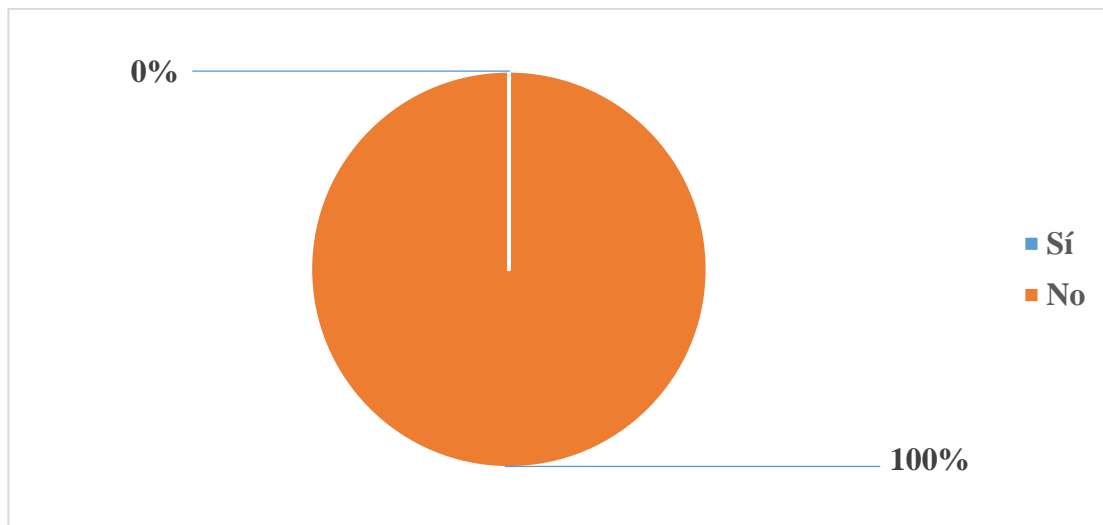
Productores que indican haber buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto.

| Respuestas | Cantidad de productores | Valor relativo (%) |
|------------|-------------------------|--------------------|
| Sí         | 00                      | 00                 |
| No         | 42                      | 100                |
| Totales    | 42                      | 100                |

**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 3.**

Productores que indican haber buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto.



**Fuente:** Productores propietarios de beneficios de secado, Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** La totalidad de los productores no han buscado alternativas para solucionar la problemática de altos costos en el proceso de secado del producto, debido al desconocimiento de otras fuentes energéticas, para reducir o eliminar el uso de leña; esto coadyuva a comprobar la variable dependiente.

**III.2. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.**

**Cuadro 7.**

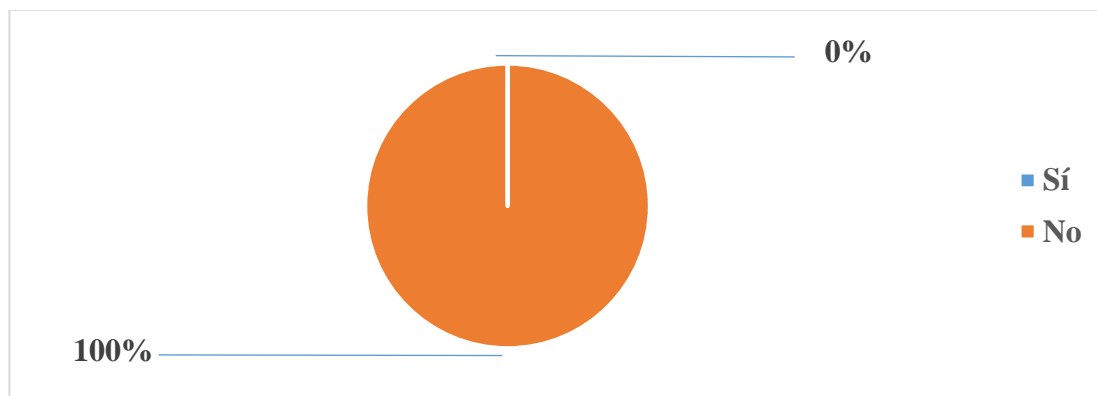
Técnicos que indican si cuentan con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

| Respuestas | Cantidad de técnicos | Valor relativo (%) |
|------------|----------------------|--------------------|
| Sí         | 00                   | 00                 |
| No         | 05                   | 100                |
| Totales    | 05                   | 100                |

**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 4.**

Técnicos que indican si cuentan con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).



**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** Los técnicos en su totalidad manifiestan que en el municipio de Chahal, Alta Verapaz, no se cuenta con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado, lo cual, aporta a la comprobación de la variable independiente.

**Cuadro 8.**

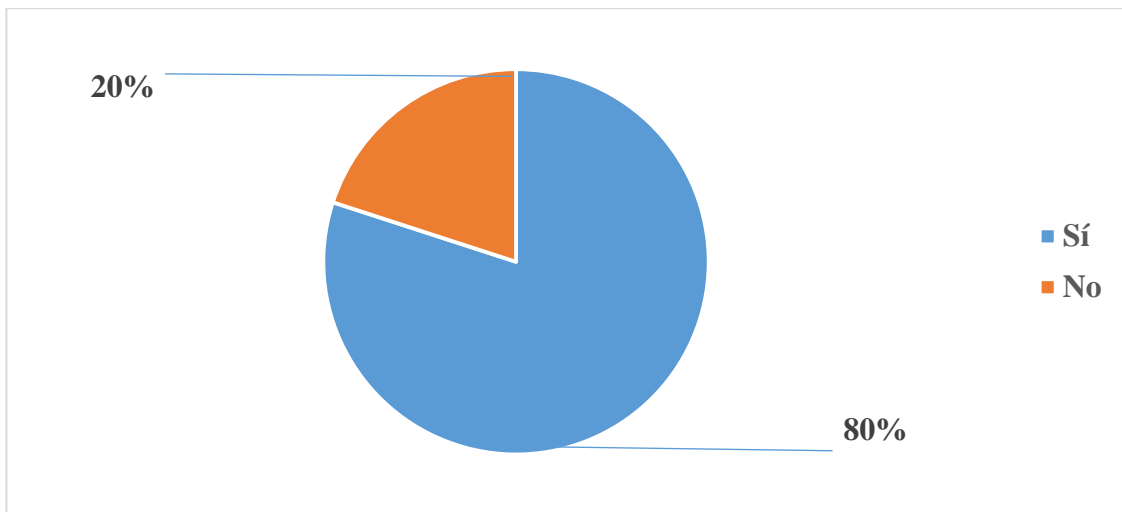
Técnicos que manifiestan conocer sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar.

| Respuestas | Cantidad de técnicos | Valor relativo (%) |
|------------|----------------------|--------------------|
| Sí         | 04                   | 80                 |
| No         | 01                   | 20                 |
| Totales    | 05                   | 100                |

**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 5.**

Técnicos que manifiestan conocer sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar.



**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** Técnicos en su mayoría manifiestan que conocen sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar, el cual es una alternativa viable para reducir el uso de leña, pero no lo implementan con los productores; con lo cual apoya la comprobación de la variable independiente.

**Cuadro 9.**

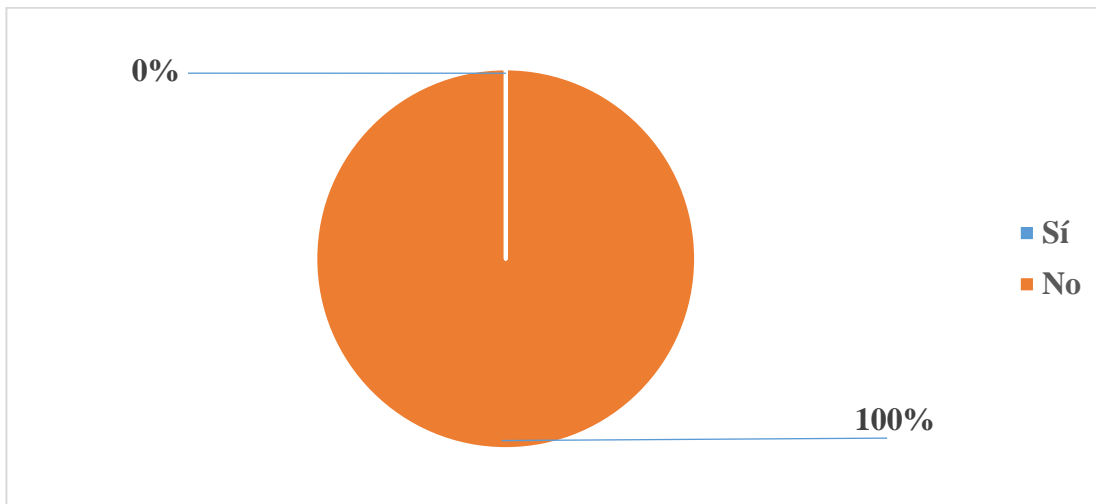
Técnicos que indican haber implementado alternativas en el proceso de secado.

| Respuestas | Cantidad de técnicos | Valor relativo (%) |
|------------|----------------------|--------------------|
| Sí         | 00                   | 00                 |
| No         | 05                   | 100                |
| Totales    | 05                   | 100                |

**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Gráfica 6.**

Técnicos que indican haber implementado alternativas en el proceso de secado.



**Fuente:** Técnicos de INAB, UGAM Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, marzo de 2020.

**Análisis:** La totalidad de los técnicos indican que, no se han implementado alternativas en el proceso de secado en el municipio de Chahal, Alta Verapaz, lo cual aporta a la comprobación de la variable independiente.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan conclusiones y recomendaciones de encuestas realizadas a productores y personal técnico de instituciones vinculantes al tema sobre la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

##### IV.1 Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis: “Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa”. Con 90% de nivel de confianza y 9.5 error de muestreo.
2. Se tienen altos costos en el proceso de secado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), por uso de leña.
3. Costos de leña es la causa principal de los altos costos en el proceso de secado del producto.
4. No se han buscado alternativas para reducir la dependencia de leña y los costos en el proceso de secado del producto.
5. Se carece del diseño para fabricación de maquinaria alternativa que evite el uso excesivo de leña, en el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).
6. No se implementa el proceso de secado de cardamomo por medio de máquina solar, como alternativa para su uso del recurso energético.
7. No se han implementado alternativas para el proceso de secado, que sean sin la dependencia de la leña, en el municipio.



## **IV.2 Recomendaciones**

1. Implementar la propuesta del proyecto de diseño y fabricación de máquina para el secado solar, como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.
2. Aplicar alternativas para el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), para reducir los costos.
3. Reducir la utilización de leña en el proceso de secado del cardamomo.
4. Identificar las alternativas de solución a los altos costos en el proceso de secado del producto.
5. Utilizar el diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).
6. Proporcionar un sistema de divulgación de la eficiencia de maquinaria alternativa para el proceso del secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).
7. Implementar alternativas para suplir la demanda en el proceso de secado del cardamomo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, C. (2016) *Tesis Consumo de Leña en el Proceso de Secado del Cardamomo (Elettaria cardamomum) Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz*, Facultad de Ciencias ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Guatemala, C.A.
2. Aguilar. (2016) *Tesis Consumo de leña en el proceso del secado de Cardamomo, Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas*, Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala C.A.
3. Amézquita M. (1,978), *Técnicas de Producción Utilizadas en el Cultivo del Cardamomo (Eletaria cardamomum), Según tamaño Explotación Agrícola en Alta Verapaz*. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, Guatemala. USAC. 55 p.
4. Atersa (2020) *Paneles Solares*. Recuperado el 30 marzo 2020 en :<https://atersa.shop/panel-solar-a-330p-gse/>
5. Autosolar (2020) *Energía Solar*, Recuperado el 3 abril 2020 en: <https://autosolar.es/panel-solar-12-voltios/panel-solar-330w-12v-talesun-policristalino>
6. Barrera I. Zamora R. (2010). *Diagnóstico y marco de referencia de estrategia para el desarrollo foresto-industrial proyecto FAO-UICN*. Guatemala. 125 p.
7. Cáceres R. & Gómez A. (2006). *Mecanismos de financiamiento para el sector forestal de Guatemala (documento de trabajo) Guatemala*. Proyecto FAO/UICN/
8. Cano,M. (1,985). *El Cultivo del Cardamomo (Eletaria cardamomum)*, Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, OIRSA. Departamento de Sanidad Vegetal. 32p.
9. CARDEGUA. (2012). *Cardamomo. Información sobre el cardamomo cultivo*. Recuperado el 20 de septiembre de 2012, [www.cardegua.com/cardamomo.html](http://www.cardegua.com/cardamomo.html).
10. Chen, A. (1998). *Caracterización y Etiología de las Principales Enfermedades Causadas por Agentes Bióticos en el Cultivo del Cardamomo (Eletaria*

- cardamomum L) en Alta Verapaz.* Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, Guatemala. USAC. 63p.
11. Cruz, AH De la. 1983. *Plagas del cardamomo. In Seminario sobre el cultivo del cardamomo (2, 1983, Cobán, GT). Memoria Ed. por Mario René Moscoso Carraza.* Guatemala, USAC. p. 11-12.
  12. Deguate.com (2020) *Producción y Exportación de Cardamomo en Guatemala –* DEGUATE, Recuperado el 5 de abril 2020 en: [comhttps://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-y-exportacion-de-cardamomo-en-guatemala.shtml](https://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-y-exportacion-de-cardamomo-en-guatemala.shtml).
  13. Diaz, R., Alatorre, C., & Masera, O. (2003). *El uso de bioenergía en los hogares: Impactos ambientales y en la salud.* Pátzcuaro, Michoacán, México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA).
  14. Domínguez, D. (2008). *“El contador público y auditor como asesor en la planificación financiera a corto plazo en una empresa exportadora de cardamomo pergamino”.* Tesis Contador Público y Auditor. Guatemala, Guatemala, USAC. 105 p.
  15. FAO. (2009). *Situación de los bosques del mundo 2009.* Roma. 158 p.
  16. FAO. (2011). *Situación de los bosques del mundo 2011.* Roma. 176 p.
  17. García, T., Ana. (2017) *Seminario de Tesis II Efectos Socioambientales del uso de la leña en la comunidad Cocarsa, municipio de San Miguel Tucurú, departamento de Alta Verapaz,* Facultad de Agronomía, Escuela de Estudios de Postgrado, Maestría en Ciencias de gestión Ambiental Local, Universidad de San Carlos de Guatemala, C.A.
  18. Gómez-Lobo, A. (2005). *El consumo de leña en el sur de Chile. Revista de Ambiente y Desarrollo, 21(3), 43-47.*
  19. HOLANDA(LNV-DK) /CCADGCP/INT/953/NET: *“Estrategias y mecanismos financieros para el uso sostenible y la conservación de bosques”* Fase 1: América Latina. 61 p.

20. <https://www.monografias.com/trabajos71/bombas-agua-radiador/bombas-agua-radiador.shtml>
21. IARNA/URL. (2012). *Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, IARNA.
22. ICAITI. (1985). *Experiencias en la construcción de estufas economizadoras de leña en el área rural del país*. Guatemala: ICAITI / ROCAP.
23. INAB, CONAP, UVG & URL. (2012). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*. Guatemala. 111 p.
24. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA. 43 p.
25. Interepresas Feria Virtual (2020) *Sistema solar termosifón: máximo confort en agua caliente*, Recuperado el 3 de abril 2020 en : <https://www.interempresas.net/Energia/FeriaVirtual/Producto-Sistema-solar-termsifon-Junkers-Premium-Essence-300-litros-178805.html>
26. Jaguar Energy. (2014). *Firman alianza pública privada para reducir el uso de leña en Huehuetenango*. Obtenido de Jaguar Energy: <http://jaguarenergy.com.gt/firmanalianza-publico-privada-para-reducir-el-uso-de-lena-en-huehuetenango/>
27. Junkers (2020) *Sistema solar termosifón Premium/ Essence 300 LITROS*. Recuperado el 2 abril 2020, en: [https://www.junkers.es/usuario\\_final/productos/catalogo\\_usuario/producto\\_7296](https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7296)
28. Ligorria, M. (2005). *“Programa de comercialización de los productores de cardamomo del municipio de Panzós Alta Verapaz que sirva de elite para la productividad”*. Tesis Licda. Admón. Guatemala, Guatemala, UMG. 63 p.
29. Ligorria, M. (2005). *“Programa de Comercialización de los Productores de Cardamomo del Municipio de Panzos A.V. Que Sirva de Elite para la productividad*. Tesis Lic. En Admon. Empresas. Guatemala, Guatemala, UMGG. 47 p.

30. López, S. (2006). *Estudio de la cadena agroalimentaria del cardamomo (Elettaria cardamomum; Zingiberaceae) en Guatemala*. Tesis Ing. Agr. URL. 93 p.
31. MAGA, (2007). *Programa de Apoyo a los Agronegocios (en línea) Guatemala*. Consultado 15 de mayo de 2010. Disponible en <http://www.lalagunillavillena.org/tang/curry/2007>
32. Melgar, W. (2003). *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala*. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/53S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. 62 p.
33. Monografia.com (2020) *Bombas de agua y radiador*, Recuperado el 4 de abril 2020.
34. Montúfar D. (2012). *Evaluación del uso de biomasa como combustible alternativo en la producción de ladrillos de barro cocido en el municipio de El Tejar Chimaltenango*. Tesis Ingeniero Civil. Guatemala, Guatemala, USAC. 125 p.
35. Paz Soto, JF De. 2009. *Fortalecimiento de la cadena productiva de cardamomo (Elettaria cardamomun) con énfasis en el asocio de la entomofauna, especies arvenses y fitopatógenos, en la aldea Campur, San Pedro Carchá, Alta Verapaz*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 3
36. Pierre, J.(s.f.). *Cardamomo-formation socodevi*. Recuperado el 12 de septiembre de 2012: [www.formation.socodevi.org/.../estudio-cardamomo-jeanpier...%20%20Canadá](http://www.formation.socodevi.org/.../estudio-cardamomo-jeanpier...%20%20Canadá)
37. Prensa libre (2020) *Granos de cardamomo secados en beneficios*. Recuperado el 25 marzo 2020 en: <https://www.prensalibre.com/tema/cardamomo/>
38. Ruano, R. (2002). *El cultivo de cardamomo (Elettaria cardamomun) en Guatemala*.
39. Ruano, R. (2002) *El Cultivo del Cardamomo (Elettaria Cardamomun) en Guatemala*, Instituto de Ciencia y Tecnología –ICTA-. Guatemala C.A.

40. Saecsa (2020) *Energía Solar*  
<https://saecsaenergiasolar.com/catalogo/calentadores/residencial300>
41. Sandoval A. (2006). *Diagnostico Socioeconómico, Potencialidades Productivas y Propuestas de Intervención, en el municipio de Santa María Cahabon Departamento de Alta Verapaz. Tema Individual, (Comercialización y Producción de cardamomo)*. Tesis. Lic. En Ciencias Económicas. Guatemala. USAC.
42. Sandoval A. (2006). *Diagnostico Socioeconómico, Potencialidades Productivas y Propuestas de Intervención, en el municipio de Santa María Cahabon, Departamento de Alta Verapaz, Tema Individual, (Comercialización y Producción de Cardamomo)*. Tesis. Lic. En Ciencias Económicas. Guatemala, Guatemala. USAC. 191P.
43. Secadoras y estructuras el chino (2020). *Estructuras de secadoras de cardamomo*. Recuperado el 3 de abril 2020 en:  
<https://www.facebook.com/pages/category/Product-Service/Secadoras-Y-Estructuras-Met%C3%A1licas-El-Chino-141737006521339/>
44. Suministros Unión (2020) *Calderas de gas*. Recuperado el 10 abril 2020 en  
[http://www.s-union.es/caldera\\_de\\_gas\\_como\\_funciona](http://www.s-union.es/caldera_de_gas_como_funciona)
45. Torres Muro, H. A., Agreda Paredes, J. N., & Polo Bravo, C. A. (2012). *Impacto ambiental producido por el uso de la leña en el área de conservación regional Vilacota- Maure de la región Tacna*. Obtenido de Informador Técnico (Colombia), Edición 76, Enero - Diciembre, 13 - 25:  
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4364430.pdf>
46. Wellmann, W. (2015). *Estudio para mejorar el diseño de secadoras para cardamomo*. Tesis Ingeniero Mecánico. Guatemala, Guatemala, USAC. 66 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de investigación Dominó

| Problema   | Propuesta   | Evaluación   |
|--|---|--|
| <p><b>1) Efecto o variable dependiente</b></p> <p>Altos costos en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años.</p> | <p><b>4) Objetivo general</b></p> <p>Reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p>              | <p><b>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</b></p> <p><b>Indicadores:</b> Al quinto año de la implementación del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, se reducen los costos en el proceso de secado en un 80% (...)</p>   |
| <p><b>2) Problema central</b></p> <p>Dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p>                               | <p><b>5) Objetivo específico</b></p> <p>Evitar la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p> | <p><b>Verificadores:</b> Controles internos de costos, Estados de cuenta bancarios, Encuestas, Fotografías, Entrevistas, Actas, Informes. (...)</p> <p><b>Cooperantes o supuestos:</b> Los productores contribuyen con la implementación de controles para costos, apertura de cuentas, elaboración de informes y actas para reducir los costos.</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><b>3) Causa principal o variable independiente</b></p> <p>Falta de proyecto de diseño y la fabricación de máquina para el secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p>   | <p><b>6) Nombre</b></p> <p>Proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p>   | <p><b>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</b></p> <p><b>Indicadores:</b> A partir del segundo año de la implementación del proyecto de diseño y fabricación de maquinaria para secado solar, se evita la dependencia de leña en un 95% (...)</p>                                  |
| <p><b>7) Hipótesis</b></p> <p>“Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de la leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para el secado solar como alternativa”.</p> | <p><b>12) Resultados o productos</b></p> <p>Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”; Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.; Se dispone del programa de capacitación a los productores.</p> | <p><b>Verificadores:</b> Controles de compra de leña, Reporte de actividades de técnicos y operativos, Entrevistas, Encuestas, Fotografías (...)</p> <p><b>Cooperantes o Supuestos:</b> los productores adoptan el proyecto de diseño y fabricación de máquina solar como alternativa en el proceso de secado.</p> |



|  |   |
|--|---|
| <p><b>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</b></p> <p>1. ¿Considera que ha tenido altos costos en el proceso de secado del cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en los últimos años?<br/>Si___ No___</p> <p>2. ¿Conoce la causa de los altos costos en el proceso de secado del producto? Si ___ No ___ si es si<br/>¿Cuáles?<br/>_____</p> <p>3. ¿Ha buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto? Sí___ No___</p> <p>Será dirigida a los 95 productores de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en pergamino de Chahal, Alta Verapaz. Boletas 42 población finita, variable cualitativa (0.5 de P y 0.5</p> | <p><b>13) Ajuste de costos y tiempo</b></p> |
|--|---|

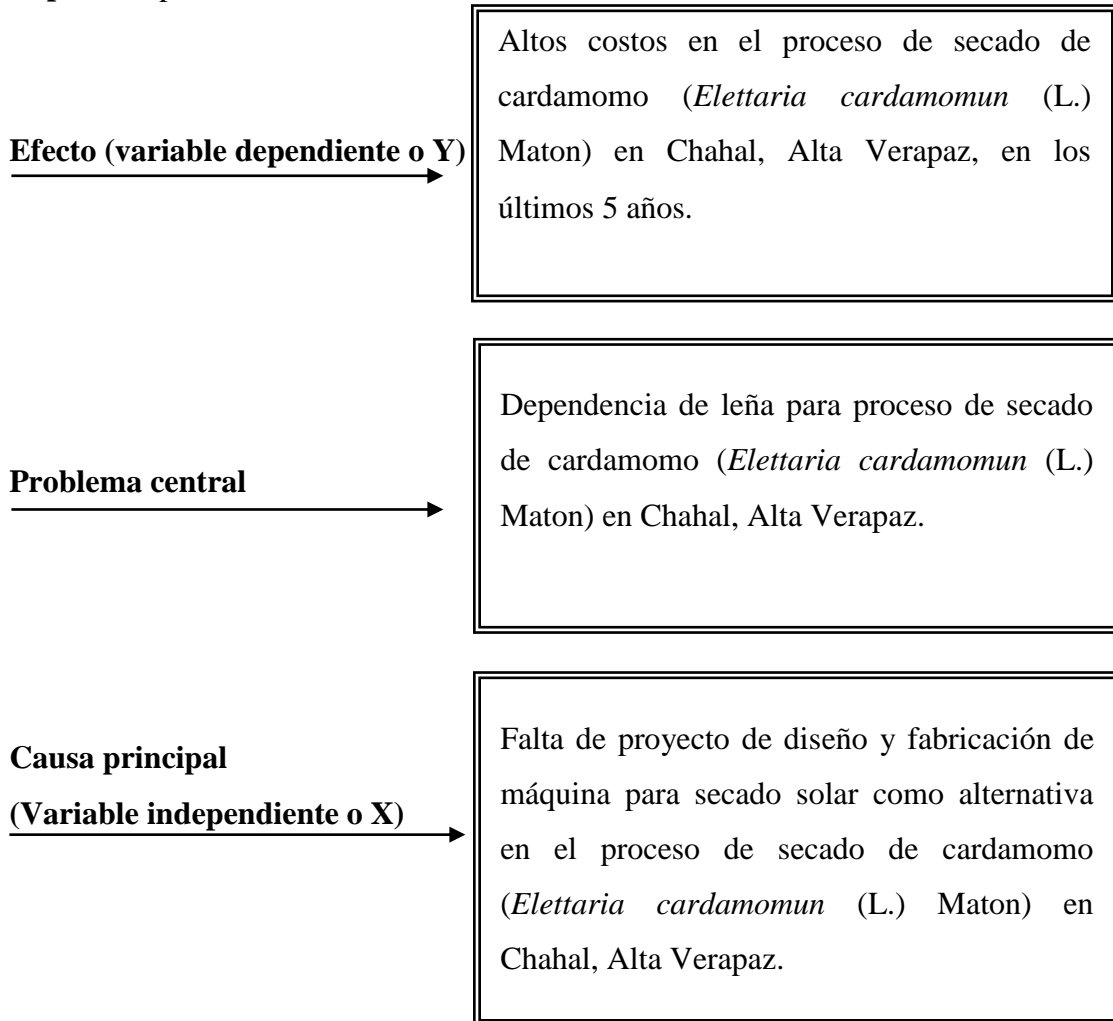
|  |  |
|--|--|
| <p>de Q) Nivel de confianza 90% y error de muestreo 9.5%.</p>  |  |
| <p><b>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</b></p> <p>1. ¿Cuenta con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton)? Sí___ No___ 2. ¿Conoce sobre el proceso de secado de cardamomo con maquinaria solar? Si ___ No___ 3. ¿Han implementado alternativas en el proceso de secado? Sí___ No___ si es si ¿Cuál alternativa? _____</p> <p>Será dirigida a los 5 técnicos de las siguientes instituciones vinculantes en el tema: Instituto Nacional de Bosques</p> | <p><b>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias</b></p> <p>Forma de presentar resultados:</p> <p>El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Creación”.<br/>A1<br/>An</p> <p>R2: Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.<br/>A1<br/>An</p> <p>R3: Se dispone del programa de capacitación a los productores.<br/>A1<br/>An</p> |

|   |  |
|---|--|
| <p>(INAB) y la Unidad de Gestión Ambiental (UGAM), de la Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz; mediante un censo.</p>  |  |
| <p><b>10) Temas del Marco Teórico</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).</li> <li>2. Altos costos en el proceso de secado.</li> <li>3. Uso de la leña en el proceso de secado.</li> <li>4. Dependencia de la leña para proceso de secado.</li> <li>5. Tipos de máquinas, secadoras de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).</li> <li>6. máquinas solares, secadoras de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.)</li> </ol> |  |

|  |  |
|--|--|
| <p>Maton).</p> <p>7. Diseño y fabricación de máquinas secadoras solares.</p>   |  |
| <p><b>11) Justificación</b></p> <p>El investigador debe establecer la importancia de su tema de tesis proyectando los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) con y sin el proyecto de diseño y fabricación de máquina para el secado solar como alternativa en el proceso de secado.</p> |  |

## Anexo 2. Árbol de problemas e hipótesis y árbol de objetivos

**Tópico:** Dependencia de leña



### Hipótesis

“Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa”.

¿Es la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.)

Maton) el causante de altos costos por la dependencia de leña en los últimos 5 años en Chahal, Alta Verapaz?

### Árbol de objetivos

**Fin u objetivo general**  
→

Reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

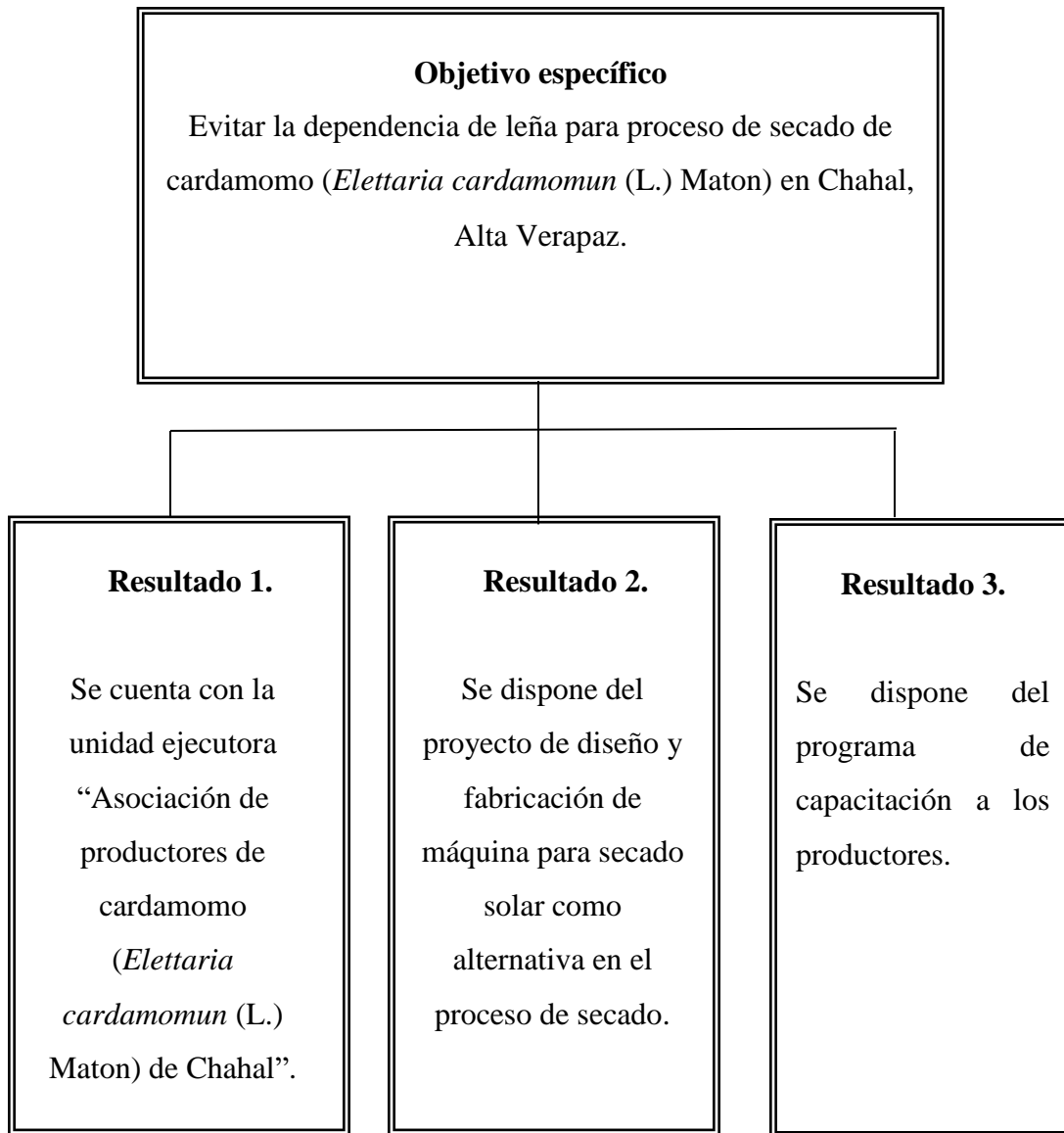
**Objetivo específico**  
→

Evitar la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

**Medio de la solución de la problemática**  
→

Proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

**Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.**



**Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años.”**

Esta boleta censal está dirigida a productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que son propietarios de beneficios del secado, en el municipio de Chahal, Alta Verapaz.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder y marcar con “X” la respuesta que considere correcta y razónela si se le indica.

1. ¿Considera que ha tenido altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en los últimos años?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

2. ¿Conoce la causa de los altos costos en el proceso de secado del producto?

Sí\_\_\_ No\_\_\_ sí es si ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

3. ¿Ha buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto?

Sí \_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_



**Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.”**

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de instituciones vinculantes al tema como lo son: el Instituto Nacional de Bosques (INAB), Unidad de gestión ambiental municipal (UGAM) de Chahal, Alta Verapaz.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder y marcar con “X” la respuesta que considere correcta y razónela si se le indica.

1. ¿Cuenta con un diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton)?  
Sí\_\_\_ No\_\_\_
2. ¿Conoce sobre el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal con maquinaria solar?  
Sí \_\_\_ No\_\_\_
3. ¿Han implementado alternativas en el proceso de secado?  
Sí\_\_\_ No\_\_\_ ¿Cuál alternativa? \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## **Anexo 6. Anexo metodológico sobre el cálculo de la muestra.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Población finita cualitativa

Variable dependiente

A continuación, se describe el anexo metodológico para el cálculo de la muestra al 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa; que fue dirigida a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) propietarios de beneficio del secado en Chahal, Alta Verapaz.

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra con los parámetros arriba indicados es la siguiente:

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

De donde:

Z = Valor tabulado = 1.645

p = Probabilidad de éxito = 0.5

q = Probabilidad de fracaso = 0.5

d = error de muestreo = 0.095

n = tamaño de la muestra = 42

N = Población = 95

Se aclara que se utilizó el 50% del valor p, debido a que no se contaban con investigaciones previas al respecto; lo que supone es la máxima variación en las combinaciones de (p)(q).

**Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.**

Este coeficiente es indicador estadístico que nos muestra el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta y proyectar dichas variables.

En este caso coeficiente de correlación es igual a 0.90, lo que indica el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de línea recta; cuya fórmula simplificada es la siguiente:  $y = a+bx$ .

Es importante destacar para que se considere comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $+ - 0.80$  a  $+ - 1$ .

A continuación, se presentan los cálculos y la fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

**Cálculo del coeficiente de correlación**

| <b>AÑO</b>     | <b>X</b><br><b>(años)</b> | <b>Y</b><br><b>(Costos por pileta en Q.)</b> | <b>XY</b>     | <b>X<sup>2</sup></b> | <b>Y<sup>2</sup></b> |
|----------------|---------------------------|--|---------------|----------------------|----------------------|
| 2015           | 1                         | Q. 176.00                                    | 176.37        | 1                    | 31106.3769           |
| 2016           | 2                         | Q. 181.00                                    | 362.74        | 4                    | 32895.0769           |
| 2017           | 3                         | Q. 213.00                                    | 637.77        | 9                    | 45194.5081           |
| 2018           | 4                         | Q. 232.00                                    | 926.72        | 16                   | 53675.6224           |
| 2019           | 5                         | Q. 334.00                                    | 1667.5        | 25                   | 111222.25            |
| <b>Totales</b> | <b>15</b>                 | <b>Q. 1,135.51</b>                           | <b>3771.1</b> | <b>55</b>            | <b>274093.8343</b>   |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>n=</b>  | 5           |
| $\sum X=$  | 15          |
| $\sum XY=$                                       | 3771.1      |
| $\sum X^2=$                                      | 55          |
| $\sum Y^2=$                                      | 274093.8343 |
| $\sum Y=$  | 1135.51     |
| $n\sum XY=$                                      | 18855.5     |
| $\sum X*\sum Y=$                                 | 17032.65    |
| <b>Numerador=</b>                                | 1822.85     |
| $n\sum X^2=$                                     | 275         |
| $(\sum X)^2=$                                    | 225         |
| $n\sum Y^2=$                                     | 1370469.172 |
| $(\sum Y)^2=$                                    | 1289382.96  |
| $n\sum X^2-(\sum X)^2=$                          | 50          |
| $n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$                          | 81086.2114  |
| $(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$ | 4054310.57  |
| <b>Denominador:</b>                              | 2013.531865 |
| <b>r=</b>  | 0.905299803 |

**FÒRMULA:**

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

**Comentario:** Según los resultados obtenidos anteriormente se deduce que la correlación obtenida es positiva, lo que muestra el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas [X, Y] con bastante fuerza en relación al valor +1. Indica que en el paso de los años se da el incremento a los costos en proceso de secado del producto de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en beneficio, en Chahal, Alta Verapaz.

### **Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección lineal.**

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal del fenómeno estudiado.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a la serie histórica dada, que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente:  $y=a+bx$ .

Es importante destacar para que se considere comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $+ - 0.80$  a  $+ - 1$ ; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

Proyección lineal

$$y = a + bx$$

| <b>AÑO</b>     | <b>X<br/>(años)</b> | <b>Y<br/>(Costos por pileta en Q.)</b> | <b>XY</b>     | <b>X<sup>2</sup></b> | <b>Y<sup>2</sup></b> |
|----------------|---------------------|--|---------------|----------------------|----------------------|
| 2015           | 1                   | Q. 176.00                              | 176.37        | 1                    | 31106.3769           |
| 2016           | 2                   | Q. 181.00                              | 362.74        | 4                    | 32895.0769           |
| 2017           | 3                   | Q. 213.00                              | 637.77        | 9                    | 45194.5081           |
| 2018           | 4                   | Q. 232.00                              | 926.72        | 16                   | 53675.6224           |
| 2019           | 5                   | Q. 334.00                              | 1667.5        | 25                   | 111222.25            |
| <b>Totales</b> | <b>15</b>           | <b>Q. 1,135.51</b>                     | <b>3771.1</b> | <b>55</b>            | <b>274093.8343</b>   |

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>n=</b>                                    | <b>5</b>           |
| <b><math>\sum X=</math></b>                  | <b>15</b>          |
| <b><math>\sum XY=</math></b>                 | <b>3771.1</b>      |
| <b><math>\sum X^2=</math></b>                | <b>55</b>          |
| <b><math>\sum Y^2=</math></b>                | <b>274093.8343</b> |
| <b><math>\sum Y=</math></b>                  | <b>1135.51</b>     |
| <b><math>n\sum XY=</math></b>                | <b>18855.5</b>     |
| <b><math>\sum X*\sum Y=</math></b>           | <b>17032.65</b>    |
| <b>Numerador de b:</b>                       | <b>1822.85</b>     |
| <b>Denominador de b:</b>                     |                    |
| <b><math>n\sum X^2=</math></b>               | <b>275</b>         |
| <b><math>(\sum X)^2=</math></b>              | <b>225</b>         |
| <b><math>n\sum X^2 - (\sum X)^2 =</math></b> | <b>50</b>          |
| <b>b=</b>                                    | <b>36.457</b>      |
| <b>Numerador de a:</b>                       |                    |
| <b><math>\sum Y=</math></b>                  | <b>1135.51</b>     |
| <b><math>b * \sum X =</math></b>             | <b>546.855</b>     |
| <b>Numerador de a:</b>                       | <b>588.655</b>     |
| <b>a=</b>                                    | <b>117.731</b>     |

**FÒRMULAS:**

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

**FÒRMULAS:**

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

| <b>Y</b>          | <b>a</b>       | <b>+</b> | <b>B</b>      | <b>X</b><br>(años) | <b>Y</b><br>(Costos por pileta en Q.) |
|-------------------|----------------|----------|---------------|--------------------|---------------------------------------|
| <b>Y=</b>         | <b>117.731</b> | <b>+</b> | <b>36.457</b> | <b>X</b>           | <b>Y</b>                              |
| <b>Y (2020) =</b> | 117.731        | +        | 36.457        | <b>6</b>           | Q. 336.00                             |
| <b>Y (2021) =</b> | 117.731        | +        | 36.457        | <b>7</b>           | Q. 373.00                             |
| <b>Y (2022) =</b> | 117.731        | +        | 36.457        | <b>8</b>           | Q. 409.00                             |
| <b>Y (2023) =</b> | 117.731        | +        | 36.457        | <b>9</b>           | Q. 446.00                             |
| <b>Y (2024) =</b> | 117.731        | +        | 36.457        | <b>10</b>          | Q. 482.00                             |

**Cálculos para la gráfica con proyecto**

| <b>Año</b> | <b>Inicio</b> | <b>% Reducción de Costos</b> | <b>Reducción de Costos por pileta en Q.</b> | <b>Costo final</b> |
|------------|---------------|------------------------------|---|--------------------|
| 1          | Q 334.00      | 67.00%                       | Q 223.00                                    | Q 111.00           |
| 2          |               | 6.00%                        | Q 20.00                                     | Q 91.00            |
| 3          |               | 3.00%                        | Q 10.00                                     | Q 81.00            |
| 4          |               | 2.00%                        | Q 7.00                                      | Q 74.00            |
| 5          |               | 22.00%                       | Q 74.00                                     | Q 00.00            |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020

**Cuadro con Proyecto [propuesta]**

| <b>Años/ resultado</b>  | <b>6 (2020)</b> | <b>7 (2021)</b> | <b>8 (2022)</b> | <b>9 (2023)</b> | <b>10 (2024)</b> |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>Resultado 1 (se cuenta con la unidad ejecutora " Asociación de productores de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) de Chahal ".)</b> |                 |                 |                 |                 |                  |                 |
| Reunión de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) que poseen secadora.  | <b>1.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>     |                 |
| Reunión de trabajo de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y abogado para creación de Asociación.                       | <b>2.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>     |                 |
| Presentación del proyecto de diseño de una máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).                          | <b>2.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>     |                 |
| Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con productores, autoridades y asociados                | <b>4.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>    | <b>0.00%</b>     | <b>Solución</b> |

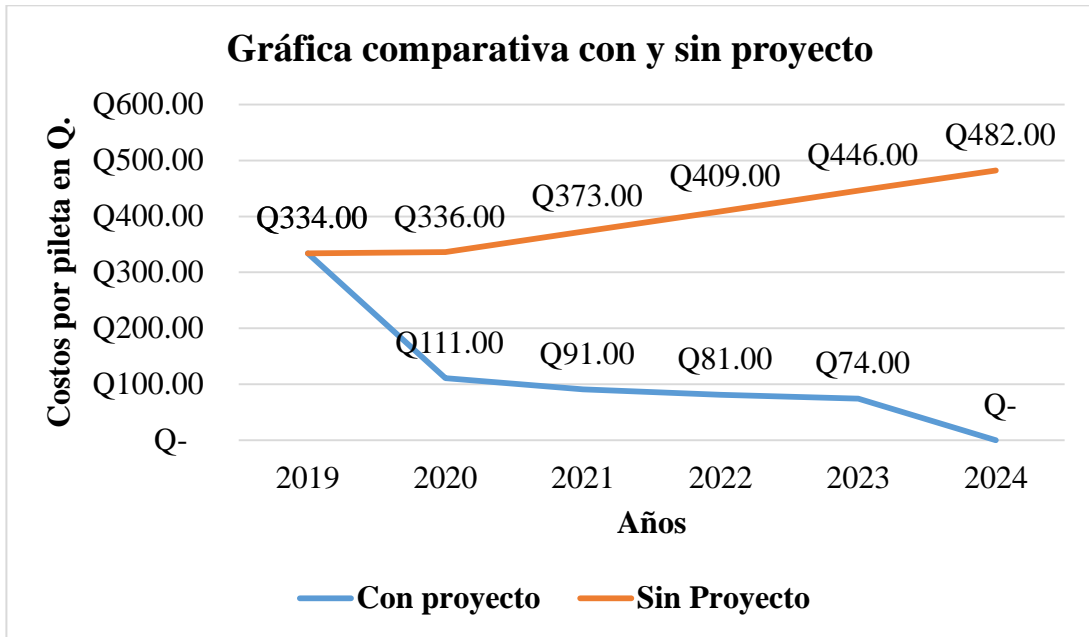


|  |              |              |              |              |              |  |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| Se presentará el proyecto del diseño de la máquina para el secado solar a los representantes de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y personal municipal. | <b>4.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> |  |
| Reunión de socialización con personal municipal, asociados y dueño de empresa de fabricación de secadoras, para la construcción de máquina para secado solar.                            | <b>6.00%</b> | <b>1.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> |  |
| Elaboración de formularios para los controles de entradas y salidas en el beneficiado.   | <b>2.00%</b> | <b>0.50%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00%</b> |  |
| <b>Resultado 2 (Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.)</b>  |              |              |              |              |              |  |
| Análisis y diseño de procedimientos de actividades que se realizan en la implementación del proyecto de máquina para secado solar.   | <b>2.0%</b>  | <b>0.5%</b>  | <b>0.5%</b>  | <b>0.5%</b>  | <b>5%</b>    |  |

|  |              |             |             |             |             |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Recolección de Información bibliográfica estudiar, analizar al secado tradicional y el alternativo a través de máquina solar.                | <b>2.0%</b>  | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> |
| Enlistar y describir las piezas que debe de llevar una máquina para secado solar.  | <b>7.0%</b>  | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> |
| Elaboración de formatos para control de procesos, actividades de acuerdo a la implementación de máquina para el secado solar.                | <b>3.0%</b>  | <b>0.5%</b> | <b>0.5%</b> | <b>0.5%</b> | <b>5%</b>   |
| Elaboración del diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso.  | <b>15.0%</b> | <b>1.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> | <b>0.0%</b> |
| Presentación del diseño y fabricación de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón) a los productores. | <b>3.0%</b>  | <b>0.5%</b> | <b>0.5%</b> | <b>0.5%</b> | <b>5%</b>   |
| <b>Resultado 3 (Se dispone del programa de capacitación a los productores. )</b>   |              |             |             |             |             |

|   |               |              |              |              |               |                |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Reunión para crear programa de capacitaciones.  | <b>1.0%</b>   | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>   |                |
| Visita a beneficio de un productor para primer ensayo de implementación de máquina para secado solar,           | <b>1.0%</b>   | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>   |                |
| Capacitación y simulacro de las actividades que se deben realizar con el uso de la máquina para secado solar.   | <b>3.0%</b>   | <b>0.5%</b>  | <b>0.4%</b>  | <b>0.1%</b>  | <b>1%</b>     |                |
| Taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar.   | <b>3.0%</b>   | <b>0.5%</b>  | <b>0.4%</b>  | <b>0.1%</b>  | <b>1%</b>     |                |
| Taller sobre el mantenimiento de máquina para secado solar y medidas de seguridad y prevención en el beneficio. | <b>3.0%</b>   | <b>0.5%</b>  | <b>0.4%</b>  | <b>0.1%</b>  | <b>1%</b>     |                |
| Capacitaciones y talleres de realimentación sobre el uso de una máquina para el secado solar                    | <b>3.0%</b>   | <b>0.5%</b>  | <b>0.4%</b>  | <b>0.1%</b>  | <b>4%</b>     |                |
| <b>Total</b>  | <b>67.00%</b> | <b>6.00%</b> | <b>3.00%</b> | <b>2.00%</b> | <b>22.00%</b> | <b>100.00%</b> |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020



**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020

| X [años] | Costos por pileta en Q. (Con proyecto) | X [años] | Costos por pileta en Q. (Sin proyecto) |
|----------|--|----------|--|
| 2,020    | Q. 111.00                              | 2,020    | Q. 336.00                              |
| 2,021    | Q. 91.00                               | 2,021    | Q. 373.00                              |
| 2,022    | Q. 81.00                               | 2,022    | Q. 409.00                              |
| 2,023    | Q. 74.00                               | 2,023    | Q. 446.00                              |
| 2,024    | Q. 00.00                               | 2,024    | Q. 482.00                              |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020

**Comentario:** En regresión lineal, los resultados muestran según la gráfica anterior que, de no ejecutarse el proyecto, en los siguientes cinco años se continuara con el incremento de los costos en el proceso de secado del producto, además de incremento anual [línea azul]. Caso contrario que al ejecutarse el proyecto en los siguientes cinco años se espera la reducción al quinto año del 100% en los costos de secado del producto, Chahal, Alta Verapaz, [línea naranja].

Loreto Yaxcal Ax

**TOMO II**

PROYECTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA SECADO  
SOLAR COMO ALTERNATIVA EN EL PROCESO DE SECADO DE  
CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) EN CHAHAL, ALTA  
VERAPAZ.



Asesor General Metodológico  
Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021.

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en recursos naturales renovables.

## PRÓLOGO

La razón académica de esta investigación es cumplir con los requisitos previos a obtener el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en recursos naturales renovables en grado académico de Licenciado, de acuerdo a los estatutos de Universidad Rural de Guatemala.

El presente informe de investigación tiene como objetivo resolver la problemática de dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, como alternativa en el proceso de secado, que ha provocado altos costos en el proceso de secado, en los últimos 5 años.

En esta investigación se utilizaron métodos como el descriptivo, con enfoque cuantitativo en la que se tuvo la recopilación de información de campo, con técnicas de cuestionario y entrevista; se tuvo como sujetos de investigación a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), técnicos del Instituto Nacional de Bosque (INAB), y de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) Municipalidad de Chahal, Alta Verapaz, con los que se comprobó la hipótesis y se obtuvieron las conclusiones y recomendaciones que serán aporte muy importante para los productores.

Para complementar la investigación se propone la necesidad del diseño y construcción de máquina de secado solar que venga a suplir las máquinas de secado de leña de sistemas tradicionales, la que estará acompañado de un programa de capacitación de personal, y el fortalecimiento de la unidad ejecutora que se creará la Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), de Chahal Alta Verapaz.

## **PRESENTACIÓN**

La importancia del problema de la deforestación de bosques es de suma preocupación para tomar acciones estratégicas en el cuidado del medio ambiente, es responsabilidad ambiental proteger la naturaleza de nuestro planeta, asimismo se presenta el cultivo del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que más impacto ha tenido en la económica del departamento de Alta Verapaz y a nivel nacional.

En el municipio de Chahal, Alta Verapaz, se tiene a productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que han tenido altos costos del secado con leña, debido a sistemas tradicionales, para lo cual hace indispensable la implementación de estrategias y medidas que vengán a solucionar la problemática y poder capacitar al personal de los productores.

La problemática de la dependencia de leña para proceso de secado, ha sido por el desconocimiento de implementar nuevas formas de secado, que no tengan altos costos de funcionamiento y no se afecte a nuestro medio ambiente.

En este sentido es importante la implementación del plan de intervención que permita tener tres líneas de acción estratégica, las cuales deben girar sobre el diseño y construcción de una máquina para el secado solar, aunado a un programa de capacitación para el personal y los productores, así como el fortalecimiento de la unidad ejecutora que será la Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal, Alta Verapaz.

Los objetivos de la implementación de una maquina de secado solar es reducir los costos en el proceso de secado, para evitar la dependencia de leña, con acciones de mejora continua, como, capacitación a los productores, operativas de mantenimiento, de seguridad industrial y el fortalecimiento de la unidad ejecutora.



| <b>ÍNDICE</b>                           | <b>pág.</b> |
|---|-------------|
| I RESUMEN .....                         | 1           |
| II CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 15          |

## I RESUMEN

En esta oportunidad se presente un resumen del informe de tesis que llevo a cabo en el municipio de Chahal, del departamento de Alta Verapaz, en la que se realizaron una serie de acciones en apoyo a los productores de cardamomo en el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton).

Los municipios de los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y Petén, presentan los datos más altos en área de pérdida de cobertura forestal. San Andrés, La Libertad y Sayaxché, reportan cada uno más de 25,000 hectáreas de pérdida, (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012) lo que significa que en el municipio de Chahal, Alta Verapaz, se tenga también esta problemática de grandes magnitudes.

Los recursos de leña en nuestro país Guatemala es considerado como principal fuente energética para actividades agroindustriales, es caso particular en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) este no es la excepción, pues la leña es fuente de energía, además de bajo costo en el mercado y aún se puede decir que es relativamente disponible en el área.

La presente investigación fue realizada con el propósito de hacer un aporte importante para los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal, departamento de Alta Verapaz, con la solución de la problemática de la dependencia de leña para proceso de secado, por la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado del cultivo.

Esta investigación se realizó en el municipio de Chahal del departamento de Alta Verapaz, con ubicación geográfica es al norte del país, región conocida como Franja Transversal del Norte hacia el norte del país colinda con Peten e Izabal.

Es importante dar a conocer que este informe de investigación consta de cuatro capítulos: I la descripción del planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos y la justificación; II describe el marco teórico, detalla de manera general conceptos, definiciones y principios relacionados con el tema investigado; III presenta la comprobación de la hipótesis; IV realiza las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, por último en los anexos se presenta una propuesta de un plan de intervención sobre el diseño y construcción de una máquina de secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton).

En el planteamiento del problema tenemos que en el municipio de Chahal del departamento de Alta Verapaz, se tiene una zona potencial para la producción del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), que en el transcurso de la historia ha representado la base de los ingresos económicos para las familias. En la actualidad se tiene varias razones por las cuales el beneficiado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se ha convertido en una actividad de mucha importancia, resalta que Guatemala por la calidad de producto y los volúmenes que produce es el principal exportador a nivel mundial.

Esta demanda anual del producto ha generado ganancias económicas y empleo a nivel del área rural, aunque se ha tenido precios irregulares los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) mantienen el espíritu de lucha por mantener las producciones y mejorar la calidad del mismo y continuar con la dependencia del cultivo directamente.

Presentándose a continuación el problema de la dependencia de leña para el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en la que se ha tenido altos costos en el proceso de secado en los últimos 5 años que se considera que es por la falta de un proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, la cual sería una alternativa de solución en el proceso de

secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), pretende fortalecer las competencias laborales de productores del cultivo y bajar costos del proceso de secado.

En la Hipótesis se plantea que los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa. La cual se espera comprobar con esta investigación.

Entre los objetivos se pretende reducir costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz y evitar la dependencia de leña para proceso de secado.

La importancia de esta investigación radica que en el departamento de Alta Verapaz en el año 2006 contaba con 372,588 ha de bosque. Para el año 2010, se reporta una cobertura forestal de 375,345 ha. Se estima que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 61,455 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 64,211 ha; se tuvo ganancia neta de 2,756 ha de bosque (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012).

Los registros de Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), muestran que de la madera que se cosecha anualmente con autorización de estas instituciones, prácticamente la mitad va para la industria y la otra mitad se destina para consumo energético. El volumen promedio de la madera cosechada de 1999 al 2001 con destino a la industria forestal nacional, fue de 575,000 m<sup>3</sup>; a esta cifra hay que sumarle los volúmenes cosechados en forma ilícita (tala ilegal), los cuales según estimaciones citadas por Instituto Nacional de Bosques (INAB)- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO) (2004) son del 30 al 50% del volumen cosechado por año; lo que nos da un volumen entre 724,100 a 862,500 m<sup>3</sup> (Cáceres y Gómez, 2006).

Otros aspectos importantes es el deficiente manejo tecnológico del beneficiado del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y uso de máquinas de secado con leña por los productores, con lo que se ha tenido elevados costos en dichos procesos que ha repercutido en bajos ingresos económicos.

Por estas razones expuestas, se necesita realizar una investigación sobre el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) con leña, cuantificar el volumen total de leña utilizada y el costo de gastos generados por el uso de este tipo de energía y valorizar el volumen de leña comercializada con el fin de generar información de base, que pueda ser de utilidad para conocer el impacto del uso de la leña en los altos costos que se tienen en la actualidad y poder replantear la presentación de una alternativa de solución con la implementación de un diseño y construcción de una máquina para el secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

En la metodología se describe los métodos y técnicas utilizadas en la elaboración del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación: Métodos para formulación de hipótesis, básicamente se utilizó el método deductivo, respaldado por el método de marco lógico en la formulación de objetivos que se diagraman en el árbol de problemas y objetivos. Luego en la comprobación de hipótesis el método utilizado fue el método inductivo, seguido del método estadístico, método analítico y finalmente el sintético.

Entre los métodos utilizados para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo se realizaron recorridos en las instalaciones de beneficios de secado en el municipio de Chahal, Alta Verapaz, donde se logró determinar que no se utiliza

ninguna máquina para secado solar, como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton); y esto ocasiona dependencia en el recurso energético de leña, esto también mostró los altos costos en el proceso de secado; en dicho proceso se obtuvo apoyo de los productores propietarios de cada beneficio, así como de cada uno de los trabajadores. Con esto se logró aportar en la formulación de la hipótesis.

El método de marco lógico fue utilizado para conocer el alcance de los objetivos, basado en el análisis de la problemática de la dependencia de leña en el proceso de secado y la relación causa y efecto es decir de la falta de máquina para secado solar y los altos costos en el proceso de secado utilizado actualmente; con el hecho de poder colocar parámetros precisos para la ejecución, monitoreo y evaluación de alternativas de solución, que conlleva la realización de un proyecto con metas y riesgos establecidos, de manera resumida, que lleve al éxito de la propuesta.

Para la comprobación de hipótesis se aplicó el método inductivo que fue importante en la identificación de conclusiones y recomendaciones a partir de procesos de análisis y síntesis, que pudiesen contribuir en la comprobación de hipótesis, todo ello posterior a actividades de observación, encuestas, recopilación de experiencias.

Método estadístico que sirvió para la comprobación de causa y efecto, fue utilizado en recolección, recuento o computo, presentación, síntesis y análisis de la información obtenida, en las etapas de campo, encuestas, censos; por ejemplo, en la elaboración de cuadros y gráficas en la presentación de resultados; con lo cual se apoyó en la comprobación de la hipótesis.

El método analítico utilizado para realizar separación de los elementos que componen la hipótesis, donde se muestra los altos costos en el proceso de secado, así como propietarios aceptan la dependencia de leña para proceso de secado, de la

misma manera reconocen que no se han tenido alternativas de solución; lo que viene a apoyar que se comprueba que no se cuenta con proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, tampoco de capacitaciones para trabajadores sobre ese tipo de maquinaria, además los técnicos consideran que este tipo de proceso de secado solar es una alternativa viable para la reducción de costos en el proceso.

De esta manera se puede definir la relación de entre la inexistencia de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar y altos costos en el proceso de secado. Se empleó el método analítico para el arreglo de la problemática identificada, dependencia de leña para proceso de secado, que conlleva altos costos en el proceso de secado; que posterior al análisis de los resultados de censos y encuestas, se define que el proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton); así se evitará la dependencia de leña y en un periodo de tiempo reducirá los costos en el proceso de secado en el municipio.

Las técnicas empleadas en la formulación como en la comprobación de hipótesis, fueron distintos de acuerdo a cada etapa, por lo que se presentan a continuación; la técnica lluvia de ideas empleada para generar aportes por parte de trabajadores de beneficios de secado, productores propietarios de beneficios de secado, técnicos de instituciones vinculantes al tema, donde se genera de manera espontánea la producción de ideas, para el logro de integración de trabajadores, propietarios y técnicos de instituciones en presentar la problemática y captar posibles oportunidades de mejora. Se buscaron obtener todas las ideas posibles sin mayores expectativas en cuanto a la eficacia de las mismas.

Para ello, plantearon la problemática y cada miembro del equipo describió sus ideas en torno a dicho tema, así como referente a las causas y efectos que pudieran estar relacionadas con la problemática en estudio.

Se utilizó la observación directa que consistió en captar información, donde se visualizan actitudes, procesos, diseños, espacios; sin intervenir en el desarrollo normal de las actividades en cada uno de los beneficios de secado, además de observar la situación actual de secado durante todo el proceso.

Visitas de campo que se realizaron en beneficios de secado de cardamomo (*Elettariacardamomun* (L.) Maton) en el municipio de Chahal, departamento de Alta Verapaz, para dialogar con productores propietarios de beneficios de secado y trabajadores; esto con la idea de obtener percepción de la situación problema, además de realizar observaciones respectivas al proceso de secado. Por otra parte, fue importante definir si existen mecanismos diferentes para solución a la problemática o son los mismos que no han dado respuesta a la problemática.

Investigación documental que se realizó para búsqueda de información del tema, para determinar la existencia de información similar o que dicha problemática ya tuviese solución que no se haya implementado, lo que garantiza que habrá duplicidad de temas o esfuerzos para resolver el problema; por lo que la información o revisión de documentos que contengan la misma información del tema a tratar sea únicamente para apoyar o reforzar el trabajo que se realiza.

Entrevistas que se realizaron de forma verbal, el proceso de visitas o recorridos en beneficios de secado, lo cual fue acompañado del proceso de observación en áreas de bodega de almacenamiento de leña y áreas de ubicación de pilas de secado y secadoras, con la finalidad de obtener información de cada uno de los productores propietarios de beneficios de secado y trabajadores, en tema del proceso y su eficiencia, así como su percepción sobre los altos costos en el proceso de secado en cada beneficio.



Se utilizó técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis. Cálculo del tamaño de la muestra con datos que se obtuvieron en cada beneficio, fue necesario utilizar la fórmula para poblaciones finitas cualitativas con 9.5% de error y con alto grado de nivel de confianza del 90%, para cuantificación de muestra finita cualitativa, para determinar la población del efecto, por ser población de 95 productores propietarios de beneficios de secado, se obtuvo la muestra de 42 productores propietarios de beneficios de secado que fueron encuestados.

En el caso de la causa por ser una población de 5 técnicos de instituciones vinculantes en el tema, no fue necesario utilizar la fórmula para poblaciones, para cuantificación de población finita cualitativa, ya que la población es menor a 35 personas.

Se realizaron dos encuestas una para efecto dirigida a productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), propietarios de beneficios de secado y otra para causa dirigida a los cinco técnicos de instituciones vinculantes en el tema, estas encuestas con preguntas que conllevan a la verificación de las condiciones en que se encuentra la causa y el efecto y así comprobar la hipótesis planteada.

La técnica del censo se utilizó con población en estudio referente a la causa, por ser población de 5 técnicos y por ser poblaciones menores a treinta y cinco personas, se aplicó censo y así ser lo más acertados posibles en los resultados.

Luego se procedieron a realizar análisis de la relación que se tiene entre los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado, pero aunado a ello también la falta de capacitación y de un compromiso de cada productor propietario de beneficio por la ejecución o implementación de dicha alternativa.

Por lo que, en ese momento, se acordó que existe un reconocimiento de los altos costos en el proceso de secado, de la dependencia de leña en el proceso de secado, de la falta en la búsqueda de alternativas, de la inexistente capacitación, así como de reconocer que puede reducir los costos y la dependencia de leña al contar con proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton). Con agrupación de estos elementos se apoya en la comprobación de la hipótesis.

El coeficiente de correlación fue importante con los datos obtenidos de los registros contables de manejo interno de cada productor propietario de beneficio de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), referente a costos del proceso de beneficiado y validado por los técnicos de instituciones vinculantes, para verificar los altos costos en el proceso de secado, así como específicamente los costos de leña para definir la dependencia de la misma en el proceso de secado, de esa manera se obtuvieron datos de los últimos cinco años; es así como al aplicar este proceso estadístico se tuvo el resultado de la relación existente entre efecto y causa.

Ecuación de la línea recta su finalidad fue graficar el comportamiento de los efectos que se han ocasionado, y pueden ocasionar con el paso del tiempo, por no contar con el proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, así poder tener idea clara de cómo seguirán los efectos al no poder resolver la problemática de manera inmediata y en el futuro.

Además, esta técnica también permitió hacer un análisis acorde a lo esperado en el tiempo futuro según la propuesta de solución con tres resultados claros definidos en el marco lógico, lo que lleva a tener una gráfica de cómo serían las condiciones de los productores propietarios de beneficios de secado durante y al final de la intervención de la propuesta de solución.

A manera de comentario, según los resultados obtenidos anteriormente se deduce que la correlación obtenida es positiva, lo que muestra el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas [X, Y] con bastante fuerza en relación al valor +1. Indica que en el paso de los años se da el incremento a los costos en proceso de secado del producto de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en beneficio en Chahal, Alta Verapaz.

Así mismo, en la regresión lineal, los resultados muestran según la gráfica anterior, que, de no ejecutarse el proyecto, en los siguientes cinco años se continuara con el incremento de los costos en el proceso de secado del producto, además de incremento anual [línea azul]. Caso contrario que al ejecutarse el proyecto en los siguientes cinco años se espera la reducción al quinto año del 80% en los costos de secado del producto, Chahal, Alta Verapaz, [línea naranja].

A continuación, se presentan conclusiones y recomendaciones de encuestas realizadas a productores y personal técnico de instituciones vinculantes al tema sobre la “dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

Se comprueba la hipótesis: “Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa”, se tienen altos costos en el proceso de secado; el costo de leña es la causa principal de los altos costos en el proceso de secado del producto; no se han buscado alternativas para reducir los costos en el proceso de secado del producto; se carece de diseño de fabricación de maquinaria alternativa para el proceso de secado.

Entre las recomendaciones importantes se tiene: Implementar la propuesta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz. Aplicar alternativas para el secado, para reducir los costos. Reducir la utilización de leña en el proceso de secado del producto; proporcionar un sistema de divulgación de la eficiencia de maquinaria alternativa para el proceso de secado.

Por último, se presenta una propuesta de solución a la problemática de la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, para evitar los altos costos en el proceso de secado, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; debido a la falta de un proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa, con lo que se pretende presentar un proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar.

Se tiene como objetivo general reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz y objetivo específico evitar la dependencia de leña para proceso de secado.

En el resultado 1 se tiene como unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal” que apoyara a los productores de cardamomo, que será la responsable de velar por el cumplimiento de las normas, reglamentos y lo metodológico en lo administrativo, financiero y técnico a raíz de la implementación de una nueva modalidad de secado en la que se tiene la necesidad de fortalecer los aspectos técnicos y capacitación por técnicos especialistas en el beneficiado.

Se resalta la importancia de solicitar al señor alcalde del municipio de Chahal, del departamento de Alta Verapaz, por los productores de cardamomo para que sea la

unidad ejecutora la Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal y que reciba el apoyo. Se realizará reunión de los productores que poseen secadora para resaltar la importancia de la implementación del proyecto del diseño y construcción de una máquina para secado solar de cardamomo para reducir los costos del secado con leña. Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con los productores, asociados y autoridades.

Se socializará al personal seleccionado por los productores para solicitarles las ideas que tienen sobre los procesos del secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) para ver las fortalezas y debilidades del proceso de secado en leña y ver sus puntos de vista con la nueva implementación del diseño de una máquina secadora solar de cardamomo como una alternativa de solución.

La presentación del proyecto del diseño de la máquina para secado solar a los asociados y personal municipal. Se realizará una charla para la exposición del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), con el fin de describir en que consiste dicha máquina, los materiales y los pasos que se necesitan para su construcción, con el objetivo de su aprobación.

Una reunión de trabajo con personal municipal, asociados y dueño de una empresa de fabricación de secadoras para socializar la construcción de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton). Apartir del diseño elaborado que será de importancia para dicho proyecto.

En el Resultado No. 2 se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado. Este proyecto consistirá en un modelo de secado innovador que permita que los productores de cardamomo

de Chahal, Alta Verapaz. puedan tener una alternativa para reducir los costos de secado con leña, por una alternativa como la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), presentándose los pasos necesarios para la presentación de un diseño y fabricación de dicha máquina.

Una investigación bibliográfica para estudiar, analizar respecto al secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Matón). Tradicional y el alternativa de secado solar a través de una máquina para secado solar. La recolección de documentación bibliográfica se hace necesaria, para investigar contenidos sobre elementos importantes por el diseño y construcción de una máquina para secado solar que permita poder hacer un ensayo y luego masificar dichos proyectos con los demás productores.

La elaboración de formatos que servirá para el mejor control de los procesos, actividades y uso de los recursos para el mantenimiento, aseo, limpieza y orden de las instalaciones donde estará la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Matón) con el objetivo de llevar un control eficiente y facilitar los procesos técnicos y operativos de los colaboradores y reducir los costos de secado de dicho cultivo.

El diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado. Se elaborará un diseño para la fabricación de una máquina para secado solar con el fin de colaborar y beneficiar a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal, Alta Verapaz, en la reducción de costos y la protección del medio ambiente en el consumo de la leña en los beneficios que se tienen en la actualidad.

A los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se les presentará el diseño para la fabricación de una máquina solar para secado de

cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), los beneficios y ventajas que tendrán, como alternativa de solución a la problemática de los altos costos del consumo de leña en el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

En el resultado 3 se dispondrá de un programa de capacitación a los productores. Se contará con programa de capacitación para los productores, consiste en una serie de reuniones, talleres o capacitaciones con ello y el personal operativo de un beneficio con los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), del municipio de Chaha, Alta Verapaz y con temas de concientización, capacitación de la importancia de la implementación del proyecto del diseño y construcción de una máquina para el secado solar.

Sera necesario la realización de un taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) así mismo un taller demostrativo de la importancia y utilidad de la implementación de la máquina para secado solar de cardamomo, en cuanto al flujograma, de las actividades con los trabajadores que laboran en los beneficios de los productores y el mantenimiento de una máquina para el secado solar y medidas de seguridad, y prevención en el beneficio.

En el segundo taller se socializarán instrumentos y formatos para el buen manejo práctico del control de ingreso y egreso de los costales con el producto de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en cereza y pergamino, se mantiene la calidad y conservación del mismo, por los encargados de beneficios.

Con el fin de mantener y realimentar las buenas prácticas de los procedimientos en el uso de la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se estará realizado una capacitación, taller o seminario según sea las necesidades que se presente cada año, por ejemplo: nuevo personal, nuevos instrumentos, actualizaciones de temáticas industriales, administrativos, etc.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se presentan conclusiones y recomendaciones de encuestas realizadas a propietario y personal técnico sobre la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.

### **II.1. Conclusión**

- Se comprueba la hipótesis: “Los altos costos en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz, en los últimos 5 años por la dependencia de leña; es debido a la falta de proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa”. Con 90% de nivel de confianza y 9.5 error de muestreo.

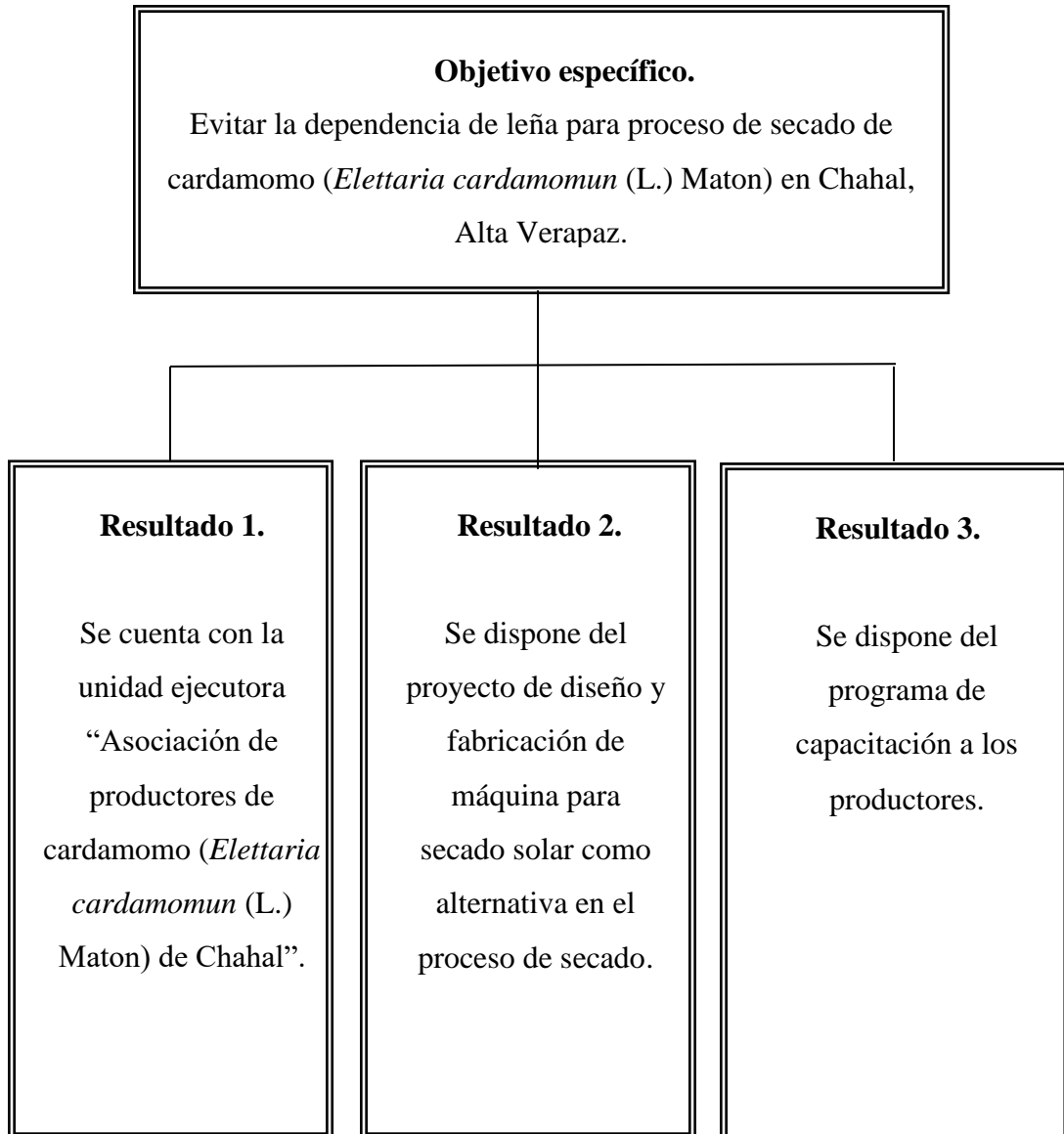
### **II.2. Recomendación**

- Implementar la propuesta de Proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.



## ANEXOS

### Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática.



**Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal”.**

Se tiene como unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal” que apoyara a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), que será la responsable de velar por el cumplimiento de las normas, reglamentos y lo metodológico en lo administrativo, financiero y técnico a raíz de la implementación de una nueva modalidad de secado, en la que se tiene la necesidad de fortalecer los aspectos técnicos y capacitación por técnicos especialistas con el beneficiado.

**Actividad 1. Reunión de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) que poseen secadora.**

Se realizará reunión con la presencia de todos los productores que posean beneficio de secado; para resaltar la importancia de la implementación del proyecto del diseño y construcción de una máquina para secado solar de cardamomo para reducir los costos del secado con la leña.

**Actividad 2. Reunión de trabajo de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y abogado para creación de Asociación.**

Una reunión de trabajo de los productores con el abogado para crear la Asociación para oficializar el apoyo en la creación de la Asociación de productores del municipio y con ello buscar el apoyo de la autoridad municipal y otras entidades en temas de administración, asistencia técnica y acompañamiento del diseño y construcción de la máquina para secado solar y apoyar a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal.

**Actividad 3. Presentación del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Una reunión con los asociados para dar los lineamientos para realizar el diseño para la construcción de la máquina para el secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y los elementos que se puedan necesitar para ser tomados en la implementación de dicho proyecto.

**Actividad 4. Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con asociados, autoridades y productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Se socializará al personal seleccionado por los socios directivos para solicitarles las ideas que tiene sobre los procesos del secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) para ver las fortalezas y debilidades del proceso de secado con leña y ver sus puntos de vista con la nueva implementación del diseño de una máquina secadora solar como una alternativa de solución.

**Actividad 5. Se presentará el proyecto del diseño de la máquina para secado solar a los miembros de la asociación de productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y personal municipal.**

Se realizará charla para la exposición del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), con el fin de describir en que consiste dicha máquina, los materiales y pasos que se necesitan para su construcción, con el objetivo de su aprobación.

**Actividad 6. Reunión de trabajo con personal municipal, asociados y dueño de empresa de fabricación de secadoras socializar la construcción de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), a partir del diseño elaborado.**

Se tendrá una reunión de trabajo con personal municipal, asociados y el dueño de

una empresa de fabricación de secadoras para informarles sobre el diseño de la construcción de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) para la masificación de este tipo de máquinas con los demás productores de Chahal, Alta Verapaz.

**Actividad 7. Elaboración de formularios: adecuados para mejorar los controles de entradas y salidas en el beneficio de los productos de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) cereza y pergamino.**

Debido a la importancia de la implementación de un nuevo sistema de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se elaborarán formularios para mejorar los controles de entrada y salida de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del beneficio con el fin de tener un buen control de calidad.

**Resultado 2. Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.**

Este proyecto consistirá en un modelo de secado innovador que permita que los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal, Alta Verapaz, puedan tener una alternativa para reducir los costos de secado en leña, por un alternativa como la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), presentándose los pasos necesarios para la presentación de un diseño y fabricación de dicha máquina.

**Actividad 1. Análisis y diseño de procedimientos de las actividades que se realizan para la implementación del proyecto de máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Se realizará análisis de los procedimientos de las actividades que se ejecutan con el fin de delimitar cada una de las acciones, para ver las fortalezas y debilidades de los mismos.

**Actividad 2. Recolección de la Información bibliográfica para estudiar, analizar respecto al secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Matón). Tradicional y alternativo de secado solar a través de una máquina para secado solar.**

La recolección de documentación bibliográfica se hace necesaria, para investigar contenidos sobre elementos importantes por el diseño y construcción de una máquina para secado solar que permita poder hacer un ensayo y luego masificar dichos proyectos con los demás productores.

**Actividad 3. Enlistar y describir las piezas que debe de llevar una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton)**

Es de importancia enlistar y describir cada una de las piezas que llevará la máquina para el secado solar, para poder determinar su utilidad y donde se podrían comprar para realizar cotizaciones de los precios en el mercado.

**Actividad 4. Formatos para el control de los procesos, actividades de acuerdo a la implementación de una máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), en un beneficio.**

La elaboración de formatos que servirá para el mejor control de los procesos, actividades y el uso de los recursos para el mantenimiento, aseo, limpieza y orden de las instalaciones donde estará la máquina para el secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Matón) con el objetivo de llevar un control eficiente y facilitar los procesos técnicos y operativos de los colaboradores y reducir los costos del secado de dicho cultivo.

**Actividad 5. Elaboración del diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.**

Se elaborará un diseño para la fabricación de una máquina para secado solar con el fin de colaborar y beneficiar a los productores de cardamomo (*Elettaria*

*cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chaha, Alta Verapaz, en la reducción de costos y la protección del medio ambiente en el consumo de la leña en los beneficios que se tienen en la actualidad.

**Actividad 6. Presentación del diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado a los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de Chahal, Alta Verapaz.**

A los productores de cardamomo se les presentará el diseño para la fabricación de una máquina solar para secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), los beneficios y ventajas que tendrán, es alternativa de solución a la problemática de los altos costos del consumo de leña en el secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

**6.1 Diseño y construcción de máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria Cardamomun* (L.) Maton).**

**6.1.1 Colector o calentador solar**

El equipo solar funcionara las 24 horas, se utilizarán 2 colectores o calentadores solar de 300 lts en circuito cerrado, para aprovechar la mayor cantidad de radiación y tener una buena temperatura en el serpentín del radiador, cada colector va tener un termo tanque donde se almacenara el agua caliente, también se utilizarán unas resistencias para calentar el agua si se llegara a enfriar.

**6.1.2 Calentador de gas**

Se utilizará un calentador de gas para respaldo si se descarga la batería o en días muy lluviosas, la cual se considera que va ser muy eventual, esto calentará el agua del mismo circuito que circulará en el radiador que se va utilizar para el secado del grano.

### **6.1.3 Placa solar de 330W**

Se instalará 2 paneles fotovoltaicos de 330W para cargar el banco de baterías y alimentar eléctricamente el motor de ventilador, bomba de agua y las resistencias.

### **6.1.4 Banco de baterías de 800Ah**

Se instalarán 4 baterías de 200Ah para alimentar los equipos eléctricos del sistema de secado.

### **6.1.5 Ventilador**

Se utilizará un ventilador eléctrico con su respectivo radiador, la cual servirá para enviar el aire caliente hacia el grano a secar, el radiador se utilizará para aprovechar la mayor cantidad de calor almacenado en el serpentín.

### **6.1.6 Depósito o pila para secado**

Se usará una pila cuadrada de 2 mts de largo por 1.50 de ancho, altura de 1.30 Mts para un secado de 20 quintales.

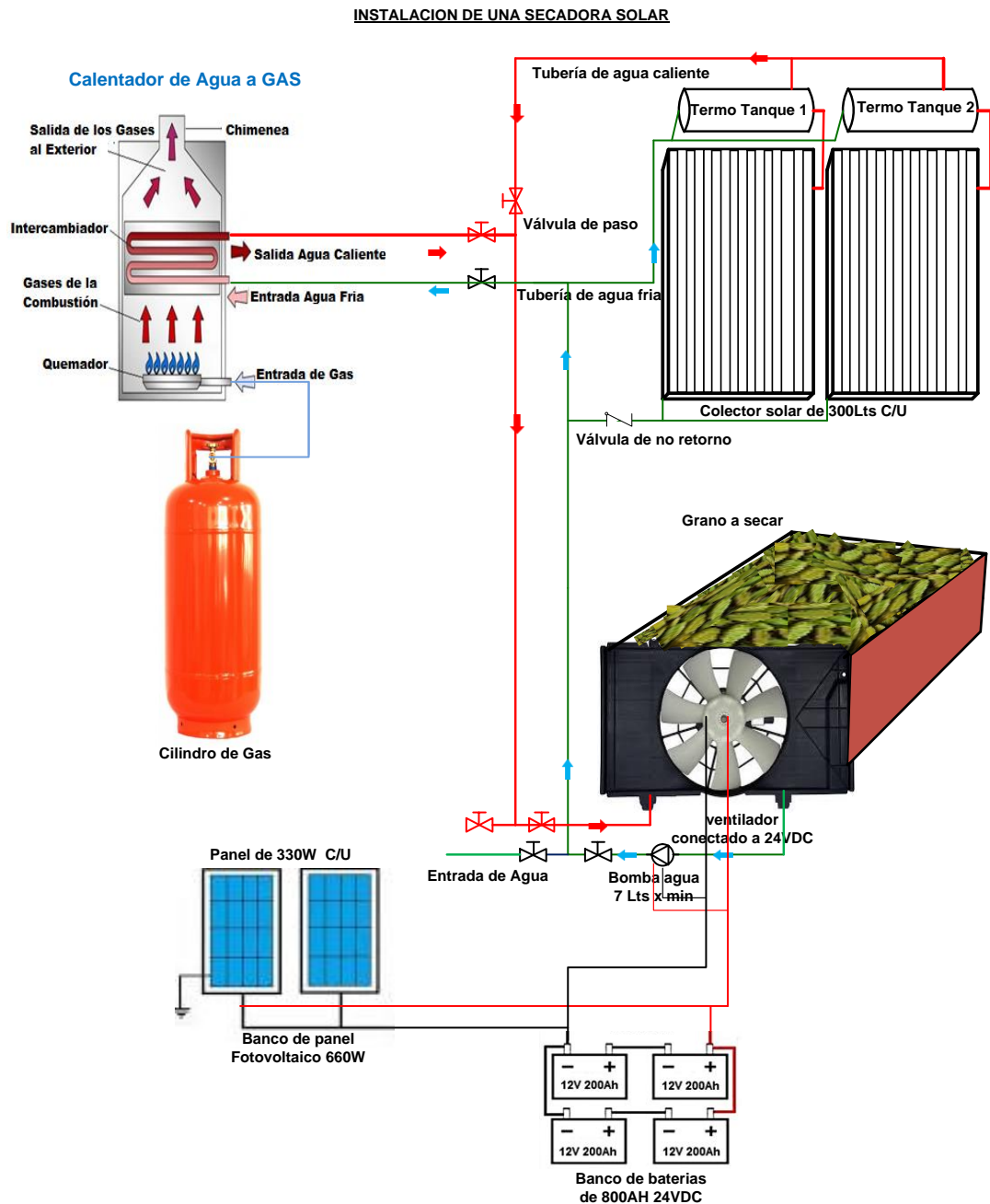
## **6.2 Construcción de las máquinas para secado solar.**

Se construirán las máquinas para el secado solar para cada uno de los productores que lo soliciten, de acuerdo a sus capacidades económicas.

## **6.3 Instalación de las máquinas para el secado solar en los beneficios de los productores.**

Se iniciará la instalación de las máquinas para el secado solar en cada uno de ellos beneficios de los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal, Alta Verapaz.

## 6.4 Instalación de una máquina solar



Fuente: Yaxcal Ax, L., abril de 2020.



**Resultado 3. Se dispone del programa de capacitación a los productores.**

Se contará con programa de capacitación para los productores, que consiste en una serie de reuniones, talleres o capacitaciones con ello y el personal operativo de un beneficio con los productores de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) del municipio de Chahal. Alta Verapaz, con temas de concientización, capacitación de la importancia de la implementación del proyecto del diseño y construcción de una máquina para el secado solar.

**Actividad 1. Reunión para crear programa de capacitaciones.**

Se tendrá una reunión de trabajo con los distintos empleados que estarán en los beneficios de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) encargado para socializar las actividades de capacitaciones y talleres o visitas demostrativas para la mejora continua, se toma en cuenta la implementación de la máquina de secado solar del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

**Actividad 2. Seleccionar y visitar un beneficio de uno de los productores para ejecutar el primer ensayo de la implementación de una máquina para secado solar del cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

En esta actividad se pretende seleccionar un lugar de los productores para poder implementar el proyecto del diseño y construcción de una máquina para secado solar que sea un plan piloto y realizar una evaluación previa a la masificación de la utilidad de esta máquina con los demás productos de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).

**Actividad 3. Capacitación y simulacro de las actividades que se encuentran que se deben realizar con el uso de la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Se dará la capacitación necesaria a los encargados, de los beneficios propuestos por los productores, con el objetivo de familiarizarlos con el nuevo sistema de la

máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) de las técnicas e instrumentos que se tendrán que utilizar y que pueda hacer eficiente el uso de esta máquina, para reducir los costos de mantenimiento del beneficiado.

**Actividad 4. Taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton).**

Se hará un taller demostrativo de la importancia y utilidad de la implementación de la máquina para secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton), en cuanto al flujograma, de las actividades con los trabajadores que laboran en los beneficios de los productores.

**Actividad 5. Taller sobre el mantenimiento de una máquina para el secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) y medidas de seguridad y prevención en el beneficio.**

En el segundo taller se socializará instrumentos y formatos para el buen manejo práctico del control de ingreso y egreso de los costales con el producto de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) en cereza y pergamino, que mantenga la calidad y conservación del mismo, por los encargados de beneficios.

**Actividad 6. Capacitaciones y talleres de realimentación sobre el uso de una máquina para secado solar de cardamomo a los productores y empleados.**

Con el fin de mantener y realimentar las buenas prácticas de los procedimientos en el uso de la máquina para el secado solar de cardamomo (*Elettaria cardamomun* (L.) Maton) se estará realizando una capacitación, taller o seminario según sea las necesidades que se presente cada año, por ejemplo: nuevo personal, nuevos instrumentos, actualizaciones de temáticas industriales, administrativos, etc.

**Programa de capacitación:**

Se tendrá un programa de capacitación para el personal operativo de los productores de cardamomo (*Elettaria Cardamomun* (L.) Maton).

| No. | TEMAS  | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1   | Característica de un grano de cardamomo cereza u pergamino.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2   | Proceso de secado del cardamomo ( <i>Elettaria Cardamomun</i> (L.) Maton).o tradicional                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3   | Proceso de secado de cardamomo ( <i>Elettaria Cardamomun</i> (L.) Maton) con una máquina de secado solar.            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4   | Selección y clasificación del grano de cardamomo ( <i>Elettaria Cardamomun</i> (L.) Maton) posterior al beneficiado. |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5   | Mantenimiento y reparación de máquinas de secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria Cardamomun</i> (L.)               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   | Maton).   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Mantenimiento,<br>Higiene y Seguridad<br>Industrial del beneficio.                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Taller de Motivación y<br>liderazgo comunitario.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Taller de Planificación,<br>administración y de<br>mercadeo nacional e<br>internacional |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020.

## Anexo 2. Matriz de la Estructura Lógica

| COMPONENTES  | INDICADORES   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | SUPUESTOS  |
|--|---|--|--|
| <p><b>Objetivo general:</b><br/>Reducir los costos en el proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p>              | <p>Al quinto año de la implementación del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, se reducen los costos en el proceso de secado en un 80%.</p> | <p>Controles internos de costos, Estados de cuenta bancarios, Encuestas, Fotografías, Entrevistas, Actas, Informes.</p>  | <p>Los productores contribuyen con la implementación de controles para costos, apertura de cuentas, elaboración de informes y actas para reducir los costos.</p> |
| <p><b>Objetivo específico:</b><br/>Evitar la dependencia de leña para proceso de secado de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) en Chahal, Alta Verapaz.</p> | <p>A partir del segundo año de la implementación del proyecto de diseño y fabricación de maquinaria para secado solar, se evita la dependencia de leña en un 95%.</p> | <p>Controles de compra de leña, Reporte de actividades de técnicos y operativos, Entrevistas, Encuestas, Fotografías</p> | <p>Los productores adoptan el proyecto de diseño y fabricación de máquina solar como alternativa en el proceso de secado.</p>                                    |
| <p><b>Resultado 1</b><br/>Se cuenta con la unidad ejecutora</p>  |   |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <p>“Asociación de productores de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) de Chahal”.</p>  |  |  |  |
| <p><b>Resultado 2</b><br/>Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.</p> |  |  |  |
| <p><b>Resultado 3</b><br/>Se dispone del programa de capacitación a los productores.</p>   |  |  |  |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020.

### Anexo 3. Ajuste Costos y Tiempos del resultado

| No.      | Resultado y actividades  | Insumos requeridos                         |                       |          |   |
|----------|--|--|-----------------------|----------|---|
|          |  | Número y descripción de los insumos.       | Precio unitario<br>Q. | Total Q. | Tiempo  |
| <b>1</b> | <b>Se cuenta con la unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) de Chahal”.</b>  |  |                       |          |   |
| 1.1      | Reunión de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) que poseen secadora.   | 10 Hojas de papel bond                     | Q 0. 10               | Q 1.00   | Al quinto año de la implementación del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar, se reducen los costos en el proceso de secado en un 80% |
|          |  | 1 Alquiler de computadora e impresora      | Q 5.00                | Q 5.00   |   |
| 1.2      | Reunión de trabajo de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y abogado para creación de Asociación.  | 8 invitaciones                             | Q 5.00                | Q 40.00  |   |
|          |  | 8 almuerzos y refacciones en restaurante   | Q 30.00               | Q 240.00 |   |
|          |  | Alquiler de cañonera y equipó de computo   | Q 200.00              | Q 200.00 |   |
| 1.3      | Presentación del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).  | 12 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 30.00               | Q 360.00 |   |
|          |  | 1 alquiler de cañonera y equipo de computo | Q 200.00              | Q 200.00 |   |
|          |  | 12 trifoliales guías de temática.          | Q 1.00                | Q 12.00  |   |
| 1.4      | Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con productores, autoridades y asociados   | 10 refacciones                             | Q 10.00               | Q 100.00 |   |
|          |  | 1 alquiler de cámara fotográfica           | Q 25.00               | Q 25.00  |   |
| 1.5      | Se presentará el proyecto del diseño de la máquina para el secado solar a los representantes de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y personal municipal. | 10 almuerzo                                | Q 30.00               | Q 300.00 |   |
|          |  | 1 Equipo de cómputo y impresora            | Q 200.00              | Q 200.00 |   |
|          |  | 12 trifoliales guías de temática.          | Q 1.00                | Q 12.00  |   |

|     |   |                                  |          |          |   |
|-----|---|----------------------------------|----------|----------|---|
| 1.6 | Reunión de trabajo con personal municipal, asociados y dueño de una empresa de fabricación de secadoras para socializar la construcción de una máquina para secado solar.                 | 100 Hojas de papel bond          | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Equipo de cómputo y impresora  | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |   | 1 Trabajo de gabinete            | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
|     |   | 10 almuerzo                      | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
|     |   | Trabajo de gabinete              | 100.00   | 100.00   |   |
| 1.7 | Elaboración de formularios para mejorar los controles de entradas y salidas en el beneficio de los productos de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) cereza y pergamino.   | 100 Hojas de papel bond          | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Equipo de cómputo y impresora  | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |   | 1 Trabajo de gabinete            | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2   | <b>Resultado No. 2 Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.</b>   |                                  |          |          |   |
| 2.1 | Análisis y diseño de procedimientos de actividades que se realizan en la implementación del proyecto de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón). | 1 Trabajo de campo               | Q 100.00 | Q 100.00 | En los primeros seis meses se cuenta diseño y fabricación de máquina para secado solar, se inicia su aplicación, para el personal de los productores de cardamomo <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón). de Chahal A.V. |
|     |   | 1 Alquiler de cámara fotográfica | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |   | 100 Hojas de papel bond          | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Equipo de cómputo e impresora  | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |   | 1 Trabajo de gabinete            | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2.2 | Recolección de Información bibliográfica estudiar, analizar al secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón). tradicional   | 1 Trabajo de campo               | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |   | 1 equipo de cómputo e impresora  | Q 50.00  | Q 50.00  |   |
|     |   | 1 trabajo de gabinete            | Q 100.00 | Q 100.00 |   |



|          |  |   |           |          |   |
|----------|--|---|-----------|----------|---|
|          | y el alternativo de secado solar a través de máquina solar.  |   |           |          |   |
| 2.3      | Enlistar y describir las piezas que debe de llevar una máquina para secado solar.  | 100 Hojas de papel bond                       | Q 0.10    | Q 10.00  |   |
|          |  | 1 Equipo de cómputo e impresora               | Q 25.00   | Q 25.00  |   |
|          |  | 1 Trabajo de gabinete                         | Q 100.00  | Q 100.00 |   |
| 2.4      | Elaboración de formatos para control de procesos, actividades de acuerdo a la implementación de una máquina para el secado solar.            | 2 Resmas de papel bond                        | Q 30.00   | Q 60.00  |   |
|          |  | 1 Equipo de cómputo e impresora               | Q 25.00   | Q 25.00  |   |
|          |  | 1 Trabajo de gabinete                         | Q 100.00  | Q 500.00 |   |
|          |  | 1. Trabajo de campo Calculo numérico          | Q 50.00   | Q 400.00 |   |
| 2.5      | Elaboración del diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.                                  | Papel para elaborar el diseño                 | Q 200.00  | Q 200.00 |   |
|          |  | 1 Trabajo de Campo                            | Q 50.00   | Q 50.00  |   |
|          |  | 1 Trabajo de gabinete con programa de AutoCAD | Q 500.00  | Q 500.00 |   |
| 2.6      | Presentación del diseño y fabricación de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón) a los productores. | 10 almuerzos                                  | Q 30 0.00 | Q 300.00 |   |
|          |  | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera.      | Q 200.00  | Q 200.00 |   |
|          |  | 10 Trifoliales                                | Q 1.00    | Q 10.00  |   |
| <b>3</b> | <b>Resultado 3. Se dispone del programa de capacitación a los productores.</b>   |   |           |          |   |
| 3.1      | Reunión para crear programa de capacitaciones.   | 10 almuerzos y refacciones en restaurante     | Q 30.00   | Q 300.00 | En el primer año se tiene a los productores con las capacidades para la realización de las diversas actividades que conlleva la |
|          |  | 1 alquiler de cañonera y equipo de computo    | Q 200.00  | Q 200.00 |   |
|          |  | 10 trifoliales guías de temática.             | Q 1.00    | Q 10.00  |   |
| 3.2      | Visita a beneficio de un productor   | 1 Trabajo de campo                            | Q 100.00  | Q 100.00 |   |

|     |   |  |          |          |   |
|-----|---|--|----------|----------|---|
|     | para ejecutar primer ensayo de implementación de una máquina para secado solar.   | 1 Alquiler de cámara fotográfica   | Q 25.00  | Q 25.00  | implementación de una máquina para secado solar del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) |
|     |   | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Equipo de cómputo e impresora  | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |   | 10 refacciones   | Q 10.00  | Q 100.00 |   |
| 3.3 | Capacitación y simulacro de las actividades que se encuentran que se deben realizar con el uso de la máquina para secado solar. | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                   | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
|     |   | 10 almuerzos y refacciones   | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
|     |   | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera  | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |   | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólder, marcadores). | Q 20.00  | Q 200.00 |   |
| 3.4 | Taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar.   | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                   | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
|     |   | 10 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
|     |   | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |   | 1 Alquiler Equipo de cómputo e impresora   | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |   | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólder, marcadores). | Q 10.00  | Q 100.00 |   |
| 3.5 | Taller sobre el mantenimiento de la máquina para secado solar y medidas de seguridad y prevención en el                         | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                   | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
|     |   | 10 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 30.00  | Q 300.00 |   |

|     |   |  |          |          |  |
|-----|---|--|----------|----------|--|
|     | beneficio.  | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |  |
|     |   | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera  | Q 200.00 | Q 200.00 |  |
|     |   | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólder, marcadores). | Q 10.00  | Q 100.00 |  |
| 3.6 | Capacitaciones y talleres de realimentación sobre el uso de una máquina para el secado solar en el beneficiado a productores y empleados. | 3 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                   | Q 100.00 | Q 300.00 |  |
|     |   | 30 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 20.00  | Q 600.00 |  |
|     |   | 300 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 30.00  |  |
|     |   | 3 Alquiler Equipo de cómputo e impresora   | Q 200.00 | Q 600.00 |  |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020.

#### Anexo 4. Plan de Trabajo

| No. | Componente  | Actividad  | Año 1    |   | Año 2    |   | Año 3    |   |
|-----|---|--|----------|---|----------|---|----------|---|
|     |   |  | Semestre |   | Semestre |   | Semestre |   |
|     |   |  | 1        | 2 | 1        | 2 | 1        | 2 |
| 1   | Se cuenta con la unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (Elettaria cardamomun (L.) Maton) de Chahal”. | 1.1 Reunión de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) que poseen secadora.   |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.2 Reunión de trabajo de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y abogado para creación de Asociación.  |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.3 Presentación del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).  |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.4 Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con productores, autoridades y asociados   |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.5 Se presentará el proyecto del diseño de la máquina para el secado solar a los representantes de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y personal municipal. |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.6 Reunión de trabajo con personal municipal y asociados y dueño de una empresa de fabricación de secadoras para socializar la construcción de una máquina para secado solar.               |          |   |          |   |          |   |
|     |   | 1.7 Elaboración de formularios para mejorar los controles de entradas y salidas en el beneficio de los   |          |   |          |   |          |   |

|   |  |   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
|   |  | productos de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) cereza y pergamino.  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | <b>Resultado No. 2 Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado</b> | 2.1 Análisis y diseño de procedimientos de actividades que se realizan en la implementación del proyecto de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón)                          |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 2.2 Recolección de Información bibliográfica estudiar, analizar al secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón). tradicional y el alternativo de secado solar a través de máquina para secado solar. |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 2.3 Enlistar y describir las piezas que debe de llevar una máquina para secado solar.   |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 2.4 Elaboración de formatos para control de procesos, actividades de acuerdo a la implementación de una máquina para secado solar.  |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 2.5 Elaboración del diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.   |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 2.6 Presentación del diseño y fabricación de máquina de secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón) a los productores.  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | <b>Resultado 3. Se dispone del programa de capacitación a los productores.</b>   | 3.1 Reunión para crear programa de capacitaciones.  |  |  |  |  |  |  |
|   |  | 3.2 Visita a beneficio de un productor para ejecutar primer ensayo de implementación de una máquina para secado solar. .  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  | 3.3 Capacitación y simulacro de las actividades que se encuentran que se deben realizar con el uso de la máquina para secado solar.        |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 3.4 Taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar..   |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 3.5 Taller sobre el mantenimiento de la máquina de para secado sola y medidas de seguridad y prevención en el beneficio.                   |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 3.6 Capacitaciones y talleres de realimentación sobre el uso de una máquina para secado solar en el beneficiado a productores y empleados. |  |  |  |  |  |  |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020.

## Anexo 5. Presupuesto

| No.      | Componente  | Actividades  | Descripción de los insumos   | Costo Unitario                | Total                           | Producto final  |
|----------|---|--|--|-------------------------------|---------------------------------|---|
| <b>1</b> | <b>Se cuenta con la unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo (<i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) de Chahal”.</b> |  |  |                               |                                 |   |
| 1.1      |   | Reunión de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) que poseen secadora.                                     | 10 Hojas de papel bond<br>1 Alquiler de computadora e impresora  | Q 0.10<br>Q 5.00              | Q 1.00<br>Q 5.00                | Listado de participantes y acta de integrantes de asociación  |
| 1.2      |   | Reunión de trabajo de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y abogado para creación de Asociación.        | 8 invitaciones<br>8 almuerzos y refacciones en restaurante<br>Alquiler de cañonera y equipó de computo                       | Q 5.00<br>Q 30.00<br>Q 200.00 | Q 40.00<br>Q 240.00<br>Q 200.00 | Firma de participación en asociación y elección de junta directiva.   |
| 1.3      |   | Presentación del proyecto del diseño de una máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton).          | 12 almuerzos y refacciones en restaurante<br>1 alquiler de cañonera y equipo de computo<br>12 trifoliales guías de temática. | Q 30.00<br>Q 200.00<br>Q 1.00 | Q 360.00<br>Q 200.00<br>Q 12.00 | Se realiza una presentación del anteproyecto del diseño de una máquina secadora solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton). |
| 1.4      |   | Socializar las acciones a implementar del proyecto de diseño de una máquina para secado solar con productores, autoridades y asociados | 10 refacciones<br>1 Alquiler de cámara fotográfica   | Q 10.00<br>Q 25.00            | Q 100.00<br>Q 25.00             | Se socializa las acciones a implementar del proyecto al personal seleccionado por la unidad ejecutora.  |
| 1.5      |   | Se presentará el proyecto del  | 10 almuerzo  | Q 30.00                       | Q 300.00                        | Se presenta el proyecto del   |

|     |  |   |                                   |          |          |   |
|-----|--|---|-----------------------------------|----------|----------|---|
|     |  | diseño de la máquina para el secado solar a los representantes de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) y personal municipal.                              | 1 Equipo de cómputo y impresora   | Q 200.00 | Q 200.00 | diseño para la construcción de la maquina secadora solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) para su aprobación  |
|     |  |   | 12 trifoliales guías de temática. | Q 1.00   | Q 12.00  |   |
| 1.6 |  | Reunión de trabajo con personal municipal y asociados y dueño de una empresa de fabricación de secadoras para socializar la construcción de una máquina para secado solar.              | 100 Hojas de papel bond           | Q 0.10   | Q 10.00  | Reunión de trabajo con una empresa de fabricación de secadoras para intercambiar información sobre el diseño del proyecto para la factibilidad y viabilidad de la maquina secadora solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) |
|     |  |   | 1 Equipo de cómputo e impresora   | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |  |   | 1 Trabajo de gabinete             | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
|     |  |   | 10 almuerzo                       | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
| 1.7 |  | Elaboración de formularios para mejorar los controles de entradas y salidas en el beneficio de los productos de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) cereza y pergamino. | 100 Hojas de papel bond           | Q 0.10   | Q 10.00  | Se tienen elaborado formularios de entrada y salidas las instalaciones del beneficio.   |
|     |  |   | 1 Equipo de cómputo e impresora   | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |  |   | 1 Trabajo de gabinete             | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2   | <b>Resultado No. 2 Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado</b> |   |                                   |          |          |   |
| 2.1 |  | Análisis y diseño de procedimientos de actividades que se realizan  | 1 Trabajo de campo                | Q 100.00 | Q 100.00 | Se tiene elaborado un análisis y diseño de procedimientos   |
|     |  |   | 1 Alquiler de cámara fotográfica  | Q 25.00  | Q 25.00  |   |



|     |  |   |                                      |          |          |   |
|-----|--|---|--------------------------------------|----------|----------|---|
|     |  | en la implementación del proyecto de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón).  | 100 Hojas de papel bond              | Q 0.10   | Q 10.00  | de actividades para la implementación del proyecto. |
|     |  |   | 1 Equipo de cómputo e impresora      | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |  |   | 1 Trabajo de gabinete                | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2.2 |  | Recolección de Información bibliográfica estudiar, analizar al secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón). tradicional y el alternativo de secado solar a través de máquina solar. | 1 Trabajo de campo                   | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |  |   | 1 equipo de cómputo e impresora      | Q 50.00  | Q 50.00  |   |
|     |  |   | 1 trabajo de gabinete                | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2.3 |  | Enlistar y describir las piezas que debe de llevar una máquina para secado solar.   | 100 Hojas de papel bond              | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |  |   | 1 Equipo de cómputo y impresora      | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |  |   | 1 Trabajo de gabinete                | Q 100.00 | Q 100.00 |   |
| 2.4 |  | Elaboración de formatos para control de procesos, actividades de acuerdo a la implementación de una máquina para secado solar.  | 2 Resmas de papel bond               | Q 30.00  | Q 60.00  |   |
|     |  |   | 1 Equipo de cómputo e impresora      | Q 25.00  | Q 25.00  |   |
|     |  |   | 1 Trabajo de gabinete                | Q 100.00 | Q 500.00 |   |
|     |  |   | 1. Trabajo de campo Calculo numérico | Q 50.00  | Q 400.00 |   |
| 2.5 |  | Elaboración del diseño y  | Papel para elaborar el diseño        | Q 200.00 | Q 200.00 |   |

|          |  |  |  |           |          |  |
|----------|--|--|--|-----------|----------|--|
|          |  | fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado  | 1 Trabajo de Campo                                   | Q 50.00   | Q 50.00  |  |
|          |  |  | 1 Trabajo de gabinete con programa de AutoCAD        | Q 500.00  | Q 500.00 |  |
| 2.6      |  | Presentación del diseño y fabricación de máquina para secado solar de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón) a los productores. | 10 almuerzos   | Q 30 0.00 | Q 300.00 |  |
|          |  |  | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera.             | Q 200.00  | Q 200.00 |  |
|          |  |  | 10 Trifoliales                                       | Q 1.00    | Q 10.00  |  |
| <b>3</b> | <b>Resultado 3. Se dispone del programa de capacitación a los productores.</b> |  |  |           |          |  |
| 3.1      |  | Reunión para crear programa de capacitaciones.   | 10 almuerzos y refacciones en restaurante            | Q 30.00   | Q 300.00 | Las personas que serán capacitadas son informadas de las acciones a implementar.       |
|          |  |  | 1 alquiler de cañonera y equipo de computo           | Q 200.00  | Q 200.00 |  |
|          |  |  | 10 trifoliales guías de temática.                    | Q 1.00    | Q 10.00  |  |
| 3.2      |  | Visita a beneficio de un productor para ejecutar primer ensayo de implementación de una máquina para secado solar.                           | 1 Trabajo de campo                                   | Q 100.00  | Q 100.00 | Se realiza el primer ensayo demostrativo de cómo funciona una máquina de secado solar. |
|          |  |  | 1 Alquiler de cámara fotográfica                     | Q 25.00   | Q 25.00  |  |
|          |  |  | 100 Hojas de papel bond                              | Q 0.10    | Q 10.00  |  |
|          |  |  | 1 Equipo de cómputo e impresora                      | Q 25.00   | Q 25.00  |  |
|          |  |  | 10 refacciones                                       | Q 10.00   | Q 100.00 |  |
| 3.3      |  | Capacitación y simulacro de las actividades que se   | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal. | Q 100.00  | Q 100.00 | Una capacitación y adiestramiento para el  |

|     |  |  |  |          |          |   |
|-----|--|--|--|----------|----------|---|
|     |  | encuentran que se deben realizar con el uso de la máquina para secado solar.                                       | 10 almuerzos y refacciones   | Q 30.00  | Q 300.00 | personal sobre el uso de una máquina de secado solar.   |
|     |  |  | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |  |  | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera  | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |  |  | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólderes, marcadores). | Q 20.00  | Q 200.00 |   |
| 3.4 |  | Taller sobre las técnicas del manejo de la máquina para secado solar.  | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                     | Q 100.00 | Q 100.00 | El personal recibe un taller práctico sobre el manejo técnico de la máquina de secado solar su funcionamiento y los tiempos que lleva el secado del cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Matón) |
|     |  |  | 10 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
|     |  |  | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |
|     |  |  | 1 Alquiler Equipo de cómputo e impresora   | Q 200.00 | Q 200.00 |   |
|     |  |  | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólderes, marcadores). | Q 10.00  | Q 100.00 |   |
| 3.5 |  | Taller sobre el mantenimiento de la máquina para secado solar y medidas de seguridad y prevención en el beneficio. | 1 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                     | Q 100.00 | Q 100.00 | Un taller sobre el mantenimiento y de medidas de seguridad y prevención en el beneficiado del cardamomo ( <i>Elettaria</i>  |
|     |  |  | 10 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 30.00  | Q 300.00 |   |
|     |  |  | 100 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 10.00  |   |

|     |  |  |  |          |          |  |
|-----|--|--|--|----------|----------|--|
|     |  |  | 1 Alquiler Equipo de cómputo y cañonera  | Q 200.00 | Q 200.00 | <i>cardamomun</i> (L.) Matón)  |
|     |  |  | 10 bolsa de útiles escolares (lapiceros, formatos de formularios, fólderes, marcadores). | Q 10.00  | Q 100.00 |  |
| 3.6 |  | Capacitaciones y talleres de realimentación sobre el uso de una máquina para secado solar en el beneficiado a productores y empleados. | 3 Trabajo de campo para adiestramiento del personal.                                     | Q 100.00 | Q 300.00 | 3 talleres de realimentación y adiestramiento par personal nuevo sobre los procesos de secado de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton). con una máquina de secado solar. |
|     |  |  | 30 almuerzos y refacciones en restaurante  | Q 20.00  | Q 600.00 |  |
|     |  |  | 300 Hojas de papel bond  | Q 0.10   | Q 30.00  |  |
|     |  |  | 3 Alquiler Equipo de cómputo e impresora   | Q 200.00 | Q 600.00 |  |

**Fuente:** Yaxcal Ax, L., abril de 2020.

### Resumen del presupuesto

| No. | Componentes  | Total               |
|-----|--|---------------------|
| 1   | Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Asociación de productores de cardamomo ( <i>Elettaria cardamomun</i> (L.) Maton) de Chahal”. | Q. 2,680.00         |
| 2   | Resultado 2. Se dispone del proyecto de diseño y fabricación de máquina para secado solar como alternativa en el proceso de secado.          | Q. 2,990.00         |
| 3   | Resultado 3. Se dispone del programa de capacitación a los productores.  | Q. 4,530.00         |
|     | <b>TOTAL</b>   | <b>Q. 10,200.00</b> |

Fuente: Yaxcal Ax, L., abril de 2020.