



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DE
BIOMASA FORESTAL POR LEUCAENA MACROPHYLLA EN
AZUCARERA TRES VALLES**

SUSTENTADO POR:

**ANGIE JULISSA MÁRQUEZ JOHNSON
CLAUDIA LIZETH LEMUS GÓMEZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS HONDURAS, C.A.

OCTUBRE, 2021

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DE
BIOMASA FORESTAL POR LEUCAENA MACROPHYLLA EN
AZUCARERA TRES VALLES**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN**

GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

**ASESOR METODOLÓGICO
JOSÉ RODOLFO SORTO BUESO**

**ASESOR TEMÁTICO
JAVIER GUTIÉRREZ BARDALES**

**MIEMBROS DE LA TERNA
ALICIA MARIA REYES DUKE
DIONICIO NICIO PONCE LAGOS
JOSÉ GABRIEL ZORTO AGUILERA**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2021
Angie Julissa Márquez Johnson
Claudia Lizeth Lemus Gómez

Todos los derechos son reservados



FACULTAD DE POSTGRADO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DE BIOMASA FORESTAL POR LEUCAENA MACROPHYLLA EN AZUCARERA TRES VALLES.

**Autoras: ANGIE JULISSA MÁRQUEZ JOHNSON
CLAUDIA LIZETH LEMUS GÓMEZ**

Resumen

Las empresas de generación de energía eléctrica a base de Biomasa en Honduras se están viendo afectadas por la deficiencia de materia prima forestal para generar energía y la Compañía Azucarera Tres Valles no es la excepción, por ello, se decidió realizar un estudio de prefactibilidad económica de la sustitución del uso de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla, ya que es necesario encontrar una materia prima financieramente rentable para sustituir el uso de biomasa; la hipótesis formulada indica que la sustitución propuesta sí es rentable, para obtener este resultado fue necesario analizar el costo de ambas opciones: cultivo de la Leucaena Macrophylla o compra de biomasa forestal y cómo afectaba eso a Tres Valles. La investigación se desarrolló en base a un enfoque mixto donde predomina lo cuantitativo, no experimental, con diseño transversal y un alcance descriptivo. Los análisis financieros arrojaron que cultivar Leucaena es rentable con una VAN de 40,254,161.19 y TIR del 13%, y que permitirá asegurar el abastecimiento de la materia prima para los próximos años, recuperando la inversión al quinto año con seis meses.

Palabras claves: Biomasa Forestal, Leucaena Macrophylla, Prefactibilidad, Energía Renovable, Azucarera.



GRADUATE SCHOOL

PRE-FEASIBILITY STUDY OF THE SUBSTITUTION OF FOREST BIOMASS BY LEUCAENA MACROPHYLLA IN TRES VALLES COMPANY.

Authors:

**ANGIE JULISSA MÁRQUEZ JOHNSON
CLAUDIA LIZETH LEMUS GÓMEZ**

Abstract

Different companies in the country that use Biomass to generate electricity are facing issues with the availability of raw material to produce, unfortunately Tres Valles is not an exception, that's why we decided to study if it is economically convenient a replacement of use of the forestall biomass by the Leucaena Macrophylla, because the company needs to find a replacement for forestall biomass as soon as possible due to the lack of it, the hypothesis of the investigation is that the economically is worthy for the company harvest the Leucaena to use it instead of the forestall biomass. A non-experimental, transactional design and with a descriptive reach, and mixed investigation predominantly in quantitative. The analyzes explain that the replacement of biomass by a harvest of the Leucaena Macrophylla it's profitable for the company giving a NPV of 40,254,161.19 with a 13% of IRR, that will secure the main source needed to produce energy with sugar bagasse for the auto consume, with a great return of investment after five years and six months, with great profits.

Key Words: Forestal Biomass, Leucaena Macrophylla, Pre-feasibility, Renewable Energy, Sugar Company.

DEDICATORIA

Hasta el cielo, con mucho amor y admiración, dedico este logro a mi abuela Gloria Esperanza Johnson, el pilar de mi familia. La recordaré siempre por su carácter, bondad y amor; su luz me alcanza. Nunca una abuelita estuvo tan orgullosa de su nieta, como ella de mí, la amo.

A mi madre Carol Johnson y a mi padre Rigoberto Márquez, por motivarme, por sus enseñanzas y amor; son mi esencia y me siento orgullosa de ello, los amo infinitamente.

A mi esposo Josian Murillo, gracias por el ánimo, comprensión, paciencia, por su gran amor, y por confiar siempre en mí, no habría logrado esta meta sin él.

A mis hermanos Sayra y Darwin, y a mi familia, por estar siempre cerca, por el apoyo moral y la unidad que tenemos.

A mi amigo Jean Paul Fernández por inspirarnos en el tema de estudio, y por estar siempre pendiente de nuestro trabajo, y por toda la ayuda brindada.

Y, por último, pero no menos importante, al ingeniero Javier Gutiérrez por su pasión sobre el tema de la biomasa, pasión que inspiró y transmitió en cada momento de sus clases y tutorías, gracias por su valioso tiempo brindado, se le admira y respeta grandemente.

Angie Julissa Márquez Johnson

DEDICATORIA

A mi madre, Victorina Gómez por su apoyo incondicional y por animarme a ser fuerte siempre; la amo profundamente.

A mi padre, Ricardo Lemus por el equilibrio, la tranquilidad y el amor que me genera.

A Katty Gómez Ortiz, Juan Pablo Turcios y Silvana Battistello Fontana, su apoyo me ha permitido lograrlo.

Al Programa Ecuménico de Becas de la organización internacional Pan Para el Mundo, por beneficiarme con esta beca que ha permitido mi crecimiento profesional y personal; me siento honrada.

Finalmente, a la Comisión de Acción Social Menonita por su confianza y por tantos años de formación.

Claudia Lizeth Lemus Gómez

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a UNITEC por brindarnos la oportunidad de estudiar una maestría afín a nuestros intereses.

Gracias al ingeniero José Rodolfo Sorto, nuestro asesor metodológico, su dedicación y respeto fueron importantes durante la construcción de este estudio. Su parte humana nos permitió crecer, aprender y corregir, tanto en el área profesional como personal.

Agradecemos a nuestro asesor temático, el ingeniero Javier Gutiérrez Bardales, por su tiempo y colaboración en el desarrollo de este estudio, asimismo, por compartir sus conocimientos.

También se agradece a la Compañía Azucarera Tres Valles por el apoyo brindado, por colaborar con este estudio de prefactibilidad, por creer en nosotras y poner su empresa a nuestra disposición.

Especial agradecimiento a la ingeniera Cristina Ayala, por su acompañamiento, sus conocimientos fueron sumamente oportunos.

Gracias a nuestras amistades en el área de la Biomasa, por su colaboración de principio a fin, nos inspiraron a trabajar este tema de estudio, gracias por su orientación en momentos de dudas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del Problema	8
1.3.1 Enunciado del Problema	8
1.3.2 Formulación del Problema.....	9
1.3.3 Preguntas Problema	10
1.4 Objetivos de Investigación.....	10
1.4.1 Objetivo General.....	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
1.5 Justificación	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Análisis de la situación actual	13
2.1.1 Análisis del Macroentorno.....	13
2.1.2 Análisis del Microentorno.....	15
2.1.3 Análisis Interno.....	18
2.2 Teoría de Sustento.....	20
2.2.1 Energías Renovables.....	20
2.2.2 Generación de Energía Eléctrica con Biomasa.....	20
2.2.3 Biomasa.....	21
2.2.4 Evaluación de Proyectos.....	25
2.3 Conceptualización de las Variables.....	26
2.3.1 Costo de Biomasa Forestal.....	26
2.3.2 Costos del cultivo de Leucaena Macrophylla	28
2.3.3 Estudio Económico – Análisis financiero.....	33
2.4 Instrumentos.....	36
2.4.1 Uso de Bomba Calorimétrica.....	36
2.4.2 Estudio Económico	37
2.5 Marco Legal.....	38
2.5.1 La Ley para la producción y consumo de biocombustibles.....	39
2.5.2 La Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre	40
2.5.3 Decreto de Leña y Biomasa	40
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	43
3.1 Congruencia Metodológica.....	43

3.1.1 Operacionalización de las Variables	45
3.1.2 Hipótesis	47
3.2 Enfoque y Métodos	47
3.3 Diseño de la Investigación	49
3.4 Técnicas de Recolección de datos.....	49
3.4.1 Técnicas e Instrumentos Aplicados	50
3.5 Fuentes de Información.....	52
3.5.1 Fuentes Primarias.....	52
3.5.2 Fuentes Secundarias.....	53
3.6 Limitantes de Estudio	54
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	55
4.1 Descripción del Proyecto	55
4.1.1 Información del Proyecto.....	56
4.1.2 Establecimiento y Manejo de las Plantaciones	58
4.2 Costos.....	66
4.2.1 Costos de Biomasa Residual.....	66
4.2.2 Costo de Leucaena Macrophylla.....	68
4.3 Resumen de Costos del Cultivo de Leucaena Macrophylla.....	69
4.3.1 Costos de Siembra.....	71
4.3.2 Costo de Mantenimiento	73
4.3.3 Costo de Aprovechamiento.....	74
4.3.4 Costo de Transporte	76
4.3.5 Costos de alquiler de tierras para siembra	77
4.4 Análisis financiero	78
4.4.1 Costo de Operación.....	78
4.4.2 Costo de Inversión	78
4.4.3 Flujo de Fondos.....	79
4.4.4 Van – Valor Actual Neto	81
4.4.5 La Tasa Interna de Retorno.....	81
4.4.6 Comprobación de la Hipótesis	81
CAPÍTULO V.	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1 Conclusiones.....	83
5.2 Recomendaciones	84
CAPÍTULO VI.....	87
APLICABILIDAD	87
6.1 Título de la Propuesta:	87
6.2 Justificación	87
6.3 Alcance de la propuesta	88
6.4 Descripción y Desarrollo de la Propuesta.....	89
6.4.1 Descripción de cada una de las actividades	89

6.5 Cronograma de Implementación y Presupuesto	93
6.5.2 Cronograma de las Actividades	94
6.5.1 Presupuesto	96
6.6 Tabla de Concordancia de los Segmentos de la Tesis Propuesta.....	97
6.7 Análisis de afectación al medio ambiente al aplicar la propuesta	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS.....	107
Anexo 1. Cotización de herbicidas y fertilizantes.....	107
Anexo 2. Cotización de herbicidas en Cadelga.....	108
Anexo 3. Costos de alquiler de chipeadora	109
Anexo 4. Costos de transporte de biomasa forestal	109
Anexo 6. Salario mínimo en Honduras para agricultores 2021	110
Anexo 7. Análisis financiero parte 1	111
Anexo 8. Análisis financiero parte 2.....	112
Anexo 9. Meses de lluvia en Tegucigalpa.....	114
Anexo 10. Carta de Compromiso Asesoría Temática	115
Anexo 11. Carta de Autorización de la Empresa o Institución	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Honduras proyección de la demanda de potencia 2017 – 2029.....	17
Tabla 2. Matriz Metodológica.....	44
Tabla 3. Operacionalización de las Variables.....	46
Tabla 4. Plan estratégico de la investigación.....	49
Tabla 5. Vista aérea de la Compañía Azucarera Tres Valles.....	57
Tabla 6. Comparación inversión por hectárea en compra de semilla versus plántula.....	59
Tabla 7. Costo de Biomasa Residual del 2011-2020.....	67
Tabla 8. Disponibilidad de Residuos Forestales para uso de Biomasa.....	68
Tabla 9. Resumen de costos de inversión inicial por hectárea con plantación de siembra por semilla.....	72
Tabla 10. Resumen de costos de inversión inicial por hectárea con plantación por plántulas.....	73
Tabla 11. Costos de mantenimiento por hectárea y por proyecto.....	74
Tabla 12. Costos mensuales de chipeado y cargado.....	76
Tabla 13. Resumen de Costos de Transporte.....	77
Tabla 14. Resumen de costos de operación mensuales.....	78
Tabla 15. Detalle de costos de la inversión inicial.....	79
Tabla 16. Flujo Operativo del cultivo de Leucaena Macrophylla.....	80
Tabla 17. Análisis de Sensibilidad.....	81
Tabla 18. Cronograma de las actividades propuestas.....	95
Tabla 19. Presupuesto de la inversión inicial requerida.....	96
Tabla 20. Tabla de Concordancia.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz energética de empresas de generación con biomasa privada.....	4
Figura 2. Distribución en porcentajes de la energía generada por la Empresa Azucarera Tres Valles.	6
Figura 3. Requerimiento de Biomasa Forestal en porcentaje, de la Compañía Azucarera Tres Valles.	9
Figura 4. FODA de la Compañía Azucarera Tres Valles. Fuente: (Elaboración Propia, 2021)	18
Figura 5. Detalle de los arreglos de siembra en tresbolillo.....	31
Figura 6. Calorímetro clásico (adaptado a la Norma CEN/TS 14918).....	37
Figura 7. Operacionalización de las variables	45
Figura 8. Diagrama de enfoques y métodos.....	48
Figura 9. Fuentes secundarias de información.....	53
Figura 10. Proceso propuesto para el cultivo de <i>Leucaena Macrophylla</i>	91
Figura 11. Diagrama de Gantt de las Actividades Propuestas	94
Figura 12. Impacto Ambiental	101

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

Satisfacer las necesidades y el incremento de la demanda energética es todo un desafío; la eficiencia tecnológica es un recurso de oportunidad, mientras, el creciente consumo energético, el avance lento de la innovación o exploración de nuevas fuentes de energías renovables, dista de alcanzar este reto que especialmente tiene en alerta al sector empresarial. En esta tesis, de manera específica se expone la problemática energética de la Compañía Azucarera Tres Valles, una asociación agroindustrial dedicada al procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar y generación de energía eléctrica. Para responder a este problema se ha trabajado en el desarrollo de un estudio de prefactibilidad de la sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* en Tres Valles, de mayo a septiembre de 2021.

La Compañía Azucarera Tres Valles, está ubicada en la Aldea El Porvenir, Cantarranas, Francisco Morazán; actualmente tiene una importante deficiencia en la biomasa forestal para mezclar. Se destaca que el material energético que esta empresa utiliza para la generación de energía es biomasa de bagazo de caña de la misma fábrica, rastrojo de caña del campo y biomasa forestal.

Los costos del energético que se manejan actualmente varían de acuerdo con la disponibilidad de biomasa forestal; es importante decir, que durante el periodo de zafra existe una demanda de vapor por parte de la fábrica, por lo que el rendimiento es menor en la generación y en inter-zafra es mayor, porque el vapor es utilizado solo en el turbo generador.

Por lo antes expuesto, la Compañía Azucarera Tres Valles necesita sustituir la biomasa forestal para resolver el problema de disponibilidad de biomasa forestal residual. Para concluir que el cambio es viable, se han realizado diversos estudios de factibilidad que garantizan a la Compañía Azucarera Tres Valles, erradicar la deficiencia que les afecta.

También, es de interés mencionar que la deforestación en Honduras es alta. CESPAD, (2015) asevera que “Las últimas décadas registran un avance mayor y significativo en la deforestación, según estudios la pérdida de volumen por año es de 58,000 hectáreas. En los últimos 17 años esta reducción ha sido de 870,000 hectáreas” (p.4).

Otras desventajas que empañan la implementación de la biomasa con mayor empuje, es la falta de incentivos del gobierno para el desarrollo de plantaciones productivas, bosques o cultivos sostenibles con el objetivo de generar energía con biomasa. Recién el paso de las tormentas tropicales ETA & IOTA por Honduras, han provocado pérdidas de importantes cultivos y la tierra se ha visto sumamente saturada de agua.

Tampoco se puede obviar cuánto afectó la plaga del gorgojo descortezador a los bosques de pino en Honduras, de esto apenas unos años y ya existe la posibilidad de que esta plaga pueda convertirse en epidemia en el país, si no se lleva a cabo una inversión adecuada para la prevención

y respuesta a los brotes, advirtieron expertos consultados por Efe. Para el técnico forestal Germán Betancourt, el nuevo brote del insecto “es alarmante”, ya que los árboles están débiles debido al “severo” ataque de entre 2014 y 2017, que causó pérdidas por más de 200 millones de dólares. (ICF, 2019)

También alarma que el avance del cambio climático, con sequías prolongadas y olas de calor más extremas, provoque que el insecto se reproduzca mucho más rápido y ataque con mayor severidad, según Yensi Yáñez, del departamento de Salud y Sanidad Forestal del Instituto de Conservación Forestal de Honduras. (ICF, 2019)

En concreto, se ha presentado a la Compañía Azucarera Tres Valles, la oportunidad de sustituir la biomasa forestal residual por *Leucaena Macrophylla Benth*, para resolver el problema de deficiencia y de paso generar más energía eléctrica para vender a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE).

1.2 Antecedentes

La energía juega un papel crucial en la economía mundial incluyendo Honduras, por esta razón en los últimos años se han dado mayores incentivos a las energías renovables para así poder cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales fueron aceptados en el año 2015. Es de importante decir que entre las energías renovables destaca la energía a base de biomasa.

ENEE (2020) destaca que: “La matriz de generación del país es relativamente diversificada, en cuarto lugar, se ubican la generación térmica a base de biomasa con un 8.6% (221.3 MW), Tres Valles aporta un 0.7% siendo 17.8 MW de generación (p.1) Se puede observar la gráfica de distribución en la figura 1.

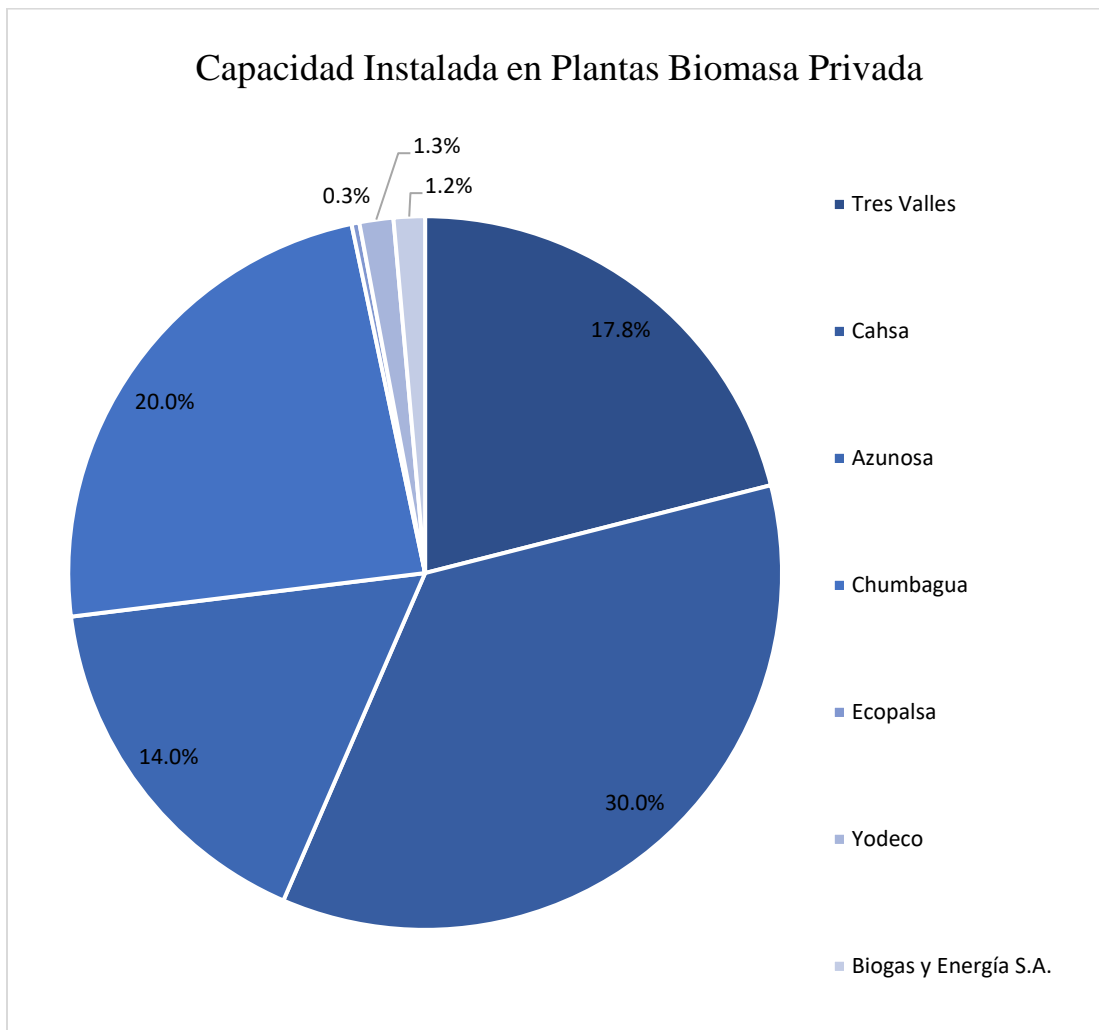


Figura 1. Matriz energética de empresas de generación con biomasa privada

Fuente: (ENEE, 2020)

Existen muchas razones del por qué Tres Valles está sufriendo esa necesidad del 50% de biomasa forestal para mezclar con los residuos del bagazo de la caña de azúcar, primero es necesario tener en cuenta que “El consumo de energía del país es cubierto en un 42% por leña. En 2008 el 86% del consumo residencial de energía provenía de la leña.” (CEPAL, 2018, p.21)

La capacidad energética instalada en la Compañía Tres Valles es de 30 MW aproximadamente, cada mes. Los costos de operación son alrededor de 0.03 USD/Kwh. Para la generación de energía se utiliza biomasa de bagazo de caña de la fábrica (2050 Kcal/kg), rastrojo de caña del campo (2000 Kcal/kg) y biomasa forestal (2600 Kcal/kg) (Gutiérrez, 2021).

Para la generación de energía en la empresa Tres Valles se necesitan 1,000 toneladas de bagazo con 200 toneladas de biomasa forestal durante un periodo de 6 meses, entre noviembre y mayo, de junio a agosto se requieren alrededor de 300 toneladas de bagazo mezcladas con 100 de biomasa forestal. Actualmente se tiene una deficiencia del 50% de la biomasa forestal para mezclar. (Gutiérrez, 2021, p.1)

A continuación, la figura 2 muestra la distribución Energética Generada en la Compañía Azucarera Tres Valle.

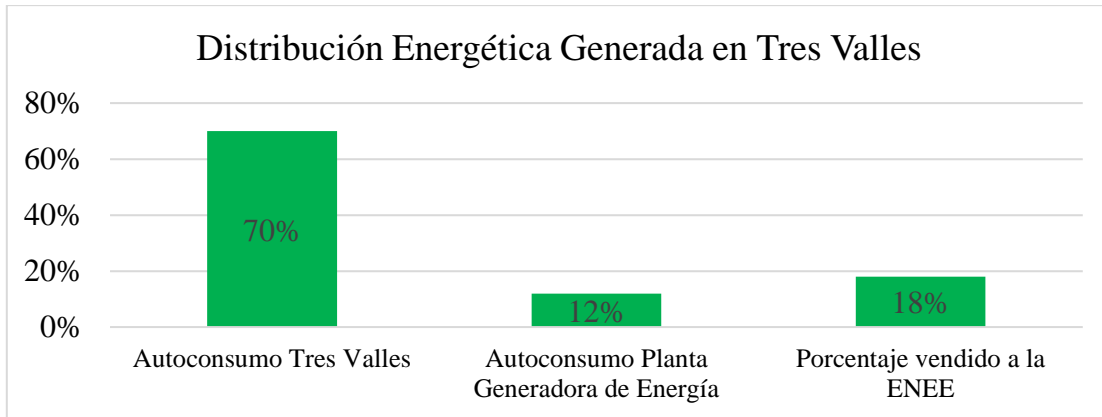


Figura 2. Distribución en porcentajes de la energía generada por la Empresa Azucarera Tres Valles.

Fuente: (Gutiérrez, 2021)

Cabe mencionar que uno de los efectos negativos que dejó la crisis vivida entre los últimos años del 2003-2005 y 2013-2014 fue el costo ambiental de 35,000 hectáreas de pino (CESPAD, 2015), lo cual representó una ventaja y oportunidad para las empresas interesadas en invertir en generación con biomasa porque pudieron aprovechar las talas controladas para el manejo y control de la plaga del gorgojo descortezador pero una vez controlada la plaga, la materia prima proveniente de los bosques de pino dejó de existir, dejando esa necesidad en las empresas. “El gorgojo descortezador de pino afectó 510,858.93 hectáreas en el período de 2008 – 2018, de esta superficie se logró controlar 26,343 hectáreas” (ICF, 2018, p. 64).

De acuerdo con los anuarios Forestales del ICF 2012-2015, existen disponibles entre 20,000 - 25,000 toneladas de biomasa residual de los aprovechamientos e industrias forestales, pero esta biomasa residual es insuficiente para abastecer las demandas de la industria y es por ello que las compañías han comenzado a apostarle a los cultivos energéticos. (Fuentes, 2015).

Gutiérrez (2018) expresa que “De acuerdo a los estudios Cuantitativos Realizados por INCAL en base a costos energéticos, el costo de la biomasa residual cada día es más elevado, sin tener un mercado regulado” (p.28).

El análisis de viabilidad del uso de biomasa forestal para generar energía eléctrica en el municipio de Campamento, Olancho, bajo planes de manejo forestal realizado por Edwin Castillo en Unitec, concluyó en el 2017 que existe la posibilidad de generar 8,000 horas al año de energía eléctrica renovable con residuos forestales, sin embargo, a la actualidad no es suficiente para la demanda energética que tienen las empresas de generación a base de biomasa que operan 24 horas los siete días de la semana en todo el año.

Gutiérrez, (2018) afirma: En el año 2013 la empresa INCAL dio seguimiento a una investigación experimental de seis especies dendroenergéticas, con un ensayo establecido en el año 2011 en el Valle de Comayagua y resultó que la especie *Leucaena Macrophylla* es sumamente prometedora. En 2015 se estableció una plantación experimental de 10.6 hectáreas con tres diferentes espaciamientos para determinar la relación costo beneficio en la producción, con menos plantas por hectárea. Se establecieron parcelas de monitoreo para determinar la adaptabilidad y parcelas que fueron intervenidas para determinar la capacidad de rebrote de la plantación.

Gutiérrez (2018) asegura que:

Existe poca información de los cultivos forestales energéticos en el país. No se tiene en la actualidad un perfil de proyecto con un análisis financiero que permita demostrar la rentabilidad de las plantaciones dendroenergéticas como una alternativa atractiva financieramente para ser competitivo con la biomasa forestal de residuos o el bosque natural. (p.32).

1.3 Planteamiento del Problema

En el siguiente apartado se explica el problema de la investigación a detalle, lo cual permite comprender la necesidad del estudio.

1.3.1 Enunciado del Problema

La Compañía Azucarera Tres Valles como productora de caña de azúcar presenta demandas de generación altas durante los períodos de zafra debido a que requiere un factor de planta de 18-21 MW un 82% de esa generación es de consumo propio, y es lo requerido para que pueda operar de manera normal, sin embargo se está viendo afectada porque para su generación necesita 200 toneladas de biomasa forestal en los períodos de mayor demanda y 100 toneladas en los de menor demanda, lo cual generalmente les presenta una deficiencia de un 50% del requerimiento total de materia prima proveniente de la biomasa forestal.

En la siguiente imagen se muestra el requerimiento de Biomasa Forestal en la Compañía Azucarera Tres Valles.

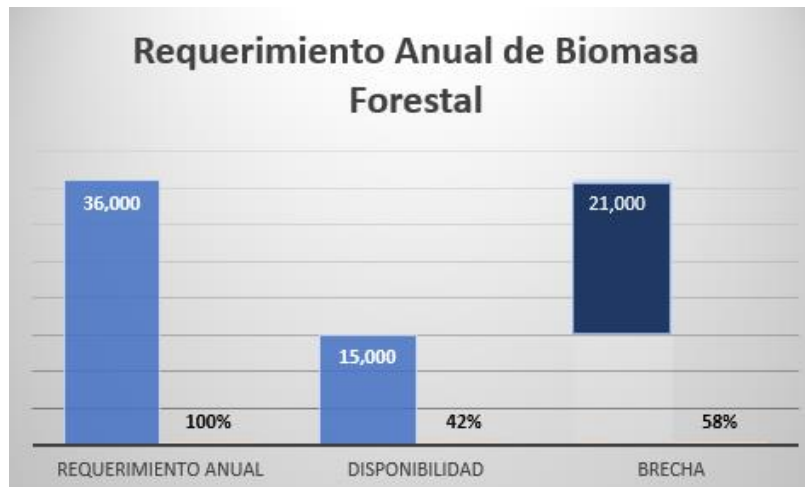


Figura 3. Requerimiento de Biomasa Forestal en porcentaje, de la Compañía Azucarera Tres Valles.

Fuente: (Gutiérrez, 2021)

Debido a la gran demanda de la empresa, durante los períodos de zafra el rendimiento de la empresa es mayor a la generación, lo cual viene a incrementar los costos de operación para producción de azúcar.

Sumándole a la poca disponibilidad de materia prima necesaria los costos de la biomasa forestal varían de acuerdo con la disponibilidad, el costo puede variar de L 900.00 a L 1,000.00 por tonelada, no es un costo estable que permita calcular a futuro cuál es la inversión necesaria para que la empresa opere normalmente tanto en período de zafra como en Inter zafra.

Lo expuesto anteriormente ha llevado a la empresa a buscar soluciones para asegurar la materia prima forestal que mezclan con los residuos de la caña de azúcar.

1.3.2 Formulación del Problema

¿Es factible económicamente la sustitución de biomasa forestal residual por el uso de Leucaena Macrophylla en Tres Valles?

1.3.3 Preguntas Problema

1. ¿Cuáles son los costos de cultivo, cosecha y transporte de la Leucaena Macrophylla para Tres Valle?
2. ¿Cuál es el método de siembra de Leucaena Macrophylla recomendable para Tres Valles?
3. ¿Cuál sería la Tasa Interna de Retorno (TIR), el año de recuperación y el Valor Actual Neto (VAN) de la siembra y uso de Leucaena Macrophylla para Tres Valles?

1.4 Objetivos de Investigación

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente estudio de prefactibilidad de la sustitución de Biomasa Forestal por Leucaena Macrophylla en la Empresa Azucarera Tres Valles.

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la rentabilidad financiera de la sustitución del uso de biomasa forestal residual por el cultivo de Leucaena en Tres Valles para asegurar el abastecimiento de materia prima necesaria para la generación de energía.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Calcular los costos del cultivo, cosecha y transporte de la *Leucaena Macrophylla* en Tres Valles.
2. Determinar el método de siembra de *Leucaena Macrophylla* más viable económicamente para la empresa.
3. Determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR), el año de recuperación y la VAN del reemplazo de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla*.
4. Desarrollar una propuesta de proyecto basado en los resultados del estudio que permita encontrar una solución a la necesidad de materia prima.

1.5 Justificación

Este estudio se ha desarrollado para colaborar con la Compañía Azucarera Tres Valles, ubicada en la Aldea El Porvenir, Cantarranas, Francisco Morazán; esta empresa genera su propia energía teniendo como fuente energética la Biomasa pero actualmente presenta una deficiencia de más del 50% de materia prima, ya que en el año 2021 de 36,000 toneladas necesarias solo se logró comprar 15,000 toneladas de la biomasa residual, por tanto, a través de esta investigación, se busca una solución al problema planteado, con la sustitución del material energético, pasando de biomasa forestal a *Leucaena Macrophylla*.

También se exponen diversos obstáculos que experimenta la implementación de la energía por biomasa en Honduras, asimismo, se reconoce su falta de aprovechamiento por falta de estudios

u oportunidades que incentiven su desarrollo, sumado a otras situaciones que ponen en riesgo el material energético.

Con los diversos estudios se determinará la factibilidad del cambio de material energético, quedando demostrado que la *Leucaena Macrophylla* es una importante solución al problema expuesto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis de la situación actual

(Martínez, 2019) afirma: “La biomasa forestal cumple un papel muy importante en las estrategias internacionales actuales para mitigar el cambio climático y mejorar la seguridad energética, puesto que muchos países ya se trazan objetivos en esta materia” (p.10).

Desde el punto de vista macroeconómico, la biomasa forestal disminuye la dependencia energética de países productores de combustibles fósiles y esto evita la salida de divisas. A los agricultores y propietarios forestales, permite dar valor económico a subproductos que antes eran considerados una carga económica. (Sauras, 2021, p.26)

2.1.1 Análisis del Macroentorno

“La principal aplicación de la biomasa forestal, obtenida tanto de los bosques como de los árboles fuera del bosque, es la energética. Alrededor del 60% de las extracciones mundiales totales de madera se utilizan con fines energéticos” (Blanco, 2016, p.106).

Hay diversas opciones de biomasa forestal en el mercado y cada país o región, tiene su propio potencial el cual determina costes, accesibilidad de la materia a implementar y como consecuencia factibilidad o no, en el desarrollo de esta alternativa para generar energía limpia. Estos recursos generalmente son aprovechados en el rubro industrial, especialmente en los países desarrollados, los cuales requieren de una mayor demanda energética para satisfacer sus necesidades. Los

biocombustibles, en particular la leña y el carbón vegetal, suministraban en 2009 más del 10% de la energía primaria total del planeta. (Blanco, 2016, p. 106)

La dependencia de biocombustibles como la leña y carbón vegetal es mayor en los países en desarrollo, de toda la energía estos generan aproximadamente un tercio; en África por ejemplo alrededor del 80% se obtiene de los estas fuentes (Blanco, 2016).

Blanco, (2016) refiere que, en los países desarrollados, la biomasa es empleada por considerarse amigable con el medio ambiente; se destaca que, en el año 2010, la biomasa forestal y sus residuos procedentes de fuentes renovables, aportaron la mitad de la energía final en la Unión Europea.

“La biomasa constituye una energía renovable cuya utilización en sus diversas aplicaciones, térmicas, eléctricas y automoción (biocarburantes), mediante tecnologías modernas y sostenibles presenta un interés creciente a nivel mundial” (Nogues et al., 2010, p.579).

La importancia de disponer de nociones básicas sobre mercados energéticos queda patente en el escenario actual, en el que según los analistas los recursos energéticos mundiales resultan suficientes para satisfacer la demanda prevista en las próximas décadas, pero la disponibilidad de los mismos será cada vez más costosa. Movilizar a través de la regulación la mayor inversión requerida para convertir los recursos en oferta disponible depende de la capacidad del sector energético de competir con otros sectores de la economía para la obtención de capitales, de forma particular en los Países en vía de desarrollo. (Aranda et al., 2014, p. 9)

2.1.2 Análisis del Microentorno

ENEE (2020) destaca que: La matriz de generación del país es relativamente diversificada, en cuarto lugar, se ubican la generación térmica a base de biomasa con un 8.6% (221.3 MW), Tres Valles aporta un 0.7% siendo 17.8 MW de generación.

Gutiérrez (2021) afirma: Es fuerte el problema de la deforestación en Honduras, asimismo, la falta de incentivos para el cultivo sostenible de los bosques o de cultivos de plantaciones productivas. Hay que considerar la necesidad y la demanda de leña en el país, las presiones que afectan al bosque como el crecimiento de fronteras agrícolas, las mineras y la urbanización, entre otros. (p.1)

2.1.2.1 Microentorno de la Biomasa Forestal

En Honduras, cabe la posibilidad de poder generar un total de 368 megavatios de manera constante por año a partir de biomasa forestal, de los cuales 285 megavatios (78%) podrían ser generados de bosques de pino y 83 megavatios (22%) de áreas de matorrales o guamiles. (Calderón, 2015, p. 2)

“Honduras tiene una superficie de bosques de 5.4 millones de hectáreas que representan 48% del territorio; 1.9 millones son bosques de pino y de estos, más de 500,000 hectáreas fueron afectadas por el Gorgojo Descortezador en los últimos cuatro años”. (Calderón, 2015, p. 2)

En el distrito de Cayo, en el oeste de Belice, se encuentra la empresa Pine Lumber Company (PLC), la que procesa madera de pino originado en una reserva forestal cercana de la cual tiene concesión

de extracción. Actualmente, el aserradero procesa unos 1,000 m³ de material crudo por mes. (FOCER, 2002, p.20)

FOCER (2002) afirma: En Centro América, es común que no haya información disponible sobre las cantidades de biomasa consumida por el sector comercial, ya que muchos negocios operan de manera informal y en comparación con el sector doméstico e industrial, el consumo es mucho menor; sin embargo, la biomasa es una fuente importante para este sector. (p.21)

2.1.2.2 Microentorno de la *Leucaena Macrophylla*

“La especie *Leucaena Macrophylla* por su comprobado desarrollo en investigaciones previamente establecidas por la empresa INCAL, se conoce que cumple con los requerimientos técnicos en el proceso y con los rendimientos de producción en la cosecha” (Gutiérrez, 2018b).

2.1.2.3 Microentorno de la Demanda Energética

“Mientras provee energía a estos sectores de consumo, el sector energía enfrenta diversas presiones nacionales e internacionales para que éste sea cada vez más amigable con el ambiente. Finalmente, este sector debe lograr todo lo anterior, sin poner en detrimento el crecimiento económico del país” (ENEE, 2019, p. 1).

Para el año 2020, la capacidad instalada en Plantas Privadas de Biomasa en Honduras es de 221.3 Mega Watts (ENEE, 2020). En la siguiente imagen se presenta la proyección de la demanda de potencia 2017 - 2029 para Honduras.

Tabla 1. Honduras proyección de la demanda de potencia 2017 – 2029

Año	Potencia (en MW)	Incremento (en MW)	Crecimiento (en porcentaje)
2017	1 614,90	62,2	4,0
2018	1 680,40	65,5	4,1
2019	1 746,50	66,1	3,9
2020	1 811,20	64,7	3,7
2021	1 881,20	70,0	3,9
2022	1 953,30	72,1	3,8
2023	2 027,60	74,3	3,8
2024	2 104,10	76,5	3,8
2025	2 182,90	78,8	3,7
2026	2 264,10	81,2	3,7
2027	2 349,40	85,3	3,8
2028	2 437,30	87,9	3,7
2029	2 528,00	90,7	3,7

Fuente: (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2020)

2.1.3 Análisis Interno

La Asociación Azucarera Tres Valles, tiene un problema del 50% de necesidad de biomasa forestal residual, por la magnitud de la situación, se presenta un análisis FODA que devela las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la compañía.

En la siguiente imagen se muestra un análisis FODA de la Compañía Azucarera Tres Valles.



Figura 4. FODA de la Compañía Azucarera Tres Valles.

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

Gutiérrez (2021) ha expresado que los costos energéticos actuales de Tres Valles varían de acuerdo con la disponibilidad de biomasa forestal. El costo de la tonelada oscila entre 900.00 a 1,000.00 lempiras. Este factor se debe calcular dependiendo de la generación, ya que durante el periodo de zafra existe una demanda de vapor por parte de la fábrica por lo que el rendimiento es menor en la generación y en Inter zafra es mayor porque el vapor es utilizado solo en el turbo generador.

2.1.3.1 Análisis Interno de la Biomasa Forestal

La Compañía Azucarera Tres Valles, desarrolla un proyecto para modernizar el sistema de cogeneración basado en bagazo de caña, con el fin de optimizar la generación y utilización de energía, dentro de la operación del Ingenio, y vender el excedente a la red nacional. El proyecto consiste en reemplazar los equipos actuales de generación de vapor y energía, por equipos más eficientes y reemplazar las turbinas actuales, utilizadas para preparación de caña y extracción de jugo, por motores eléctricos de alta eficiencia con el fin de disminuir el gasto interno de energía térmica. (FOCER, 2002, p. 33)

2.1.3.2 Análisis Interno de la Leucaena Macrophylla

“La especie seleccionada es la Leucaena Macrophylla por su comprobado desarrollo en investigaciones previamente establecidas por INCAL. Cumple con los requerimientos técnicos en el proceso y con los rendimientos de producción en la cosecha” (Gutiérrez, 2018, p 116).

2.2 Teoría de Sustento

A continuación, se presentan las teorías citadas que sirven de fundamento para realizar el análisis de la investigación.

2.2.1 Energías Renovables

Según el Centro de Terminología de Catalunya, la energía renovable es aquella energía que se obtiene de fuentes inagotables o que se pueden renovar. Según el Instituto Catalán de Energía, las principales fuentes de energía renovables son la energía hidroeléctrica, la energía eólica, la biomasa, la energía solar, la energía geotérmica y las energías del mar. (Jarauta, 2015)

2.2.2 Generación de Energía Eléctrica con Biomasa

Blanco (2016) afirma que: La biomasa es una fuente de energía renovable que tiene origen biológico, mediante la fotosíntesis, la materia orgánica forma la materia prima que es utilizada para la generación de energía. Los combustibles fósiles también tienen origen biológico, pero no se consideran renovables porque se formaron en etapas geológicas anteriores.

Existen muchas formas de producir trabajo eléctrico (o mecánico, que es posteriormente convertido en eléctrico con un generador) a partir de biomasa sólida, ya sea mediante su combustión (bien directa o bien por medio de su conversión en una fuente de energía secundaria como, por ejemplo, en gas de síntesis o líquido pirolítico), o incluso por medio de reacciones electroquímicas. (Nogues et al., 2010, p. 13)

Para producir potencia es necesario tener disponibilidad de biomasa en cantidades y esto eleva costos de almacenamiento, manejo y transporte e impacta reduciendo la generación de energía. Por tanto, es oportuno identificar proveedores o fuentes de biomasa cercanas a las plantas generadoras de energía para reducir costos y suplir la demanda de materia prima (FOCER, 2002).

FOCER (2002) explica que las condiciones para la recolección, el transporte y el manejo en planta de la biomasa son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética. La ubicación del material con respecto a la planta de procesamiento y la distancia hasta el punto de utilización de la energía convertida, deben analizarse detalladamente para lograr un nivel de operación del sistema por encima del punto de equilibrio, con relación al proceso convencional. (p. 11)

2.2.3 Biomasa

Nogues et al., (2010) explica que: “Biomasa es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía renovable, entendiendo como tal que, por lo menos, se consume a un ritmo inferior o igual al que se produce” (p. 16).

2.2.3.1 Biomasa Residual Agrícola.

“La biomasa residual agrícola se produce en los campos de cultivo como consecuencia de la actividad agrícola productiva” (Nogues et al. , 2010, p. 77)

2.2.3.2 Biomasa Forestal Residual

La biomasa forestal es la fracción biodegradable de los productos y residuos generados en los montes y que son procesados con fines energéticos. Los principales materiales vegetales que constituyen la biomasa forestal son; los productos derivados de tratamientos silvícolas, restos de cortas, leñas procedentes de trasmochos y de pies no maderables. (Encinas, et al., 2007, p. 11-12)

Procede de las explotaciones forestales o del mantenimiento de los bosques, es decir, de las limpiezas que se hacen en las zonas forestales y bajos las líneas eléctricas con el fin de mantener un sotobosque que evite la propagación de incendios forestales. Esta biomasa, en el momento en que la recolecta, tiene un alto contenido de humedad; por lo tanto, lo primero que se debe hacer es secarla. (Jarauta, 2012, p. 75)

La biomasa sufre transformaciones físicas, químicas o ambas a la vez, y a través de estas transformaciones la biomasa forestal puede producir biocombustible. Transformaciones como ser:

1. Fragmentación: facilita la manipulación del combustible.
2. Secado: aumenta su poder calorífico, por tanto, facilita el proceso
3. Compactación o densificación: incrementa la densidad del combustible, impactando positivamente en los costos de transporte y de almacenaje, ejemplo de compactación son los pellets y briquetas. (Camps Michelena, 2008, p.58)

“La carestía de biomasa en Honduras hace sea más costosa y no permite tener un precio claro, su disponibilidad es diferente en cada región, dependerá de: clima, tipo de suelo, geografía, densidad de la población y actividades de producción” (FOCER, 2002, p.6).

Sole (2014) explica que:

En la fabricación de la biomasa forestal, se aplican dos técnicas similares, que se diferencian en el tiempo que transcurre entre la siembra y la cosecha de la arboleda: la de corta rotación de 3–4 años y la de larga rotación de 10–15 años (coníferas). (p. 32)

Aprovechar los recursos biomásicos al máximo para alcanzar el desarrollo sostenible es un reto. Gracias a distintas actividades realizadas en el campo se genera biomasa forestal, como ser: el aprovechamiento de madera a través de la corta y poda, la limpieza de áreas para diversos fines, trabajos silvícolas, actividades para la prevención de incendios y hasta acondicionamiento de áreas de recreación, entre otros. (Nogues et al., 2010, p.31)

El procesamiento de madera genera cantidades considerables de desechos, en forma de aserrín y pequeños pedazos de madera. Se estima que, de un árbol talado, se aprovecha solo 20% en el producto final. En los aserraderos, estos desechos están fácilmente disponibles, pero, generalmente, no se usan, causando problemas ambientales por su quema o el vertido en ríos. (FOCER, 2002, p.35)

2.2.3.3 Cultivos Energéticos

Castells et al., (2012) expresa que: “Los cultivos energéticos se definen como aquellos que han sido planificados específicamente para la obtención de energía a partir de la biomasa que es cultivada” (p.730)

Es todo aquel cuya cosecha va destinada a producir energía y, se pretende, concentrar gran cantidad de biomasa por unidad de superficie, a fin de necesitar la menor superficie agrícola posible para

garantizar un suministro de forma competitiva. Para el desarrollo de los cultivos energéticos de forma significativa, se deben dar como mínimo dos condiciones: la disposición de superficies agrícolas adecuadas para su cultivo y que su producción sea rentable para el agricultor, en términos económicos. (Nogues, et al., 2010, p. 97)

2.2.3.1 Leucaena Macrophylla

Es una especie tropical de la familia Mimosácea, conocida como Leucaena o frijolito. Es un árbol pequeño y delgado, utilizado para postes y leña, tiene alrededor de cuatro a 7 metros de altura y 10 - 15 centímetros de diámetro de altura al pecho, su forma generalmente es recta con ligeras ramificaciones. Se desarrolla en áreas con lluvia de 800 a 1200 mm y una estación seca de cinco a seis meses, se ubica entre 500-1900 msnm (Flores, 2017).

Se le atribuyen muchas bondades, está adaptada a las condiciones de suelo y clima de la región centroamericana incluyendo a Honduras. (Ceccon & Pérez, 2001) afirma que:

La Leucaena Macrophylla Benth, es nativa de bosques de México, es de fácil propagación y crecimiento rápido contiene pequeñas y abundantes semillas, entre sus ventajas está la fijación de nitrógeno a temprana edad, no requiere de tratamientos germinativos y es una especie multipropósito promisoría.

El valor calorífico (19.15 kJ/g) mostrado por Leucaena Macrophylla, así como su contenido de humedad (35 %) son buenos; y aun cuando la densidad de la madera no es tan alta (0.55 g/cm³), es adecuada considerando que se colectaron troncos de sólo 3 años. Por otro lado, el contenido de

ceniza (1.30 %) sí es más elevado que lo reportado por otros estudios, lo cual indica que no se realizó una combustión tan completa. (Ceccon et al., Pérez, 2001, p. 273)

2.2.4 Evaluación de Proyectos

La implementación de todo proyecto debe ser observada, analizada y evaluada para valorar si los procesos y decisiones tomadas durante el desarrollo de este, permitirán alcanzar los objetivos y alcances en tiempo y forma. La evaluación de proyectos es una etapa que evidencia las debilidades, asimismo, orienta y conlleva a la solución del problema.

Alvarado (2014) define evaluación de proyectos como: “El conjunto de actividades, interrelacionadas de carácter interdisciplinarios cuyo propósito es generar información cuantitativa sobre los aspectos técnicos y financieros de una alternativa de proyecto para sustentar el proceso de toma de decisiones referente a su aceptación, rechazo o replanteamiento” (p. 108).

“El principal objetivo del proceso de evaluación de proyectos es medir la bondad económica del mismo en razón de su rentabilidad o rendimiento” (Alvarado, 2014, p.108).

2.2.4.1 Estudio de Prefactibilidad

Para participar en el mercado es oportuno realizar estudios previos y desarrollar procesos competitivos que incluyan tecnología y presupuesto para generar condiciones y poder atender el mercado potencial. Hay requerimientos técnicos como la infraestructura, asimismo, sobre fuentes de financiamiento posibles y variables del contexto político, económico y social. (Alvarado, 2014)

Baca (2010) aclara que: la prefactibilidad es un estudio que profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión. (p.19)

El estudio de prefactibilidad también conocido como anteproyecto se basa en fuentes primarias y secundarias en investigación de mercado, describe qué tecnología se utilizará, define costos totales y especialmente revela si un proyecto es rentable o no, siendo este el indicador para decidir si se continua o no, con el desarrollo de este (Baca, 2001). Toda inversión se realiza para obtener ganancias, este es el objetivo de implementar un proyecto, caso contrario no tiene razón de existir.

2.3 Conceptualización de las Variables

En esta sección se conceptualiza cada variable, sus dimensiones y los indicadores específicos del tema de la investigación, también se explica el grado de afectación que tiene cada variable independiente con la variable dependiente que es la VAN.

2.3.1 Costo de Biomasa Forestal

Con el control de la plaga del gorgojo descortezador en Honduras, la biomasa forestal comenzó a escasear, sus costos se inestabilizaron y esta situación no permite calcular una proyección presupuestaria oportuna, las empresas generadoras de vapor y energía a través de biomasa se han visto limitadas con la escasez de este material energético y con la necesidad de

buscar otras alternativas. Gutiérrez (2021) manifiesta que este es el caso de la Compañía Azucarera Tres Valles, que presenta una deficiencia energética del 50% debido a la reducida existencia de biomasa forestal en el mercado.

2.3.1.1 Costos Financiero

La falta de material energético puede afectar el proceso de generación de energía e impactar de manera negativa en la producción y en los costos, por tanto, esto representaría pérdidas para la empresa implementadora. “Los insumos podrían no estar disponibles en la cantidad y calidad deseada, limitando la capacidad de uso del proyecto o aumentando los costos del abastecimiento, pudiendo incluso hacer recomendable el abandono de la idea que lo originó”(Córdoba, 2011, p. 109).

Otro aspecto por considerar en los costos financieros es el transporte del material energético, la distancia desde el lugar donde se obtiene el insumo hasta la empresa no debe ser tan grande, de lo contrario no sería económicamente factible. Córdoba (2011), refiere que la cercanía de las fuentes de abastecimiento, la disponibilidad y costo de mano de obra, medios y costos de transporte, son algunos factores que influyen en la localización de la empresa, siendo un aspecto de mayor importancia, que haya insumos disponibles.

Es importante analizar los costos de transporte de la biomasa forestal y de la *Leucaena Macrophylla*, porque entre más distante se encuentre el material energético de la planta, mayor será el costo de su movilización; por consiguiente, si la materia prima está cercana y accesible a la

empresa, los costos de transporte serán más accesibles. De igual forma, si se cosechan cultivos energéticos, lo ideal es que estén ubicados cerca de la planta generadora de energía.

2.3.1.2 Costos Técnico

En este caso, los costos técnicos implican el poder calorífico la humedad y el peso del material energético a utilizar para la generación de energía por biomasa. Estos aspectos también impactan en el rendimiento energético. Córdoba (2011) afirma que: “la medición y valorización de los costos de un proyecto está relacionada generalmente con el proceso de valoración de las inversiones, emergentes del diseño técnico y la estimación de los costos de operación” (p. 269).

2.3.2 Costos del cultivo de *Leucaena Macrophylla*

Para que la *Leucaena* crezca se debe considerar la especie que se va a sembrar, también la preparación que se dará al terreno, el espaciamiento que se dejará entre una planta y otra, el control de malezas y la fertilización que se utilizará (Flores-Pinot et al., 2018).

2.3.2.1 Costos Técnico

Dada la cuantificación de la demanda y la especificación de las características de los productos se identifican los activos necesarios para la producción del producto o servicio, como es el caso de la localización de la planta de producción y locales de venta, tipo de maquinaria y equipos, selección de procesos de producción. (Morales, 2015, p.190)

2.3.2.2 Poder calorífico

Se entiende por poder calorífico la cantidad de energía que desprende la unidad de masa de un combustible cuando éste se quema. Se mide en Kcal/kg, kJ/kg, cal/g, J/g en el capítulo anterior ya nos hemos referido a los diferentes poderes caloríficos (superior, inferior...) (Camps Michelena, 2008, p.104).

“En un estudio de adaptación y crecimiento inicial de seis especies en Honduras, se concluyó que la especie que presenta el mayor poder calorífico es *Leucaena Macrophylla* con una energía de 4,870 cal/g” (Figueroa, 2012, p. 52).

2.3.2.3 Humedad

La humedad se define básicamente como la cantidad total de agua contenida en el total de masa de una muestra de biomasa (seca y húmeda). La humedad puede existir en la superficie exterior de la biomasa o estar embebida en su interior. La humedad superficial es el agua presente en la superficie de la biomasa y se elimina fácilmente por secado al aire. La humedad inherente se define como el porcentaje de pérdida de peso que experimenta una muestra de biomasa secada al aire cuando se calienta a 105 °C hasta que alcanza un peso constante. (Nogués et al., 2010, p.43)

2.3.2.4 Rendimiento

Se definen como la relación entre el producto obtenido y el sustrato consumido, usualmente referidos a la fuente de carbono y energía. (Abuámer, 2006)

2.3.2.5 Diseño y Preparación del Terreno

La preparación del sitio es importante para el buen desarrollo de una plantación, en esta etapa se incluye la eliminación de vegetación que pueda causar competencia, y el aflojamiento del suelo mediante técnicas de mecanización. También la eliminación de todo tipo de obstáculos para una cosecha mecanizada, trazado de caminos, la protección del área de bosque y el manejo de cauces de agua, quebradas y ríos forman parte de estas tareas. (Arias & Guevara, 2017, p.29)

“En la preparación se puede incluir la ruptura del suelo superficial y el subsuelo para favorecer el crecimiento de las raíces, lo cual influye en los costos de plantación. Presenta ventaja de crecimiento en terrenos arados previos a la plantación” (Gonzales et al., 1997, p.157).

2.3.2.6 Métodos de propagación

La *Leucaena* se puede establecer por siembra directa, plantación en bolsa o raíz desnuda. Si la plantación se establece por siembra directa, es conveniente roturar el suelo y hacer un buen control de malezas por el tiempo que sea necesario, hasta que las plantas controlen, por sí mismas la mala hierba (CATIE, 1991, p.31)

2.3.2.7 Diseños de Plantación

En el diseño tresbolillo cada 3 plantas conforman un triángulo equilátero de lado "s". Presentan una mayor uniformidad que la disposición en un arreglo cuadrangular, ya que para una misma separación de las plantas la densidad de plantación es mayor. Se prefiere este arreglo porque se pueden colocar más árboles por unidad de área. (Arias & Guevara, 2017, p.23)

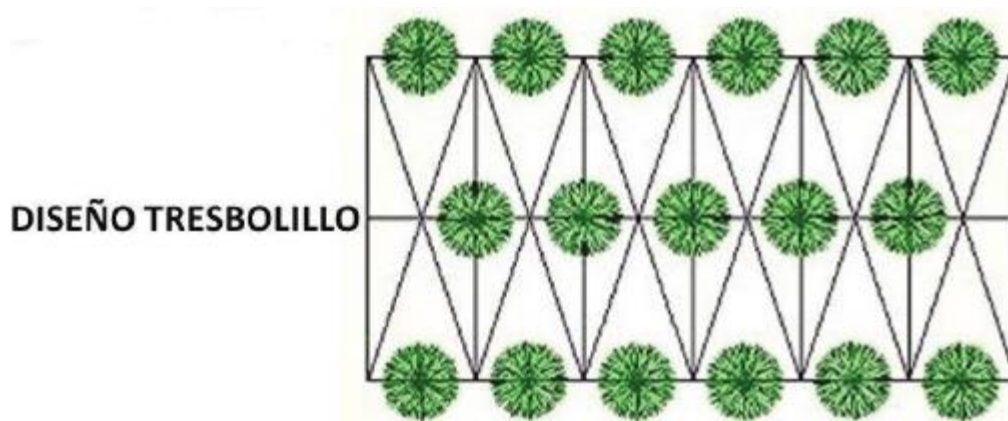


Figura 5. Detalle de los arreglos de siembra en tresbolillo

Fuente: (Arias & Guevara, 2017)

“El espaciamiento (1.5m x 1.5m), fue el que obtuvo el mejor comportamiento en cuanto a la producción de biomasa aérea total verde a los 12, 18 y 24 meses con valores de 10.5, 20.0 y 37.8 ton/ha respectivamente.” (Fajardo et al., 2017, p.96)

2.3.2.8 Densidad

La densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno. Tiene un marcado efecto sobre la producción del cultivo y se considera como un insumo, de la misma forma que se considera, por ejemplo, un fertilizante. (Pulgarin et al., 2007)

“La Leucaena es una especie altamente influenciada por la densidad en el crecimiento diametral, presenta mayor producción de biomasa en espaciamientos menores, pero mejor crecimiento diamétrico en espaciamientos más altos” (Gonzales et al., 1997, p.168).

2.3.2.9 Control de Maleza

A pesar de que el ataque de plagas y enfermedades en plantaciones puede presentarse en cualquier etapa del ciclo de producción, existen medidas que facilitan la prevención de las mismas entre ellas están: plantar únicamente material de alta calidad, realizar inspecciones periódicas para detectar posibles problemas, tener un registro de las principales plagas y enfermedades que afectan a la especie seleccionada. (Arias & Guevara, 2017, p.40)

“El sitio de plantación debe quedar libre de malezas y los árboles deben estar libres de la competencia de las malezas principalmente durante los primeros meses de crecimiento” (CATIE, 1991, p.13).

“Después del establecimiento de las plantaciones se recomienda la aplicación de herbicida pre emergente para asegurar que se elimina la competencia una vez la semilla ha germinado” (Gutiérrez, 2018, p.76).

Cuando se siembra una nueva especie es necesario tener un cuidado exhaustivo con ella, pero según un experimento en San Pedro Sula, Honduras la *Leucaena* no se ve afectada por la maleza en los primeros años siempre y cuando se realice una chapia total, se utilice herbicida de contacto, rodajeo y sus combinaciones y a los 34 meses esta toma control del terreno y de la maleza (Flores-Pinot et al., 2018, p.49).

2.3.2.10 Fertilización

La *Leucaena* es una especie para suelos alcalinos o ligeramente ácidos, donde usualmente hay una concentración mayor de calcio y fosforo asimilable para la planta. En Honduras se hizo un ensayo para estudiar la respuesta inicial a la aplicación de nitrógeno y fosforo, (NP-150g/planta). Los resultados a los 12 y 24 meses no mostraron diferencias importantes entre los alimentos y el testigo. Es probable que el sitio ya dispone de los nutrientes suficientes para la planta o que los tratamientos probados no fueron los adecuados. (Flores-Pinot et al., 2018).

2.3.2.11 Aprovechamiento de la *Leucaena Macrophylla*

Flores-Pinot et al., (2018) concluye que:

Al momento de realizar el aprovechamiento, se debe cortar a la altura mínima recomendada por la literatura, la cual es a 10 cm del suelo debido a que se comprobó estadísticamente que la capacidad de rebrote de la especie es la misma sin importar la altura de corte. (p.64)

El tamaño medio de los árboles al final del turno interviene en la determinación del momento óptimo de la corta. La extracción de la biomasa debe realizarse de manera manual o mecanizada y con un elevado rendimiento de extracción para conseguir una mayor rentabilidad. (Arias & Guevara, 2017, p. 27)

2.3.3 Estudio Económico – Análisis financiero

El estudio o análisis económicos dentro de la metodología de evaluación de proyectos, consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas en el estudio técnico. Las

decisiones que se hayan tomado en el estudio técnico —en términos de cantidad de materia prima necesaria y cantidad de desechos del proceso, cantidad de mano de obra directa e indirecta, cantidad de personal administrativo, número y capacidad de equipo y maquinaria necesarios para el proceso, etc.— ahora deberán aparecer en forma de inversiones y gastos. (Baca, 2010, p.138)

2.3.3.1 Inversión Inicial

Baca (2010) también explica que “La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo”. (p.142)

2.3.3.2 Periodo de Recuperación

En sentido general, la recuperación es el tiempo que se requiere para recobrar la inversión “inicial o “nuestro dinero”. Con base en la regla del periodo de recuperación, una inversión es aceptable si su periodo de recuperación calculada es menor que algún número preestablecido de años. (Ross Westerfield, 2010, p.265)

2.3.3.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR está muy relacionada con el VPN. Con la TIR se trata de encontrar una sola tasa de rendimiento que resuma los méritos de un proyecto. Además, es de desear que sea una tasa “interna” en el sentido de que sólo dependa de los flujos de efectivo de una inversión particular, no de las tasas que se ofrecen en otras partes. Con base en la regla de la TIR, una inversión es aceptable si la

TIR excede el rendimiento requerido. De lo contrario debe rechazarse (Ross Westerfield, 2010, p.273).

2.3.3.4 Valor Actual Neto (VAN/VPN)

Baca, (2010) lo define como sumar de los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VPN sea mayor que cero. (p. 182)

2.3.3.5 Costos Variables

“Los costos directos o variables son los que varían directamente con el volumen de producción.” (Baca, 2010, p.148)

2.3.3.6 Costos Fijos

“Los costos fijos son aquellos independientes del volumen de producción.” (Baca, 2010, p.148)

2.3.3.7 Capital de Trabajo

El capital de trabajo se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante, está representado por el capital adicional con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa; hay que financiar la primera producción antes de recibir

ingresos; se refiere a los recursos económicos con los que cuenta una empresa para echar a andar un proyecto (Baca, 2010).

2.3.3.8 Costos

“Es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado (costos hundidos), en el presente (inversión), en el futuro (costos futuros) o en forma virtual (costo de oportunidad)” (Baca, 2010, p.139). Especialmente las empresas deben conocer cuáles son sus costos, ya que estos representan el valor de una acción o compra y determinarán pérdidas o ganancias.

2.4 Instrumentos

Se detallan los instrumentos y las técnicas utilizados para las mediciones de los aspectos técnicos de la biomasa forestal residual y la *Leucaena*

2.4.1 Uso de Bomba Calorimétrica

Nogués et al., (2010) explica que:

El poder calorífico suele medirse en términos de contenido energético por unidad de masa o de volumen, dependiendo del estado físico del combustible estudiado: por kilogramo (combustible sólido). Se diferencia entre dos tipos de poder calorífico, superior e inferior, dependiendo del estado físico (líquido o gaseoso, respectivamente) en que se considere el agua producto. (p.140)

El poder calorífico superior (PCS) de una sustancia se mide en una bomba calorimétrica como la representada en la figura 6. El método consiste básicamente en producir la combustión de una

muestra seca de aproximadamente un gramo en el interior de un cilindro en el que se introduce oxígeno a presión. La bomba se encuentra sumergida en determinada cantidad de agua contenida en una vasija metálica aislada, de forma que esta se pueda considerar como un sistema adiabático, cuando la muestra arde el calor que se libera origina un aumento de la temperatura del agua. A partir de la medida de dicho cambio de temperatura. (Nogues et al., 2010, p.140)

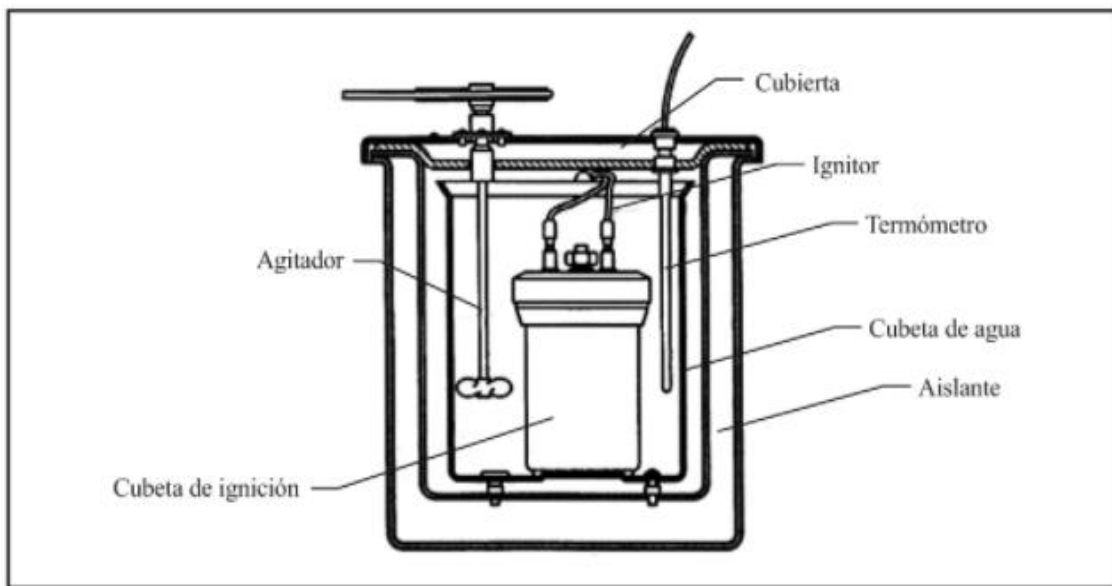


Figura 6. Calorímetro clásico (adaptado a la Norma CEN/TS 14918)

Fuente: (Nogués et al., 2010, p.140)

2.4.2 Estudio Económico

Consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas en el estudio técnico. Las decisiones que se hayan tomado en el estudio técnico —en términos de cantidad de materia prima necesaria y cantidad de desechos del proceso, cantidad de mano de obra directa e indirecta, cantidad de personal administrativo, número y capacidad de equipo y maquinaria necesarios para el proceso, etc.— ahora deberán aparecer en forma de inversiones y gastos. (Baca, 2010, p.138)

2.4.2.1 Evaluación económica

La rentabilidad económica y social de un proyecto de inversión se puede conocer a través de una evaluación, de esta forma se atiende de manera rentable, segura y eficiente, una necesidad humana. Luego de esta importante evaluación se sabrá si es factible o no asignar recursos económicos al proyecto (Baca, 2010).

La rentabilidad de la inversión de un proyecto es calculada durante la evaluación económica del mismo, esta considera especialmente el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Rendimiento. Parte de esta metodología es el análisis e interpretación de datos duros, visión estratégica y uso de las tecnologías de información y comunicación. Asimismo, se debe calcular la inversión inicial en activo fijo y diferido, la depreciación, los flujos netos de efectivo y algunos datos del financiamiento, los cuales se deben transformar a un índice de rentabilidad económica (Baca, 2010).

2.5 Marco Legal

Algunas leyes importantes relacionadas a la Biomasa son: la Ley para la producción y consumo de biocombustibles; la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre; y el Decreto de leña y biomasa.

2.5.1 La Ley para la producción y consumo de biocombustibles.

Fue creada el 31 de diciembre de 2007 bajo el secreto 144-2007 y luego reformada el 11 de abril de 2014 bajo el decreto 295-2013. Esta ley fomenta el uso de biocombustibles, entre ellos la biomasa y a la vez la producción de estos. Los incentivos son una serie de beneficios fiscales como exoneraciones que se exponen en el siguiente artículo;

ARTÍCULO 9.- Los proyectos de inversión para la producción de biocombustibles, tienen los beneficios siguientes:

a) Exoneración del pago del impuesto sobre la renta, impuesto al activo neto y demás impuestos conexos a la renta, durante doce (12) años improrrogables, a partir de inicio de operación comercial de la planta de biocombustibles;

b) Exoneración del pago de otra clase de impuestos y tasas estatales, durante un periodo de doce (12) años improrrogables, así como, los derechos arancelarios, de todos los bienes destinados a la construcción y para todos aquellos equipos, repuestos, partes y adiamientos relacionados con la instalación, mantenimiento y operación de la planta de producción de biocombustibles;

c) El componente de biocombustibles incorporado en el producto tiene una exoneración del pago de “Aporte para la Atención a Programas Sociales y Conservación del Patrimonio Vial”, estableciendo mediante Decreto No. 41- 2004 de 1 de abril del 2004, por los primeros quince (15) años, improrrogables, a partir del año dieciséis (16) se pagará un veinticinco por ciento (25%) del aporte pagado por los combustibles fósiles.

2.5.2 La Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre

Se creó el 26 de febrero del año 2008 bajo el secreto 98-2007. En esta ley se encuentra el primer pronunciamiento sobre el uso de biomasa y plantaciones energéticas en el artículo 149, en los siguientes incisos.

n) Se declara de interés nacional el establecimiento de plantaciones energéticas y la eficiencia del uso de la leña en el hogar y en la industria. El Estado establecerá los mecanismos necesarios que permitan la reconversión de las industrias que utilizan leña como fuente de energía; y, o) A partir del quinto (5to.) año de la vigencia de la presente Ley, la leña o carbón vegetal utilizado por la industria y otras empresas comerciales, deberá provenir de plantaciones energéticas, bosques naturales bajo manejo de los desperdicios de maderas provenientes de la industria forestal o de las actividades silviculturales de raleo y saneamiento.

El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), creará incentivos para el establecimiento de plantaciones energéticas como sustitutos de los combustibles fósiles para uso doméstico o industrial. Para los efectos anteriores se elaborará un instructivo especial que normará la gradualidad de dicho proceso.

2.5.3 Decreto de Leña y Biomasa

Se publicó en Diario La Gaceta el 10 de marzo de 2014 mediante Decreto Ejecutivo PCM-006-2014 con el interés de aprovechar sosteniblemente los recursos naturales e incrementar el porcentaje de energía limpia. Establece el proyecto denominado

“Programa para el Desarrollo de Producción Agrícola, Forestal y Comunitaria con Plantas Industriales de Productos Agroalimentarios, Forestales, de Biocombustibles y Energéticas a través de Biomasa” que se ejecuta mediante un contrato de fideicomiso anual. El Programa cuenta con cinco grandes componentes:

1. Diseño del Programa, estableciendo con precisión las áreas de cultivo, fuentes y estructura de irrigación, el dimensionamiento y conformación tecnológica de las plantas agroindustriales, biocombustibles y energéticas, y el cronograma y presupuesto de ejecución de las actividades hasta lograr alcanzar niveles altos de productividad y la plena operación en las mismas;

2. Organización, Apoyo Técnico y Capacitación Comunitaria, a través de Sociedades Anónimas de Pequeños Productores Agrícolas, Asociaciones Campesinas o Cooperativas Campesinas, para la producción agrícola, realizando un intenso proceso de promoción y organización de los productores y aprovechando su presencia en la zona;

3. Desarrollo de procesos de asistencia técnica y productiva para las actividades de preparación, siembra, cosecha y mantenimiento agrícola bajo parámetros consistentes con las condiciones agroecológicas y climáticas de la zona;

4. Construcción de las Plantas Industriales de productos agroalimentarios, de biocombustibles y energéticas bajo la figura de un proyecto llave en mano que asegure el uso de la más moderna tecnología adaptada a la realidad presente en la zona del proyecto;

5. Administración, Operación y Comercialización del Programa, durante el período de duración del fideicomiso

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Planteado el problema de investigación y desarrollado el marco teórico, en este capítulo se detalla la metodología de la investigación, explicando las técnicas y procedimientos usados para la realización del estudio y el logro de los objetivos propuestos. Se expone de manera breve auxiliándose de una matriz metodológica y de un diagrama de operacionalización de variables.

3.1 Congruencia Metodológica

Todo estudio de investigación debe tener un planteamiento y diseño metodológico congruente, debe mostrar cohesión en cada una de sus partes, para ello es útil realizar una matriz metodológica que permita relacionar todas las partes del diseño de la investigación de una manera breve, y así confirmar que hay congruencia en la investigación, corroborando una secuencia lógica en cada una de las partes que la conforman.

En la matriz metodológica se detallan todos los aspectos importantes de la investigación y se comprueban que estén estrechamente relacionadas entre sí, se presenta a continuación en la siguiente página, en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz Metodológica

Título	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
			General	Específicos	Independiente	Dependiente
Estudio de prefactibilidad de la sustitución de Biomasa Forestal por Leucaena Macrophylla en la Azucarera Tres Valles	¿Es factible económicamente la sustitución de biomasa forestal residual por el uso de Leucaena Macrophylla en Tres Valles?	¿Cuáles son los costos de cultivo, cosecha y transporte de la Leucaena Macrophylla para la Compañía Tres Valle?	Evaluar la rentabilidad financiera de la sustitución del uso de biomasa forestal residual por el cultivo de Leucaena en Tres Valles para asegurar el abastecimiento de materia prima necesaria para la generación de energía.	Calcular los costos del cultivo, cosecha y transporte de la Leucaena Macrophylla en la Azucarera Tres Valles.	Costos de cultivo de Biomasa Forestal	Rentabilidad Financiera del reemplazo de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla (VAN)
		¿Cuál es el método de siembra de Leucaena Macrophylla recomendable para la Azucarera Tres Valles?		Determinar el método de siembra de Leucaena Macrophylla más viable económicamente para la empresa.	Variables Técnicas	
		¿Cuál sería la Tasa Interna de Retorno (TIR), el año de recuperación y el Valor Presente Actual (VAN) de la siembra y uso de Leucaena Macrophylla para la Azucarera Tres Valles?		Determinar la TIR, el año de recuperación y la VAN del reemplazo de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla.	Costos de cultivo de la Leucaena Macrophylla y Costos de biomasa forestal	
				Desarrollar una propuesta de proyecto basado en los resultados del estudio que permita encontrar una solución a la necesidad de materia prima	Costos de cultivo de la Leucaena Macrophylla y Costos de biomasa forestal	

Fuente: (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, 2020)

3.1.1 Operacionalización de las Variables

Es fundamental para la realización de una investigación definir de manera conceptual y operacional las variables que componen el problema de investigación, partiendo de lo general a lo específico, lo cual permite realizar un análisis de cada una de las partes, se puede observar la operacionalización en la figura 7.

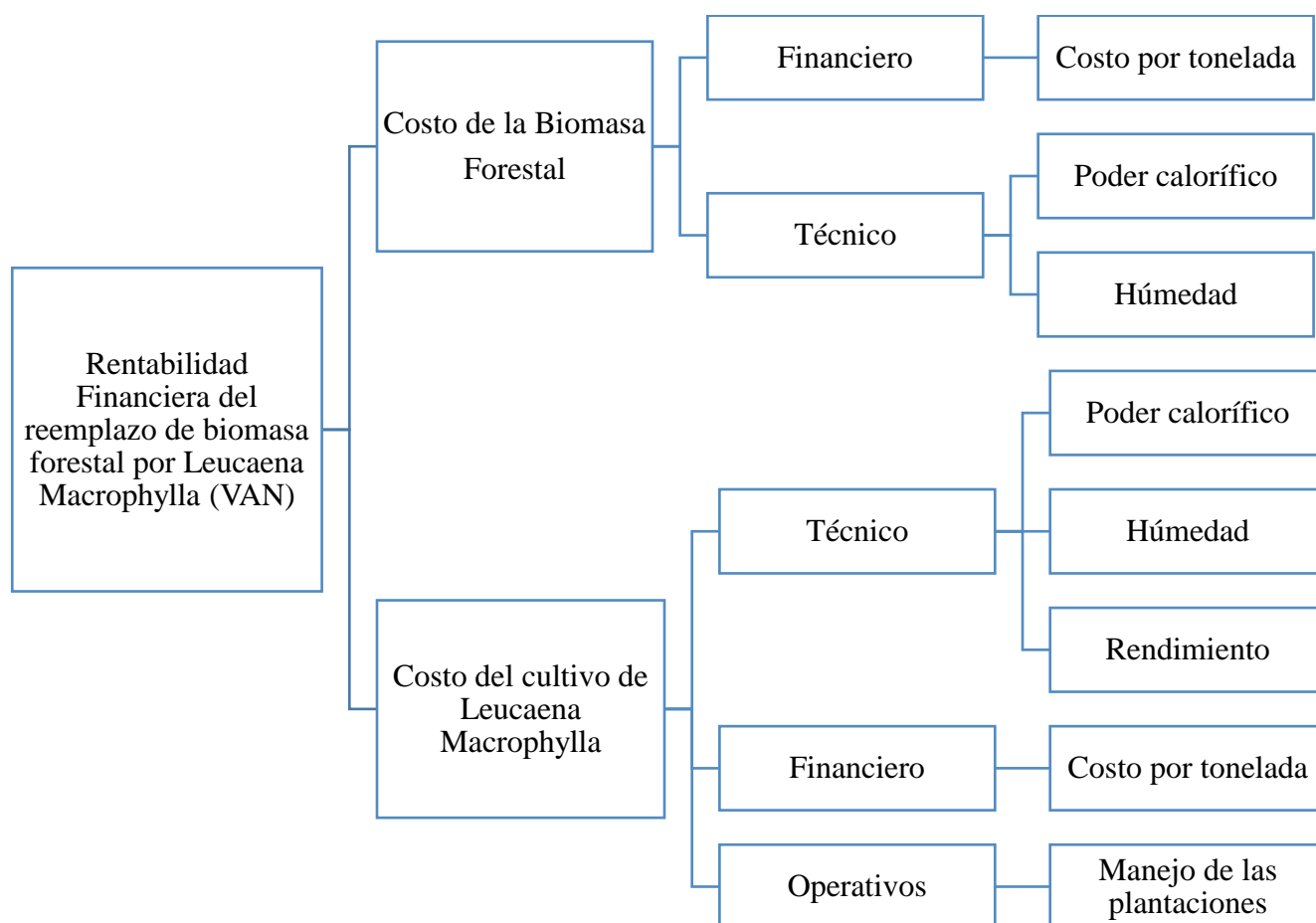


Figura 7. Operacionalización de las variables

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 3. Operacionalización de las Variables

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Repuestas	Escala	Técnica
	Conceptual	Operacional					
Costos de la Biomasa Forestal	Cantidad de dinero que la empresa debe pagar por tonelada de biomasa para generación	Fijar un precio por tonelada de biomasa forestal para generación	Financiera	Costo por tonelada	\$US/T	Razón	Análisis financiero
			Técnico	Poder calorífico	Kcal/Kg	Continuas	Calorímetro
				Humedad	%	Continuas	Determinador de humedad
Costo del cultivo de Leucaena Macrophylla	Cantidad de dinero que la empresa debe invertir por tonelada de Leucaena Macrophylla cultivada	Fijar un precio por tonelada de Leucaena Macrophylla cultivada para generación de energía	Financiera	Costo por tonelada	\$US/T	Razón	Análisis financiero
			Técnico	Poder calorífico	Kcal/Kg	Continuas	Calorímetro
				Humedad	%	Continuas	Determinador de humedad
				Rendimiento	T	Continuas	Balanza
			Operativos	Manejo de las plantaciones	\$US/T	Razón	Análisis financiero
Variable Dependiente	Definición		Dimensión	Indicador	Repuestas	Escala	Técnica
Conceptual	Operacional						
Rentabilidad Financiera del reemplazo de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla (VAN)	Criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer las ganancias o pérdidas	Es la suma de todos los flujos descontados en el presente menos la inversión inicial.	Financiera	VAN	%	Razón	Análisis financiero
				TIR	%	Razón	
				IR	%	Razón	
				Costo por tonelada	\$US	Razón	
				Energía generada	BTU	Razón	

Fuente: (Elaboración propia)

3.1.2 Hipótesis

Las hipótesis son las guías de una investigación, sirven para indicar lo que se quiere probar y se definen como explicaciones que pueden ser o no correctas para el tema investigado, se formulan a base de la teoría existente y se formulan a manera de proposiciones, son respuestas provisionales a las preguntas de investigación. (Hernández et al, 2013)

H_i: La sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* permite asegurar el abastecimiento de materia prima para la generación de energía de una manera rentable, obteniendo una VAN mayor que 0.

H₀: La sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* no permite asegurar el abastecimiento de materia prima para la generación de energía de una manera rentable, la VAN es menor o igual que 0.

3.2 Enfoque y Métodos

El enfoque de la investigación es mixto, predominando lo cuantitativo en la toma de decisiones y porque el punto focal fueron los datos obtenidos mediante la medición y utilización de la estadística para poder comprobar la hipótesis, permitiendo que este análisis pueda ser replicado varias veces y se obtengan los mismos resultados, permite predecir de manera precisa si la hipótesis se cumple o no, cabe mencionar que el principal objetivo era realizar una comparación y para ello el enfoque cuantitativo es el enfoque adecuado, sin

embargo, era necesario agregar el enfoque cualitativo para poder analizar los diferentes escenarios, y encontrar la solución más adecuada al problema en cuestión.

Se utiliza un diseño no experimental debido a que no se manipulan las variables independientes y las observaciones de estas, son hechas tal y como ocurren en su ambiente natural para un análisis posterior. No hay control sobre las variables independientes, ni alguna manera de influir en ellas. Se aplica un diseño no experimental transeccional porque la recolección de datos se realiza en un único momento para luego describirlas y analizarlas.

Presenta un diseño transversal ya que la recolección de datos se da en un solo momento, y presenta un alcance descriptivo, porque recoge información de las variables para analizar sus datos, sin importar cómo se relacionan éstas entre sí, a detalle en figura 8.

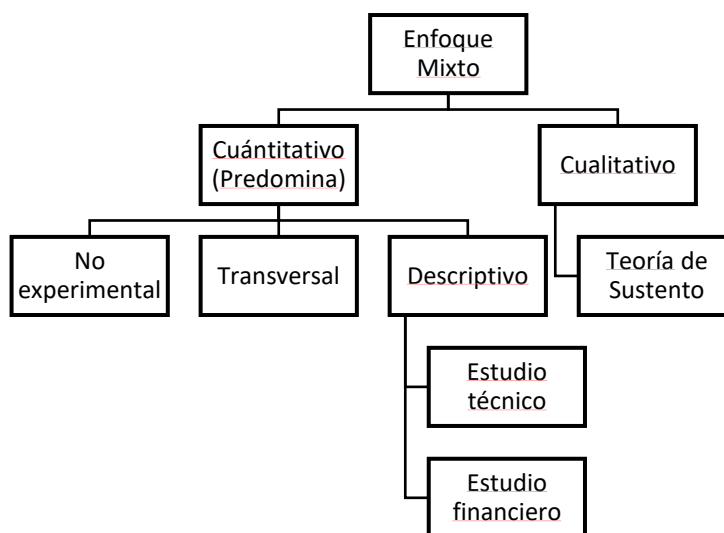


Figura 8. Diagrama de enfoques y métodos

Fuente: (Elaboración propia).

3.3 Diseño de la Investigación

En la tabla 4 se muestran las estrategias que se implementarán en la investigación para cumplir con los objetivos propuestos en la investigación.

3.4 Técnicas de Recolección de datos.

Para la recolección de la información se hizo mediante la exploración de estudios y artículos técnicos realizados en Honduras, estudios en los que se trabajó directamente con la *Leucaena Macrophylla*.

Tabla 4. Plan estratégico de la investigación

Estrategia	Actividades	Recursos		Tiempo de Ejecución	Responsables
		Humanos	Materiales		
Estudio financiero	Recolección de datos	2 personas	Computadora	30 días	Angie Márquez
			Internet		Claudia Lemus
			Word y Excel		
	Realización de Base Estadística	2 personas	Internet	30 días	Angie Márquez
			CRAI		Claudia Lemus
	Análisis financiero	3 personas	Datos recolectados	1 día	Angie Márquez
					Claudia Lemus
Excel			Javier Gutiérrez		

Fuente: (Elaboración propia)

La información sobre la disponibilidad de la biomasa forestal se tomó de anuarios más actuales del país realizados por el Instituto de Conservación Forestal (ICF), y de las tesis y estudios realizados por hondureños expertos en la materia que hicieron un esfuerzo por cuantificar dicha información con tan poca disponibilidad de datos.

Para tomar datos específicos del cultivo de *Leucaena*, el ingeniero Javier Gutiérrez, coordinador del área de Biomasa de la Compañía Azucarera Tres Valles y su equipo, realizaron una siembra piloto en un terreno propiedad de la empresa, tomando mediciones en diferentes períodos de tiempo para proceder al análisis de estos, midieron altura, tiempo de crecimiento, y tomaron en cuenta las condiciones a las que estuvieron sometidas. La información de los costos fue facilitada por la compañía.

3.4.1 Técnicas e Instrumentos Aplicados

“En la investigación disponemos de múltiples tipos de instrumentos para medir las variables de interés y en algunos casos llegan a combinarse varias técnicas de recolección de los datos” (Hernández Sampieri et al., 2013,p.217).

3.4.1.1 Calorímetro

La Compañía Azucarera Tres Valles ha invertido en un calorímetro para poder analizar el poder calorífico de la materia prima, actualmente lo usan para poder determinar la calidad de la biomasa a mezclar con el bagazo de caña de azúcar. Este calorímetro es usado

eventualmente cuando necesitan evaluar la eficiencia de la materia prima en la combustión de la caldera para generación.

3.4.1.2 Determinador de humedad

La empresa actualmente no cuenta con un espacio adecuado para el almacenamiento de la biomasa, dejando esta materia prima expuesta a las lluvias, lo cual aumenta el porcentaje de humedad, disminuye el poder calorífico, y baja la eficiencia. Actualmente la empresa no cuenta con un determinador de humedad, pero sí se pueden mandar las muestras para ser estudiadas en laboratorios.

3.4.1.3 Báscula industrial

Es necesario calcular cuántas toneladas se compran de biomasa forestal, como también lo es calcular cuántas toneladas se obtienen por hectárea de *Leucaena Macrophylla* cultivada, para pesar es necesario tener una báscula industrial.

3.4.1.4 Análisis Financiero

Una vez que se han obtenido los costos de la cosecha de *Leucaena Macrophylla* se procede a comparar con los costos de compra de biomasa forestal, para determinar cuál es más factible, teniendo en cuenta la disponibilidad de biomasa forestal que se pueda cuantificar en Honduras para uso de la empresa Tres Valles. Para realizar dicha comparación se necesita hacer uso de:

- 1) - Datos recolectados del poder calórico y rendimiento de la *Leucaena Macrophylla*, esto permitirá conocer cuántas toneladas se necesitan para poder producir energía.
- 2) - Uso de plantilla de Excel para analizar el punto de equilibrio relacionando BTU/\$ que se produce con la biomasa forestal y con la *Leucaena Macrophylla*.
- 3) - Uso de plantilla de Excel para encontrar VAN, TIR, e IR.

3.5 Fuentes de Información

Surgen de la revisión de la literatura, son aquellas que permiten obtener la información necesaria para obtener referencias y dar sustento a la investigación.

3.5.1 Fuentes Primarias

Las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes. Las fuentes primarias más consultadas y utilizadas para elaborar marcos teóricos son libros, artículos de revistas científicas y ponencias o trabajos presentados en congresos, simposios y eventos similares, entre otras, razones, porque estas fuentes son las que sistematizan en mayor medida la información, profundizan más en el tema que desarrollan y son altamente especializadas, además de que se puede tener acceso a ellas por internet. (Hernández et al., 2013)

En esta investigación las fuentes primarias son las entrevistas realizadas, los datos obtenidos por parte de la empresa Tres Valles, boletines de la ENEE y la CEPAL y las mediciones obtenidas de la prueba piloto.

3.5.2 Fuentes Secundarias

Se integran con toda la información escrita existente sobre el tema, ya sea en estadísticas gubernamentales (fuentes secundarias ajenas a la empresa) y estadísticas de la propia empresa (fuentes secundarias provenientes de la empresa). El investigador debe saber exactamente cuál es la información que existe y con esa base decidir dónde realizará la investigación. Se enumeran las principales fuentes secundarias en la siguiente imagen.



Figura 9. Fuentes secundarias de información

Fuente: (Elaboración propia)

3.6 Limitantes de Estudio

Una de las principales limitantes es los escasos de información sobre biomasa forestal en el país, la poca disposición de estudios referentes al tema y la falta de datos estadísticos que permitan cuantificar la biomasa forestal en el país. Otra limitante es la competitividad que presentan las empresas generadoras con biomasa en el departamento de Cortés, lo cual mantiene la mayor parte de la información de las empresas de manera privada.

No fue posible establecer una relación de costo por kw/h ya que información sobre el costo de cogeneración no fue proporcionada, primero porque el enfoque del estudio evalúa nada más la producción de biomasa y no la producción o generación de energía eléctrica, y segundo porque la información es confidencial para la empresa.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis técnicos realizados, que llevan al análisis de los costos del proyecto, lo cual permitió encontrar la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el año de recuperación de la inversión, estos cálculos permiten conocer si es factible o no, el cambio de biomasa residual por *Leucaena Macrophylla*, en la Compañía Azucarera Tres Valles.

Se determinó la parte técnica en base a investigaciones previas y recolección de datos por medio de fuentes primarias y secundarias. Los cálculos realizados se hicieron en base a información facilitada por la empresa Tres Valles, resultado de los últimos años de cogeneración a base de bagazo de caña de azúcar con mezcla del 15% de biomasa forestal, incluyendo también una plantación piloto de ocho hectáreas de cultivo de *Leucaena Macrophylla* en el mes de agosto de 2021.

Para el análisis de los datos se detallan cada una de las variables financieras y técnicas que permiten conocer la rentabilidad del proyecto.

4.1 Descripción del Proyecto

La Compañía Azucarera Tres Valles desde 1975 se dedica a la producción de azúcar de caña, en un principio fue llamada con el nombre de “Azucarera Cantarranas”, tiene un área de influencia que abarca desde la zona del Zamorano hasta el Valle de Talanga, y presenta la principal fuente de empleo de la zona de manera directa e indirecta, tanto en el período de

zafra como de interzafra. También se dedica a la generación de energía para autoconsumo mediante el aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar, con una mezcla del 15% de biomasa forestal residual de pino, sin embargo, por la falta de disponibilidad de esta, la empresa tiene la necesidad de buscar una opción para reemplazar la biomasa forestal residual por un nuevo material energético, por lo que se propone un cultivo dendroenergético.

Debido a lo expuesto y tomando en cuenta diferentes estudios previos en el país como ser “Crecimiento y sobrevivencia de seis especies para fines dendroenergéticos” de Oswaldo Figueroa en el 2012 y otros que le preceden, los cuales han demostrado que con diferentes tratamientos y suelos del país la *Leucaena Macrophylla* presenta un mayor poder calorífico en comparación a otras plantaciones dendroenergéticas, tomando en cuenta también un buen porcentaje de rendimiento por tonelada y tasas de sobrevivencia considerables, en el presente trabajo se propone reemplazar la biomasa forestal residual por el cultivo de *Leucaena Macrophylla*, para lo cual es menester comprobar si es económicamente factible o no, está sustitución para la compañía azucarera.

4.1.1 Información del Proyecto

Ubicación: Aldea El Porvenir, del Municipio de San Juan de Flores en el Departamento de Francisco Morazán, a una elevación de 600 msnm.

Disponibilidad del terreno: El ingenio no cuenta con disponibilidad de hectáreas para el cultivo de *Leucaena Macrophylla*, ya que todos sus terrenos se utilizan para cultivar caña

de azúcar, e incluso alquilan tierras cuando es necesario. El estudio determina cuántas hectáreas de *Leucaena Macrophylla* se necesitan cultivar para abastecer la demanda, y éstas deberán ser alquiladas a no más de 50-65 km del ingenio azucarero.



Tabla 5. Vista aérea de la Compañía Azucarera Tres Valles

Fuente: (Google Maps)

4.1.2 Establecimiento y Manejo de las Plantaciones

En esta sección se explica la manera de establecer las plantaciones, cómo será el método de propagación, lo cual indica la preparación necesaria, para después establecer el diseño de las plantaciones, también delimita qué actividades de manejo de los cultivos de *Leucaena Macrophylla* se necesitan ejecutar para que la materia prima llegue a las instalaciones de Tres Valles y pueda ser ingresada directamente a la caldera para generación de energía eléctrica mezclado con el bagazo de la caña de azúcar. Todos los detalles a continuación son la pauta principal para establecer los costos del cultivo de *Leucaena*.

- 4) Una vez que se ha elegido el método de propagación que por temas de abaratar costos será de siembra directa por medio de semillas ya que el precio de las semillas es de L 1,400 por kg, con la cual se puede sembrar una hectárea con medio kilogramo, es decir por L 700, por otra parte cada planta de vivero tiene un costo de L 3.00 a L 4.00 por planta y se necesitan 7,200 plantas por hectárea, lo cual encarece el proyecto, necesitando invertir L 25,200.00 por hectárea solo en la adquisición de las plantas, la comparación se puede observar en la tabla 7.

Al costo de la compra de semillas o plantas se le debe sumar las actividades de preparación del terreno y al comparar el costo por medio de plántulas versus el costo de siembra por semilla, más los resultados obtenidos después de cada tipo de siembra el costo por plantas no son justificables, por lo tanto se elige la siembra directa por semillas

y se procede a determinar el diseño de la plantación y se explican todas las actividades necesarias para la siembra directa, aplicables también en la siembra con plantas de vivero.

Tabla 6. Comparación inversión por hectárea en compra de semilla versus plántula

Descripción	Unidad de medida	Detalles	Costo	Cantidad	Costo
Necesidad por hectárea					
Plántula			L 3.5	7200	L 25,200
Costo de semilla	Kg	1/2 kg	L 1,400	1	L 700

Fuente: Elaboración propia, detalles obtenidos de Asociación Azucarera Tres Valles.

4.1.2.1 Preparación del terreno

Son pocos los terrenos que no requieren de un tratamiento previo a la plantación. De estos cultivos se requiere obtener la mayor cantidad de biomasa en el menor tiempo posible y adicionalmente se necesitan varios ciclos de cosecha en el mismo sitio, entonces, se deben realizar actividades de labranza que preparen el suelo para el establecimiento del cultivo.

Teniendo en cuenta resultados obtenidos en trabajos experimentales mencionados en el capítulo II y manuales de siembra de la *Leucaena Macrophylla*, se decidió que para la preparación del terreno se debe llevar a cabo una prelimpieza del terreno para remover cualquier plantación, árboles o rocas que se encuentren en el terreno de siembra, también una limpieza que ya es más profunda y remueve todo lo que se encuentre en el área delimitada. Por último, en la preparación, se debe hacer una roturación con maquinaria para remover el suelo, esto para favorecer el prendimiento y el crecimiento de las raíces, todas estas

actividades influyen en los costos de cosecha, pero también, influirán en la tasa de mortalidad, el rendimiento por hectárea que se obtendrá y al final repercute en la generación de energía, y de manera significativa en la rentabilidad del proyecto.

4.1.2.2 Densidad

Al momento de realizar un proyecto que incluya la siembra se debe tomar en cuenta la densidad, que es básicamente el número de plantas a sembrar por unidad de área del terreno y para determinar la distancia o el espacio que deberá ocupar cada planta a cultivar se consideran varios aspectos, como la altura de la planta, el follaje, el crecimiento. Al conocer la densidad también se puede concluir que la producción se puede reducir.

Se han realizado ya diferentes estudios que han permitido comprobar la obtención de mejor incremento diamétrico en espaciamientos más amplios, por ello, se decidió cultivar 7,200 plantas por hectárea. Se debe considerar que la densidad influye también en los costos porque afecta al número de rendimiento por hectáreas, también indica el número de hectáreas necesarias para alquilar y así obtener el cultivo de las 36,000 toneladas que requiere la Compañía Azucarera Tres Valles para el período de zafra que es el de mayor demanda.

4.1.2.3 Diseño de Plantación

El diseño de plantación será de tresbolillo tomando en cuenta que en diferentes estudios como ser “Potencial Energético de la Especie *Leucaena Macrophylla* Benth Establecida En Plantaciones Bajo Tres Espaciamientos, en el Bosque Húmedo Sub-Tropical

De Potrerillos Cortes”, en este estudio se basó específicamente en determinar el espaciamiento que mejores resultados podría dar en el cultivo de la *Leucaena Macrophylla*, siendo tresbolillo el que rindió mejores resultados en cuanto al desarrollo de crecimiento, la producción de biomasa y en las propiedades energéticas, incluso mejor rentabilidad y mejor eficiencia en la producción energética.

4.1.2.4 Siembra

Tal cual se explicó anteriormente después de comparar los costos de siembra directa, por medio de la semilla versus el costo de siembra de plántulas, las cuales han sido cuidadas previamente, se decidió que el tipo de siembra sería directa por semilla. Las plántulas al estar en vivero, sin competencia por el suelo, con todos los cuidados necesarios presentan un porcentaje de 92% de sobrevivencia en comparación a un 65% de sobrevivencia por semilla en la siembra directa, sin embargo, los costos no justifican ese porcentaje de sobrevivencia. La decisión de siembra por semilla sí afecta en las actividades de preparación del terreno, ya que se deberá hacer una roturación, aun así, sigue siendo mejor rentablemente la siembra directa.

4.1.2.5 Control de Maleza

Siguiendo indicaciones de estudios previos se harán dos aplicaciones de herbicidas para controlar de manera química la aparición de malezas que compitan por el espacio y los nutrientes del suelo con los cultivos de *Leucaena Macrophylla*. Las aplicaciones de

herbicidas deben ser contempladas en los costos del primer año, se incluyen en los costos de inversión, y deben ser tomadas en cuenta ya que de manera financiera influye y también en el índice de sobrevivencia de las plantas afectando directamente al rendimiento por tonelada esperado, que incide en la generación de energía para autoconsumo en el período de zafra.

4.1.2.6 Fertilización

La fertilización en una siembra es parte del manejo de la plantación ya que a través de esta acción es posible suministrarle a la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo y así lograr una producción rentable, por ello, es necesario realizar una adecuada fertilización del suelo. Lo más recomendable es hacer un estudio de suelos para saber qué fertilizante usar, pero conociendo los requerimientos de la *Leucaena Macrophylla* será omitido.

En base a que “La plantación no responde a la fertilización si el contenido de pH de fósforo es deficiente en suelos con pH alcalino”(CATIE, 1991, p14). Tomando en cuenta también los resultados de ensayos con *Leucaena* donde se indican que la planta es una especie para suelos alcalinos o ligeramente ácidos, con una concentración asimilable de fósforo y calcio se aplicará el fertilizante 18-46-0 el cual contiene 18% de nitrógeno y 46% de fósforo. Dicho fertilizante se aplicará a los dos meses después de la siembra, y una segunda fertilización a los 6 meses, esto con el objetivo de tener una mejor producción de biomasa, lo cual incide en costos, pero también en el rendimiento que se obtendrá de manera prima para generación.

Fajardo et al., 2017 concluyó que:

En los ensayos establecidos en INCAL, hubo una respuesta notable en la producción de biomasa después de haber sido fertilizado a los 12 meses. Incrementando 48% su producción de los 12 a los 18 meses y 77% de los 12 a los 24 meses. (p. 9.)

4.1.2.7 Aprovechamiento

Se deberá realizar un aprovechamiento de manera manual ya que no se puede ingresar maquinaria en el espaciamiento de 1.25m x 1.25m, por tanto, se necesita contratar jornales que ayuden a cortar con sierra eléctrica y cargar los troncos ya cortados a la chipeadora, y ya chipeada la materia prima se pueda transportar hacia la caldera. Se pretende cortar las 200 toneladas de *Leucaena Macrophylla* al día para que puedan ser utilizadas, y así suplir con la necesidad de 6,000 toneladas mensuales en el período de zafra.

El primer corte se hará a los 12 meses de la plantación, y será a 40 cm de la superficie del suelo para poder obtener un rendimiento adecuado y no desaprovechar la materia prima, ya que tal como se explicó en el capítulo II 2.3.1.6 se concluyó que el corte de 100cm o 40cm de altura no afecta la capacidad de rebrote de la *Leucaena Macrophylla*. El primer corte se podría hacer hasta los 18 meses lo cual haría más atractivo el proyecto rentablemente porque se obtendría mayor rendimiento de tonelada por hectárea, pero en vista de la necesidad que presenta la Compañía Azucarera Tres Valles y el fin primordial que es proporcionar materia

prima que permita generar energía para autoconsumo, se contemplará a los 12 meses de cosecha.

4.1.2.8 Poder calorífico

El poder calorífico depende del porcentaje de humedad, por ello es importante almacenar la materia prima en un lugar adecuado que este techado, como empresa Tres Valles no cuenta con un espacio para almacenamiento, lo ideal es cortar y chipear las 200 toneladas requeridas diarias en el período de interzafra, contemplando eso, se ha tomado 2,500 Kcal/kg como poder calorífico, sin embargo en condiciones óptimas puede llegar a “4,400 Kcal/kg con un 8% de humedad aproximadamente y 2500 Kcal/kg a un 45% de humedad aproximadamente” (Gutiérrez, 2018,p.21).

Se elige un escenario no tan favorable teniendo en cuenta que el porcentaje de humedad puede variar, es importante aclarar que a mayor poder calorífico mejor eficiencia energética, y menor necesidad de toneladas de materia prima necesitará la caldera para generar, debido a ello, el poder calorífico es un indicador importante en la elección del número de hectáreas a cultivar, al hacer la comparación del poder calorífico de biomasa residual de pino al 45% de humedad con el de la *Leucaena* de 2,500 Kcal/kg se encuentran que son necesarias solo 31,680 toneladas de *Leucaena Macrophylla* versus 36,000 toneladas de biomasa residual de pino, lo cual se ve reflejado en los costos por toneladas, ya que serán 4,320 toneladas menos de manera mensual gracias a que la *Leucaena Macrophylla* tiene un mayor poder calorífico.

4.1.2.9 Rendimiento por Hectárea

Según un estudio de cultivos de *Leucaena Macrophylla* con fines dendroenergéticos realizado por (Figueroa, 2012) en la Estación Experimental La Soledad Comayagua se obtuvieron 22.79 ton/ha a los 12 meses y por otra parte en ensayos realizados en INCAL por (Gutiérrez, 2018) en el Norte del país se obtuvieron 46 ton/ha a los 12 meses aplicando arado y fertilizado de suelo dos veces, ya que (IDAE, 2008) aclara que en el mejor escenario de producción se podrían obtener 28 ton/ha, teniendo estos datos en cuenta se ha tomado a bien elegir un escenario no tan favorable de 26 ton/ha a los 12 meses de corte, lo cual nos indica que necesitamos 1,219 hectáreas de cultivo para poder sustituir las 36,000 toneladas de madera de pino para los seis meses de zafra que requiere Asociación Azucarera Tres Valles para generación.

4.1.2.10 Porcentaje de Humedad

El porcentaje de humedad disminuye el poder calorífico de cualquier biomasa, por ello es necesario tomar decisiones adecuadas para mantener la biomasa seca, Tres Valles no cuenta con silo de almacenamiento, por lo que se considera oportuno cortar las 200 toneladas de manera diaria y así evitar que la materia prima se humedezca y disminuya su poder calorífico, así la caldera podrá tener mayor eficiencia con menor necesidad de toneladas de materia prima.

4.1.2.11 Rebrote de la Leucaena Macrophylla

Al tener una alta capacidad de rebrote la Leucaena Macrophylla puede ser utilizada como cultivo dendroenergético de manera rentable, el estudio “Capacidad de Rebrote de la Especie Leucaena Macrophylla Benth, en una Plantación Establecida en un Ecosistema Húmedo Tropical en el Departamento De Cortés” por (Flores-Pinot et al., 2018) realizado en Honduras comprueba que la especie es capaz de rebrotar logrando mantener un eje por tocón e incluso más, también concluye que para la creación de un nuevo bosque debido a la misma capacidad de rebrote solo se necesita un 15% de la inversión inicial.

4.2 Costos

En este apartado se explican los aspectos que componen los costos de biomasa residual forestal y los costos del cultivo de Leucaena Macrophylla, ya que ambos representan las variables independientes del presente estudio, los costos de biomasa forestal no dependen de ninguna acción que se pueda hacer por parte de la empresa ya que están dando por los vendedores de dicha materia prima.

4.2.1 Costos de Biomasa Residual

Los costos de biomasa residual fueron obtenidos de la empresa INCAL S.A. de C.V. de los últimos 10 años y posee aproximadamente un incremento anualmente de un 10%. Los costos mencionados se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 7. Costo de Biomasa Residual del 2011-2020.

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Precio de compra L/ton	650	700	767	791	832	955	942	1000	1038	1075	1183
Aumento en L por año	50	67	24	41	123	-13	58	38	37	108	1075

Fuente: (Gutiérrez, 2018)

Dichos costos cubren transporte y compra de la biomasa forestal residual, que es residuos de pino de aserraderos, de bosques de se dañaron por la plaga o incendios, de las diferentes actividades de aprovechamiento, y por tanto, es oportuno analizar cuánto incrementa ese costo de manera anual y la disponibilidad de esta materia prima.

4.2.1.2 Disponibilidad de Biomasa Forestal Residual

Se reporta que en Honduras hay una generación neta acumulada para el año 2021 de 43,569.1 MW/h solo con biomasa, habiendo 14 empresas que se dedican a la generación con biomasa para autoconsumo y para venta a la ENEE (ENEE, 2021). Por otra parte, Gutiérrez, (2018) en un esfuerzo por contabilizar la disponibilidad de materia prima resuelve que en el 2017 se contaba solamente con 22,330 toneladas de residuos forestales para uso de biomasa, cabe mencionar, que esa cantidad ha disminuido debido a los diferentes factores mencionados en el Capítulo II, tal como se puede observar en la tabla 9, hay poca disponibilidad de este material energético y es complejo asegurar la cantidad requerida durante el período de zafra.

Tabla 8. Disponibilidad de Residuos Forestales para uso de Biomasa

Año	M ³ reportados extraídos de Planes de Manejo	M ³ de Madera Aserrada	Desperdicio de Aserrijo de Industria [Extraído - Aserrado]	Desperdicio de Aprovechamiento en el Bosque [Rend. Del 55%]	M ³ de suma de Desperdicio de Industria y de Aprovechamiento	Conversión a Toneladas con Factor de Densidad de 550 Kg/m ³	Toneladas de Materia Biomasa Disponible por Mes
2006	873,100	402,830	470,270	392,895	863,165	474,741	39,562
2007	821,900	369,575	452,325	369,855	822,180	452,199	37,683
2008	661,500	341,712	319,788	297,675	617,463	339,605	28,300
2009	523,900	267,217	256,683	235,755	492,438	270,841	22,570
2010	464,200	234,906	229,294	208,890	438,184	241,001	20,083
2011	461,500	246,462	215,038	207,675	422,713	232,492	19,374
2012	427,200	254,009	173,191	192,240	365,431	200,987	16,749
2013	536,100	286,557	249,543	241,245	490,788	269,934	22,494
2014	517,000	314,151	202,489	232,650	435,499	239,524	19,960
2015	483,900	284,198	199,702	217,755	417,457	229,601	19,133
2016	502,200	260,526	241,674	225,990	467,664	257,215	21,435
2017	550,900	311,615	239,285	247,905	487,190	267,954	22,330

Fuente: (Gutiérrez, 2018)

4.2.2 Costo de Leucaena Macrophylla

Los costos del cultivo de Leucaena Macrophylla sí se pueden modificar según el tipo de establecimiento y manejo de las plantaciones explicado anteriormente. Hay pocos estudios sobre plantaciones dendroenergéticas en Honduras, específicamente de la Leucaena Macrophylla se encuentran algunas tesis con diferentes experimentaciones en el campo, por ejemplo del departamento de Comayagua y Cortés, sin embargo, hay que tener en cuenta que los costos de cultivo, el establecimiento y manejo de las plantaciones va a cambiar dependiendo de varios factores como ejemplo, el tipo de suelo, el clima, la ubicación, éstos

nos dan una pauta de que método de siembra se debe emplear y cuál debe ser el diseño de la plantación, y todo esto repercute en los costos de cultivo, por ello se detalló la relación de cada actividad técnica en las secciones anteriores.

Los costos de producción de plantaciones dendroenergéticas como se la *Leucaena Macrophylla* dependen de varios factores que van cambiando según el caso, y éstos no son fáciles de predecir, hay diferentes causas de incertidumbre, entre ellas las dos principales son el rendimiento del cultivo t/ha y año, y el número de rotaciones que se pueden realizar antes de su reemplazo. (ESCAN, 2008)

Cabe destacar que los costos variables de la *Leucaena Macrophylla* fueron proyectados a una hectárea, detallando cada una de las actividades realizadas desde la siembra directa hasta el chipeado y transporte a la caldera en la Compañía Azucarera Tres Valles para que sea utilizada directamente en la generación de energía.

4.3 Resumen de Costos del Cultivo de *Leucaena Macrophylla*

Para determinar la prefactibilidad del proyecto es necesario definir los costos que se van a ejecutar para su implementación, asimismo, se deben diferenciar y reconocer su importancia para la ejecución de este, en este caso se han determinado los siguientes costos:

- 1 Producción: son todos aquellos que estarán relacionados de manera directa con el cultivo de la *Leucaena Macrophylla*.

- 2 Transporte: todos aquellos costos que están relacionados con la movilización de la materia prima hacia la planta generadora.
- 3 Costos de almacenamiento: en caso de que sea necesario construir un silo para almacenar la materia prima recolectada.
- 4 Mano de obra: todos aquellos costos relacionados al personal que ejecutará las acciones de cultivo, transporte y almacenamiento.
- 5 Costos administrativos: todos los costos relacionados a dirigir las actividades de cosecha, transporte y almacenamiento de la *Leucaena Macrophylla*.

Para poder cuantificar los costos del cultivo de *Leucaena Macrophylla* se debe tener en cuenta los costos de siembra que son considerados como la inversión inicial, costos de mantenimiento, de transporte, de mano de obra y en el caso de Tres Valles es necesario incluir costos de chipeado, de cargado y de transporte hasta el área de caldera, ya que es el propósito específico por el cual se está realizando dicho cultivo, que sirva de materia prima mezclado con bagazo para la producción de energía para autoconsumo de la empresa en los períodos de zafra e interzafra.

En este apartado se detallan los costos mencionados anteriormente, todo con el fin único de poder asegurarle a la empresa la materia prima que reemplace la biomasa forestal residual.

4.3.1 Costos de Siembra

La siembra será de manera directa por semilla con un distanciamiento de 1.25mx1.25m en tresbolillo, y se detalló en la sección 4.1.2.2 Densidad, donde se explica sobre la densidad que tendría una densidad de 7,200 árboles por hectárea, tomando en cuenta un poder calorífico de 2,500 kcal/kg, con el objetivo de obtener 26 ton/ha.

Se decidió tomar 2,500 kcal/kg como poder calorífico contemplando un 45% de humedad teniendo en cuenta el dato mencionado anteriormente: “4,400kcal/kg con un 8% de humedad aproximadamente y 2500kcal/kg a un 45% de humedad aproximadamente” (Gutiérrez, 2018, p.21) y también para poder hacer una comparación justa con el poder calorífico de la madera de pino que es 2,200 kcal/kg a un 45% de humedad.

Los costos de siembra se harán en el año cero, cuatro y ocho, siendo estos dos últimos más baratos porque no será necesario comprar semillas ni plantas, se utilizarán las semillas de los mejores especímenes obtenidos en los primeros tres años del proyecto.

Tabla 9. Resumen de costos de inversión inicial por hectárea con plantación de siembra por semilla.

INVERSIÓN INICIAL POR HECTÁREA - SIEMBRA DIRECTA					
Descripción	Unidad de medida	Detalles	Costo	Cantidad	Costo/ha
Costo de semilla	Kg	Se necesita 1/2 kg por ha	L 1,400.00	0.50	L 700.00
Alquiler del terreno	ha	Pago anual	L 6,167.00	1	L 6,167.00
Actividades de Preparación de Terreno					
Prelimpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Limpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Roturación con maquinaria	Jornal	1 día	L 268.25	7	L 268.25
Bulldozer					L 12,016.83
Siembra directa		8 días hombre	L 268.25	8	L 2,146.00
Raya de siembra	3 horas/ha		L 1,500.00	1	L 1,500.00
2do Deshierbe	L/ha	Día hombre	L 160.00	3	L 425.60
Fertilización	43 kg - 1 saco	Se necesitan 4 sacos por ha	L 855.00	4	L 3,420.00
Mano de obra fertilización		2 día hombre	L 268.25	2	L 536.50
INVERSIÓN INICIAL					30,935.68

Fuente: (Elaboración propia con datos obtenidos de cotizaciones, ver anexo 1 y 2)

En los costos de siembra explicados en la tabla 10, se incluyen los costos de preparación del terreno, tratamiento de malezas y fertilización, compra de semilla, y el trabajo de mano de obra requerido y el arrendamiento del terreno, todas las actividades para llevar a cabo el establecimiento de las hectáreas lo cual al final proyecta un costo de L 30,934.00 por hectárea, que en las 1,219 hectáreas requeridas es una inversión inicial de L 37,708,155.92, también se presenta en la tabla 11 los costos de inversión inicial que se necesitarían en caso de hacer siembra con plantas. La tabla 10 y 11 permite comparar el costo de siembra por semilla y planta.

Tabla 10. Resumen de costos de inversión inicial por hectárea con plantación por plántulas.

INVERSIÓN INICIAL POR HECTÁREA - SIEMBRA POR PLANTA					
Descripción	Unidad de medida	Detalles	Costo	Cantidad	Costo
Plantula	1	Costo de L3 a L4 por planta	L 3.5	7200	L 25,200
Alquiler del terreno	ha	Pago anual	L 6,167	1	L 6,167
Actividades de Preparación de Terreno					
Prelimpieza	Jornal	7 días hombre	L 268	7	L 1,878
Limpieza	Jornal	7 días hombre	L 268	7	L 1,878
Roturación con maquinaria	Jornal	1 día	L 268	7	L 268
Bulldozer					L 6,000
Siembra directa		36 días hombre	L 268	36	L 9,648
Raya de siembra	3 horas/ha		L 1,500	1	L 1,500
2do Deshierbe	L/ha	Día hombre	L 160	3	L 426
Fertilización	43 kg - 1 saco	4 días	L 855	4	L 3,420
Mano de obra fertilización		2 día hombre	L 268	2	L 537
Costos de siembra por hectárea					56,920.85

Fuente: (Elaboración propia con datos obtenidos de cotizaciones, ver anexo 1 y 2)

4.3.2 Costo de Mantenimiento

Para lograr mejores resultados en el cultivo de la *Leucaena Macrophylla* se realizarán dos fertilizaciones durante los primeros seis meses, también aplicación de herbicidas, esto con el objetivo de lograr un mayor rendimiento por hectárea y de disminuir el índice de mortalidad.

Para los fines energéticos es muy importante que logremos un mayor rendimiento por hectárea ya que así habrá más toneladas de materia prima para la generación de energía, y se podrá realizar el primer corte a los 12 meses. El mantenimiento solo será el primer año, después la especie podrá controlar la maleza por sí misma, aun así, requiere de una inversión inicial de L5,341,170.40 por las 1,219 hectáreas totales a sembrar, estos costos ya han sido incluidos en el cuadro anterior de la inversión inicial, sin embargo, pueden ser omitidos en

caso de que favorezca la rentabilidad del proyecto, pero pueden afectar el rendimiento por tonelada.

Tabla 11. Costos de mantenimiento por hectárea y por proyecto

Descripción	Unidad de	Detalles	Costo	Cantidad	Costo
2do Deshierbe	L/ha	2.66 días hombre	L 160.00	2.66	L 425.60
Fertilización	43 kg - 1 saco		L 855.00	4	L 3,420.00
Mano de obra		2 días hombre	L 268.00	2	L 536.00
Costo por tonelada					L 168.52
Costo por hectárea					L 4,381.60
Total 1,219 hectáreas					L 5,341,170.40

Fuente: (Elaboración propia con cotizaciones realizadas a agricultores hondureños)

4.3.3 Costo de Aprovechamiento

Tal como se mencionó anteriormente tanto como para disminuir los costos de transporte y para que pueda ser utilizado en la caldera como materia prima, es necesario el uso de una chipeadora para cortar la madera de la cosecha de *Leucaena Macrophylla* al momento de hacer el aprovechamiento, lo cual permitirá que una vez transportada la materia prima a la empresa, ésta se encuentre lista para ser introducida a la caldera mezclada con el bagazo de caña de azúcar y así poder generar energía para autoconsumo.

Para procesar una tonelada en la chipeadora se necesita 0.7 galones de diésel, la Compañía Azucarera Tres Valles no cuenta con maquinaria propia para realizar las actividades de chipecado, por lo que alquila a un proveedor, con un costo de L 165.00 por

cada tonelada chiheada, cabe decir, que estos costos fueron proporcionados por la Asociación Azucarera Tres Valles, y se pueden observar en el anexo 3.

La chiheadora tiene un rendimiento de 5.5 ton/h, y se someterán a ese proceso 176 ton/día por tanto, se necesitan 4 chiheadoras trabajando 8 horas al día para cumplir con el requerimiento necesario, más el costo de seis cargadores para armar y desarmar la maquinaria y cargarla, lo cual resulta en L 222,117.36 por costo de chiheador al mes, tomando 30 días de referencia. Estos costos se empezarán a reflejar después de los primeros 12 meses, en el año 1 del proyecto y serán fijos solamente por los seis meses del período de zafra siendo L1,332,704.16 anuales.

Cabe destacar que el precio del combustible se tomó el 16 de agosto del año en curso 2021, el precio del diésel está considerado a L 82.189 el galón y el salario contempla un 5% de incremento anual según ver el anexo 5 y 6 respectivamente.

Todos los detalles de chiheado y cargado para realizar el aprovechamiento de las plantaciones cada 12 meses se puede observar en la tabla 13.

Tabla 12. Costos mensuales de chipeado y cargado.

Costo de chipeado por tonelada			
	Costo	Cantidad necesaria	Total
Diésel	L 82.66	0.7 gal	L 57.86
Costo alquiler maquinaria	L 165.00	1	L 165.00
Costo de chipeado por hectárea			
Diésel	L 82.66	18.2 gal para 26 ton	L 1,504.41
Costo alquiler maquinaria	L 165.00	26 toneladas	L 4,290.00
Cargadores	L 268.25	6	L 1,609.50
Total diario			L 7,403.91
Costo por hectárea			L 1,095.25
Costo por tonelada			L 284.77
Costo por mes			
Costo de chipeado al mes			L 222,117.36
Costo anual de chipeado			L 1,332,704.16
Costo anual por hectárea			L 197,145.59

Fuente: (Elaboración propia con datos obtenidos de la Compañía Azucarera Tres Valles)

4.3.4 Costo de Transporte

Las plantaciones de Leucaena no estarán a más de 50 – 65 km de Tres Valles, para facilitar y reducir costos de movilización de la materia prima hacia la caldera en la empresa; los costos de transporte solo se contemplan durante los seis meses de zafra, se necesita un camión por hectárea prácticamente ya que puede cargar 25 toneladas, siendo 7 viajes al día para hacer las 176 toneladas requeridas al día, lo cual da L 38,500 a L211.54 la tonelada transportada, y por mes son L1,155,000.00 en transporte, siendo L 6,930,000.00 de manera anual.

Tabla 13. Resumen de Costos de Transporte

Precio por flete		
Camión	25 ton	7 viajes por día
Costo	L 5,500.00	1 viaje
Costo diario 176 ton	L 38,500.00	
Costo mensual	L 1,155,000.00	
Costo anual	L 6,930,000.00	
Costo por ha	L 5,500.00	
Costo por ton	L 211.54	

Fuente: (Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa Tres Valles, ver anexo 4)

4.3.5 Costos de alquiler de tierras para siembra

Las Tierras que tiene la empresa no pueden ser utilizadas para siembra de *Leucaena Macrophylla* porque son ocupadas para el cultivo principal que es la caña de azúcar, por lo cual es necesario alquilar las 1,300 ha para cultivar *Leucaena Macrophylla*, estas tierras no deben estar más allá de 50-65 km de la empresa para disminuir costos de transporte. Además, el costo del alquiler de las tierras dependerá especialmente de la cercanía del terreno con el río, este precio oscilará entre L 5,000.00 y L 7,000.00 por manzana, según datos proporcionados por la Compañía Azucarera Tres Valles, lo cual en promedio por hectáreas es de L 6,167.00 haciendo un total de L7,517,573.00 por arrendamiento que deberá pagarse de manera anual durante los 10 años que dure el proyecto, estos costos deberán pagarse desde el año cero del proyecto.

4.4 Análisis financiero

El análisis financiero nos permite analizar la información contable para tener una visión clara acerca de la situación actual del proyecto y cómo se espera que evolucione el mismo, permite también proyectar los ahorros a futuro y demostrar si el proyecto es viable económicamente para la empresa o no, lo cual facilita la toma de decisiones.

4.4.1 Costo de Operación

Los costos de operación son todos aquellos que permiten mantener el proyecto en funcionamiento.

Tabla 14. Resumen de costos de operación mensuales

Costos de operación mensual	
Chipeado	L -
Transporte	L 1,155,000.00
Costo Anual en Operaciones	L 6,930,000.00

Fuente: (Elaboración propia)

4.4.2 Costo de Inversión

En este apartado se detallan los costos preoperativos para poder comenzar el proyecto y ponerlo en funcionamiento, los cuales sumados nos llevan a una inversión inicial de L L36,385,993.90.

Tabla 15. Detalle de costos de la inversión inicial

Inversión Inicial 1219 hectáreas	
Compra de semillas	L853,300.00
Alquiler de terreno	L7,517,573.00
Siembra	L4,444,474.00
Preparación del terreno	L20,072,273.42
Manejo de plantaciones	L4,822,973.50
Total	L37,710,593.92

Fuente: Elaboración propia obtenidos a través de los cálculos realizados.

4.4.3 Flujo de Fondos

Este apartado muestra la cantidad de dinero que se genera, o en el caso de este estudio que se pretende ahorrar con la instalación de las plantaciones, lo cual permite valorar los egresos en comparación con los ahorros obtenidos, y como valor agregado con la aseguración de la materia prima para generación de energía.

Tabla 16. Flujo Operativo del cultivo de Leucaena Macrophylla

COSTOS ANUALES POR HECTÁREA + 25% DE IMPUESTOS												
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Costos de siembra y mantenimiento por ha	L 30,935.68	L 6,704.00	L 6,704.00	L 6,704.00	L 30,235.68	L 6,704.00	L 6,704.00	L 6,704.00	L 30,235.68	L 6,704.00	L 6,704.00	
Costo de corte		L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	L 1,404.00	
Costo total chipeado por hectárea		L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	L 7,403.91	
Transporte del campo a la caldera por hectárea		L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	L 5,500.00	
EGRESOS ANUALES POR HECTÁREA		L 51,947.59	L 21,011.91	L 21,011.91	L 44,543.59	L 21,011.91	L 21,011.91	L 21,011.91	L 44,543.59	L 21,011.91	L 21,011.91	
EGRESOS ANUALES POR HECTÁREA +25%		L 64,934.49	L 26,264.89	L 26,264.89	L 55,679.49	L 26,264.89	L 26,264.89	L 26,264.89	L 55,679.49	L 26,264.89	L 26,264.89	

FLUJOS DE CAJA CON 25% DE IMPUESTOS												
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
COSTO MENSUAL TON LEUCAENA		L 2,497.48	L 1,010.19	L 1,010.19	L 2,141.52	L 1,010.19	L 1,010.19	L 1,010.19	L 2,141.52	L 1,010.19	L 1,010.19	
COSTO ANUAL TON Leucaena		L 79,120,178.58	L 32,002,758.28	L 32,002,758.28	L 67,843,317.05	L 32,002,758.28	L 32,002,758.28	L 32,002,758.28	L 67,843,317.05	L 32,002,758.28	L 32,002,758.28	
COSTO ton + 4%		L 2,497.48	L 1,050.60	L 1,050.60	L 2,227.18	L 1,050.60	L 1,050.60	L 1,050.60	L 2,227.18	L 1,051	L 1,051	
COSTO TONELADA PINO AL MES		L 1,182.50	L 1,253.45	L 1,328.66	L 1,408.38	L 1,492.88	L 1,582.45	L 1,677.40	L 1,778.04	L 1,885	L 1,998	
COSTO ANNUAL TON PINO		L 42,570,000.00	L 45,124,200.00	L 47,831,652.00	L 50,701,551.12	L 53,743,644.19	L 56,968,262.84	L 60,386,358.61	L 64,009,540.13	L 67,850,113	L 71,921,119	
AHORRO		-L 1,314.98	L 202.85	L 278.06	-L 818.80	L 442.28	L 531.86	L 626.80	-L 449.14	L 834.13	L 947.21	
FLUJO NETOS	-L 37,710,594	-L 36,550,178.58	L 13,121,441.72	L 15,828,893.72	-L 17,141,765.93	L 21,740,885.91	L 24,965,504.56	L 28,383,600.33	-L 3,833,776.92	L 35,847,354	L 39,918,361	
FLUJOS DESCONTADOS	-L 37,710,594	-L 17,678,872	L 3,069,811	L 1,791,207	-L 938,244	L 575,576	L 319,691	L 175,802	-L 11,485	L 51,945	L 27,978	
PERIODO DE RECUPERACIÓN		-L 74,260,772.50	-L 61,139,330.78	-L 45,310,437.06	-L 62,452,202.98	-L 40,711,317.07	-L 15,745,812.51	L 12,637,787.82	L 8,804,010.90	L 44,651,365.15	L 84,569,726.16	
PRI												
IR												
TIR												
VAN												
TASA DE CORTE												
Per, Último Nega												
Absolutio Ult Acum neg												
FC Neto												
PRI												

Fuente: (Elaboración propia)

4.4.4 Van – Valor Actual Neto

Una vez actualizados los flujos operativos se obtiene una VAN L 40,254,161.19 con un período de recuperación de cinco años con seis meses.

Tabla 17. Análisis de Sensibilidad

PRI	5.6
IR	1.07
TIR	13%
VAN	L40,254,161.19
TASA DE CORTE	12%

Fuente: Elaboración propia

4.4.5 La Tasa Interna de Retorno

La TIR obtenida es de un 13% siendo 12% la tasa mínima de rendimiento, tomando en cuenta el interés que cobran los bancos para los préstamos de este tipo de proyectos.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. Si $TIR > k$ el proyecto se acepta.

4.4.6 Comprobación de la Hipótesis

Nuestra hipótesis planteada es:

H_i: La sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* permite asegurar el abastecimiento de materia prima para la generación de energía de una manera rentable, obteniendo una VAN mayor que 0.

Una vez realizados los cálculos se obtiene que la VAN es de L40,254,161.19 este monto es mayor en comparación a la inversión inicial L 37,710,593.92, lo cual comprueba la hipótesis porque la sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* en un período de diez años no solo permite asegurar el abastecimiento de materia prima, sino que también al hacerlo nos provee de una VAN mayor que cero haciendo el proyecto rentable.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos del presente proyecto de investigación, y del análisis de los diferentes costos que incurren para la plantación de *Leucaena Macrophylla*, sumando el análisis teórico realizado en cada capítulo de la investigación, se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones para poder obtener mejores resultados.

5.1 Conclusiones

1. Según los cálculos realizados para poder cultivar, cosechar y transportar la *Leucaena Macrophylla* hasta la caldera de la Compañía Azucarera Tres Valles durante los seis meses del período de zafra, se necesita una inversión inicial de L 37,710,593.92 en el año 0, y a los primeros 12 meses que se realice el aprovechamiento se tendrán costos anuales de L12,190,322.16 que incluyen el manejo y el aprovechamiento de las plantaciones, en el cuarto y octavo año se realizara nuevamente la inversión inicial con el objetivo de renovar las plantaciones según lo recomendado en la teoría detallada en el estudio.

2. Para abaratar costos es necesario que la Compañía Azucarera Tres Valles utilice el método de siembra directa por semilla, aunque este proceso es laborioso y conlleva costos en el establecimiento de las plantaciones, estos son menores y el rendimiento por hectárea no se ve afectado en gran medida. En la compra de semilla se necesitan L 700 por cada

hectárea, haciendo un total de L 853,300.00 por las 1219 hectáreas, mientras que para compra de plantas por hectárea se debe invertir L 25,200, con un total de L 30,718,800 por las 1219 hectáreas. Cabe aclarar que para la primera siembra en el año cero, para el año cuatro y ocho no se hará compra de semillas porque se usarán los especímenes con mejores condiciones para usar sus semillas.

3. El Valor Actual Neto de los flujos operativos es de L 40,254,161.19 con una Tasa Interna de Retorno del 13%, permitiendo una recuperación de la inversión al quinto año con seis meses, siendo el periodo del proyecto contemplado a diez años, por tanto, rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

4. Realizar una sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* en la Asociación Azucarera Tres Valles es rentable económicamente en un periodo de diez o más años, y da solución al problema de falta de disponibilidad del 15% de materia prima que requiere la empresa para mezclar con el bagazo de caña de azúcar y así generar energía eléctrica para autoconsumo y disminuir costos en compra kW/h a la ENEE.

5.2 Recomendaciones

- Recomendaciones a la Empresa Azucarera Tres Valles

1. Invertir en un espacio de almacenamiento para la materia prima a utilizar en la caldera para generación disminuirá notablemente los requerimientos por toneladas que la caldera necesita de manera mensual y anual porque el bagazo de caña de azúcar tendrá mayor

poder calorífico, y esto permitirá disminuir la necesidad de las 32,000 toneladas de biomasa forestal residual que necesita actualmente, lo cual influye directamente en los costos porque en el año cuatro u ocho ya no se necesitaría sembrar 1,219 hectáreas sino que este valor disminuiría y así todos los costos de inversión y operativos.

2. Continuar con los ensayos de plantaciones de *Leucaena Macrophylla* en la zona cercana a la empresa, comparar resultados en la aplicación o no de fertilizantes, y si no se ven resultados significativos remover la fertilización en las actividades de manejo de las plantaciones para poder disminuir la inversión del proyecto en el año cero, también hacer uso del calorímetro para analizar el poder calorífico de la *Leucaena Macrophylla* que producen en sus ensayos para disminuir el requerimiento de toneladas y así directamente el número de hectáreas necesarias, lo cual llevaría a disminuir los costos y probablemente obtener una VAN mayor o igual a cero haciendo el proyecto rentable.

3. Analizar los costos de inversión de obtención de maquinaria propia para chipeado ya sea de biomasa forestal residual comprada o para cultivo de su propio cultivo dendroenergético.

- Recomendaciones a UNITEC

1. Formar alianzas con universidades como UNACIFOR y la Escuela Agrícola el Zamora para hacer estudios de esta magnitud, y así también aprovechar las fortalezas que dichas universidades tienen en ciertas carreras, que, aunque se dediquen en enfoques distintas

hay estudios que atraviesan diferentes áreas para el cual estas alianzas le serían muy útiles a los estudiantes de pregrado y posgrado.

2. Incluir en el plan de estudios de la maestría de Gestión de Energías Renovables más trabajo de campo que permitan aclarar, reforzar y aplicar los diferentes temas estudiados en cada una de las clases, para que en la realización de la tesis se tenga un panorama más claro de las actividades necesarias a realizar en el campo de investigación elegido.

CAPÍTULO VI

APLICABILIDAD

En el presente capítulo se detalla el plan de acción a seguir en donde se proponen las actividades a realizar para llevar a cabo el reemplazo de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* en Tres Valles.

6.1 Título de la Propuesta:

Implementación para la Sustitución de Biomasa Forestal por *Leucaena Macrophylla* en Azucarera Tres Valles.

6.2 Justificación

La implementación de la presente propuesta permitirá a la empresa Azucarera Tres Valles realizar una sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla* para generación de energía eléctrica para autoconsumo, proyecto que es sumamente necesario para poder asegurar la materia prima que se necesita para mezclar con caña de azúcar en la generación de energía durante el período de zafra. Se sustenta en el estudio de prefactibilidad realizado que concluye que se necesita hacer una inversión inicial en el año cero, cuatro y ocho de 23,404,160, con costos de mantenimiento de 8,409,989.07 para el manejo y aprovechamiento de las plantaciones de manera anual, inversiones y costos que no solo permitirán una recuperación de la inversión en casi cinco años, sino que también

solventará la necesidad de materia prima de la empresa para generación de energía para autoconsumo. Aclarando que la siembra debe ser por semilla y de manera directa para que los costos de inversión inicial se mantengan para lograr una VAN de L 93,814,647.00 con una TIR del 48% muy favorable, esta sustitución se puede hacer por diez o más años dependiendo de la necesidad de la empresa.

6.3 Alcance de la propuesta

La presente propuesta es aplicable para poder lograr la rentabilidad del proceso de sustitución de biomasa forestal por el cultivo de *Leucaena Macrophylla*, permitiéndole a la empresa el aseguramiento de la materia prima para generación de energía sin incurrir en gastos mayores al proceso de compra de biomasa forestal, por tanto, su aplicabilidad tiene como objetivos principales:

- ✓ Asegurar las 36,000 toneladas de materia prima que Tres Valles necesita para mezclar con el bagazo de caña de azúcar y así generar energía durante los seis meses del período de zafra.
- ✓ Mantener los costos operativos que actualmente Tres Valles realiza durante los seis meses del período de zafra en la obtención de la materia prima que mezcla con el bagazo de la caña de azúcar para generación de energía eléctrica para autoconsumo.
- ✓ Entregar una plantación de *Leucaena Macrophylla* que permita a largo plazo continuar con las actividades de generación para autoconsumo.

6.4 Descripción y Desarrollo de la Propuesta

La presente guía contiene los elementos o actividades que la Azucarera Tres Valles necesita llevar a cabo para el cultivo de *Leucaena Macrophylla* de una manera rentable, y así asegurar la materia prima para la empresa.

6.4.1 Descripción de cada una de las actividades

Para la realización del proyecto se debe hacer primero el establecimiento y luego el manejo de las plantaciones y para ello se detallan las siguientes actividades:

- A) Elección del método de propagación: cuidando no incrementar los costos se debe hacer una siembra directa por medio de semillas.
- B) Elección y preparación del terreno: se debe elegir un terreno que no necesite mucho trabajo de limpieza, ya que aun así a este se le debe de hacer una pre-limpieza, limpieza, y roturación con maquinaria, para favorecer el prendimiento de las semillas, disminuir la tasa de mortalidad, y así obtener el rendimiento por hectárea esperado, se necesitan alquilar 1,300 hectáreas para suplir la necesidad demandada de materia prima.
- C) Determinar el diseño de siembra: elección de una densidad adecuada y un sistema de plantación que permita un aprovechamiento óptimo de la tierra, y que al mismo tiempo favorezca el crecimiento del cultivo y la obtención de mejores resultados, se recomienda

una siembra de 7,200 árboles por hectárea con un sistema de siembra en tresbolillo de 1.25mx1.25m.

- D) Realizar un control de malezas: una vez se ha hecho la preparación del terreno y la siembra, se recomienda hacer un control de maleza durante los primeros 12 meses de siembra, para poder evitar que los cultivos sufran daños o tengan competencia, luego de los seis meses ya no es necesario porque la planta puede controlar las malezas por sí misma. Se recomienda un control de maleza.
- E) Hacer una fertilización: teniendo en cuenta que la *Leucaena Macrophylla* es fijadora de nitrógeno y necesita de un alto contenido de fósforo para que pueda crecer, se recomienda aplicar fertilizante 18-46-0 en los primeros seis meses, una a los dos meses, y la segunda a los seis meses.
- F) Realizar el aprovechamiento: tomando en cuenta que Tres Valles no cuenta con un espacio adecuado para almacenar la materia prima, es recomendable realizar un aprovechamiento diario de la *Leucaena Macrophylla* para que no se humedezca y pierda poder calorífico y así eficiencia en la generación, para ello se debe hacer un aprovechamiento manual y chipear la madera en la zona del cultivo, para luego ser transportada hacia la caldera.

6.4.2 Elementos necesarios

A continuación, se detallan cada uno de los elementos que se debe ejecutar la Asociación Azucarera Tres Valles para que pueda realizar la sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla*.

Para la implementación de esta propuesta existen dos procesos importantes

A) Plantación y replantación – constituye de la siembra y el diseño elegido.

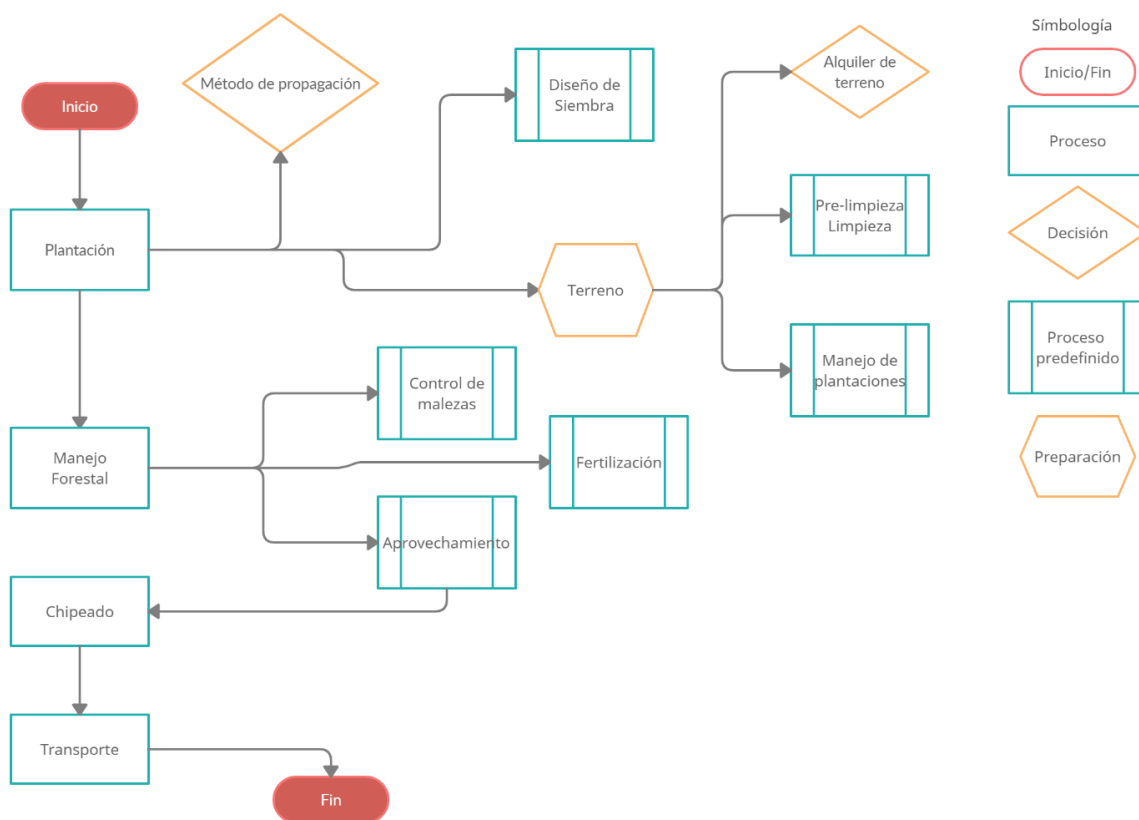


Figura 10. Proceso propuesto para el cultivo de *Leucaena Macrophylla*

Fuente: (Elaboración propia)

B) Manejo forestal – constituye tanto la preparación del terreno, como el mantenimiento de las plantaciones una vez han sido sembradas, hasta el aprovechamiento, el cual es un ciclo que se repite año con año.

4.3 Medidas de control / Indicadores y Mediciones

Para poder medir el grado de avance en el cumplimiento de la propuesta se necesita revisar los siguientes indicadores:

1. Si la propuesta se ejecuta correctamente, árboles sembrados por año, 7200 por ha, y número de árboles sobrevivientes por hectárea.
 - Encontrar la media del número de árboles sobrevivientes por hectárea.

Fórmula:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_n}{N}$$

- Una vez encontrada la media de árboles sobrevivientes por hectárea, encontrar el porcentaje de sobrevivencia de árboles por hectárea

Fórmula:

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{Árboles sobrevivientes}}{\text{Árboles sembrados}} \times 100$$

2. Segundo grupo de indicadores

A) Costos realizados por hectárea de plantación: L/ha.

Fórmula:

$$\text{Costo por hectárea} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Número de hectáreas sembradas}}$$

B) Rendimiento por hectárea obtenido: ton/ha

- Pesar las toneladas de *Leucaena Macrophylla* obtenidos por cada hectárea trabajadas y luego encontrar la media para encontrar cuántas toneladas se obtiene por hectárea.

Fórmula:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_n}{N}$$

C) Cantidad de toneladas requeridas por mes durante el período de zafra: ton/mes.

- Este dato debe ser solicitado al área que trabaja con la caldera directamente para saber si hay algún cambio en el requerimiento.

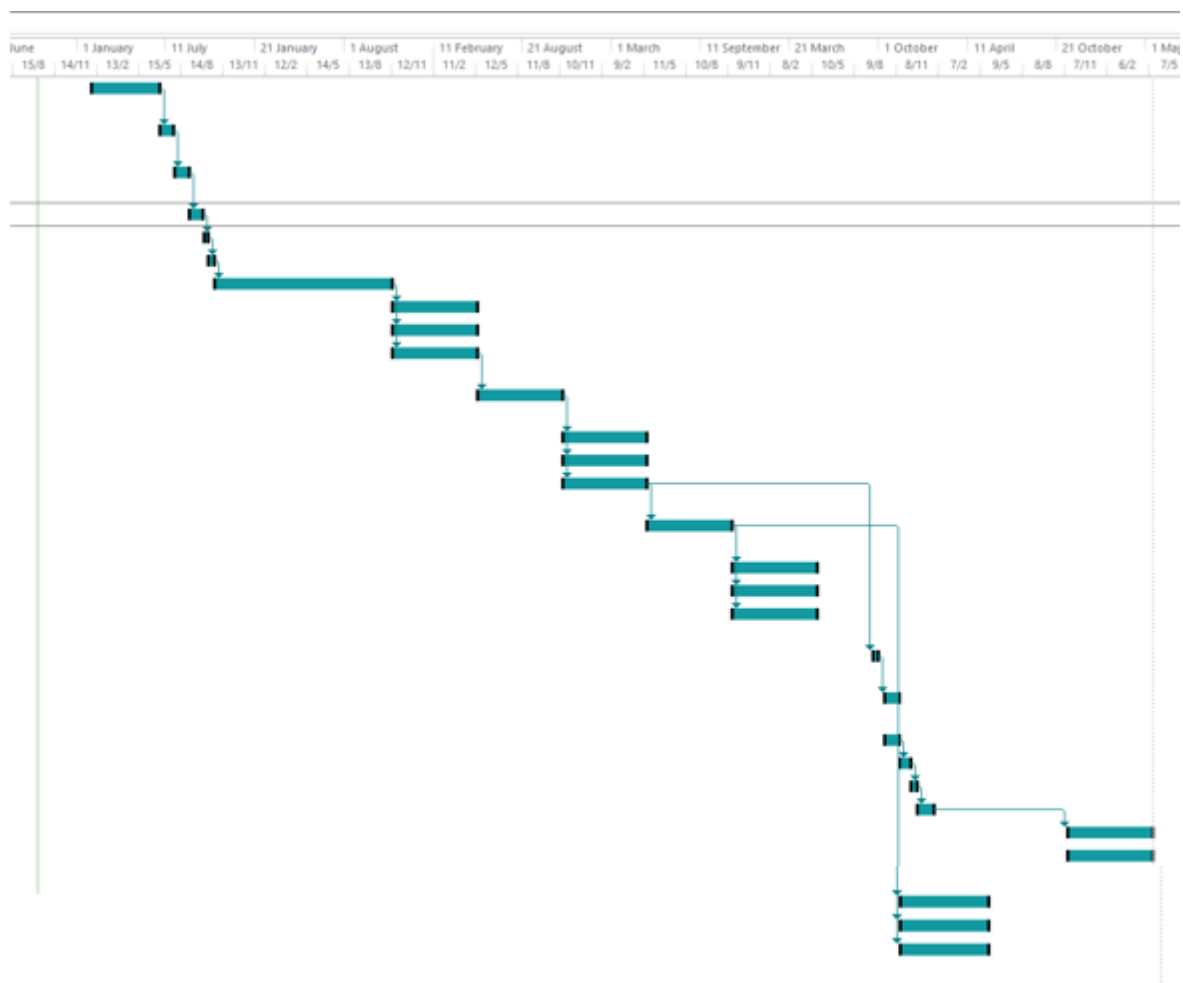
6.5 Cronograma de Implementación y Presupuesto

En este apartado se detallan las actividades y el tiempo propuesto a realizarlas para poder lograr los objetivos propuestos, así como también se presenta el presupuesto de la inversión inicial y de los costos anuales que presentará la empresa para poder mantener las plantaciones de *Leucaena Macrophylla*.

6.5.2 Cronograma de las Actividades
































La determinación de las actividades a realizar y el costo de estas le permitirá a Tres Valles conocer el tiempo y la cantidad de recursos necesarios para poder realizar una sustitución de biomasa forestal por *Leucaena Macrophylla*.

Figura 11. Diagrama de Gantt de las Actividades Propuestas



Fuente: (Elaboración propia, teniendo en cuenta los días de lluvia en Tegucigalpa, ver anexo 9)

Tabla 18. Cronograma de las actividades propuestas

	Task Mode ▾	Task Name ▾	Duration ▾	Start ▾	Finish ▾	Prede ▾
		Planificación de la siembra	107 days	Tue 1/2/22	Wed 29/6/22	
		Selección del terreno	21 days	Thu 30/6/22	Thu 28/7/22	1
		Preparación del terreno	23 days	Mon 1/8/22	Wed 31/8/22	2
		Siembra	23 days	Thu 1/9/22	Sat 1/10/22	3
		Control de Maleza	8 days	Mon 3/10/22	Wed 12/10/22	4
		Fertilización	8 days	Thu 13/10/22	Mon 24/10/22	5
		Mantenimiento	276 days	Tue 25/10/22	Tue 14/11/23	6
		Corte	131 days	Wed 15/11/23	Wed 15/5/24	7
		Transporte	131 days	Wed 15/11/23	Wed 15/5/24	7
		Aprovechamiento en caldera	131 days	Wed 15/11/23	Wed 15/5/24	7
		Mantenimiento general	132 days	Thu 16/5/24	Fri 15/11/24	10
		Corte	130 days	Mon 18/11/24	Fri 16/5/25	11
		Transporte	130 days	Mon 18/11/24	Fri 16/5/25	11
		Aprovechamiento en caldera	130 days	Mon 18/11/24	Fri 16/5/25	11
		Mantenimiento General	132 days	Mon 19/5/25	Tue 18/11/25	14
		Corte	131 days	Wed 19/11/25	Wed 20/5/26	15
		Transporte	131 days	Wed 19/11/25	Wed 20/5/26	15
		Aprovechamiento en caldera	131 days	Wed 19/11/25	Wed 20/5/26	15
		Selección del terreno	9 days	Sat 19/9/26	Wed 30/9/26	14
		Preparación del terreno	24 days	Wed 14/10/26	Sun 15/11/26	19
		Siembra	23 days	Thu 15/10/26	Sun 15/11/26	
		Control de Maleza	17 days	Mon 16/11/26	Tue 8/12/26	21
		Fertilización	10 days	Wed 9/12/26	Tue 22/12/26	22
		Mantenimiento	27 days	Wed 23/12/26	Thu 28/1/27	23
		Corte	131 days	Mon 15/11/27	Mon 15/5/28	24
		Transporte	131 days	Mon 15/11/27	Mon 15/5/28	
		Aprovechamiento en caldera	131 days	Mon 15/11/27	Mon 15/5/28	
		Corte	132 days	Thu 19/11/26	Fri 21/5/27	15
		Transporte	132 days	Thu 19/11/26	Fri 21/5/27	15
		Aprovechamiento en caldera	132 days	Thu 19/11/26	Fri 21/5/27	15

Elaboración: propia

6.5.1 Presupuesto

En la tabla 20 se detalla por actividad, la inversión necesaria requerida para el año cero, cuatro y ocho del proyecto.

Tabla 19. Presupuesto de la inversión inicial requerida

AÑO					0
Descripción	Unidad de medida	Detalles	Costo	Cantidad	Costo/ha
Siembra directa					
Costo de semilla	Kg		L 1,400.00	1	L 700.00
Alquiler del terreno	ha		L 6,167.00	1	L 6,167.00
Preparación de terreno					
Prelimpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Limpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Roturación con maquinaria	Jornal	1 día	L 268.25	7	L 268.25
Buldozer					L 12,016.83
Aplicadores					
Siembra directa		8 días hombre	L 268.25	8	L 2,146.00
Raya de siembra	3 horas/ha		L 1,500.00	1	L 1,500.00
2do Deshierbe	L/ha	Día hombre	L 160.00	3	L 425.60
Fertilización	43 kg - 1 saco	4 sacos	L 855.00	4	L 3,420.00
Mano de obra fertilización		2 día hombre	L 268.25	2	L 536.50
Manejo de Rebrotos		2 día hombre	L 268.25	2	
Resiembra					
Costos de siembra por hectárea					L 30,936
INVERSIÓN INICIAL					
COSTOS DE APROVECHAMIENTO POR HECTÁREA					
Corte		1/2 día 1 hombre	L 600.00	L 1	
Cargado		1/4 día hombres	L 268.00	L 3	
Total corte hectárea					
Diésel		0.7 gal	L 82.66	18.2 gal	L 1,504.41
Costo alquiler de maquinaria		8 horas al día	L 165.00	4	L 4,290.00
Cargadores			L 268.25	6	L 1,609.50
Costo total chipeado por hectárea					
Transporte del campo a la caldera por hectárea	días	7	L 5,500	L 1	L 5,500

Fuente: Elaboración propia

De manera anual para el manejo, mantenimiento de las plantaciones que está representado en la tabla 16 se necesitan 5,143,450.00 anuales, y 70,785,000.00 de manera anual para el aprovechamiento que incluye costos de corte, chipeado y transporte.

6.6 Tabla de Concordancia de los Segmentos de la Tesis Propuesta

Con el objetivo de mostrar una congruencia entre el estudio de prefactibilidad desarrollado en los capítulos anteriores y la aplicabilidad de esta, se presenta la siguiente tabla de concordancia.

Tabla 20. Tabla de Concordancia

Capítulo I			Capítulo II
Título Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Teorías/ Metodologías de sustento
Estudio de Prefactibilidad de la Sustitución de Biomasa Forestal por Leucaena Macrophylla en Tres Valles.	Evaluar la rentabilidad financiera de la sustitución del uso de biomasa forestal residual por el cultivo de Leucaena en Tres Valles para asegurar el abastecimiento de materia prima necesaria para la generación de energía.	1. Calcular los costos del cultivo, cosecha y transporte de la Leucaena Macrophylla en Tres Valles.	Vol de la Biomasa I y II. Manual de plantaciones dendroenergéticas
		2. Determinar el método de siembra de Leucaena Macrophylla más viable económicamente para la empresa.	Manual de manejo de plantaciones de la Leucaena.
		3. Determinar la tasa interna de retorno, el año de recuperación y la VAN del reemplazo de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla.	Evaluación de Proyectos
		4. Desarrollar una propuesta de proyecto basado en los resultados del estudio que permita encontrar una solución a la necesidad de materia prima.	

Capítulo III			Capítulo V
VARIABLES	Nombre de la empresa	Técnicas	Conclusiones
Costos de la Biomasa Forestal	Asociación Azucarera Tres Valles	Análisis financiero	Necesita una inversión inicial de L 23,404,160 en el año 0, y a los primeros 12 meses que se realice el aprovechamiento se tendrán costos anuales de L 8,409,989.07 que incluyen el manejo y el aprovechamiento de las plantaciones, en el cuarto y octavo año se realizara nuevamente la inversión inicial con el objetivo de renovar las plantaciones según lo recomendado en la teoría detallada en el estudio.
Costo del cultivo de Leucaena Macrophylla		Análisis técnico	Se recomienda que la Compañía Azucarera Tres Valles utilice el método de siembra directa por semilla, aunque este método de siembra es laborioso y conlleva costos en el establecimiento de las plantaciones, estos son menores y el rendimiento por hectárea no se ve afectado en gran medida que justifique los costos de plantación por planta. En la compra de semilla se necesitan L 910,000.00 mientras que para compra de plantas L 10,530,000.00 para la primera siembra en el año cero, para el año cuatro y ocho no se hará compra de semillas porque se usaran los especímenes con mejores condiciones para usar sus semillas.
Rentabilidad Financiera del reemplazo de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla. (VAN)		Análisis financiero	El Valor Actual Neto de los flujos operativos es de L93,814,647, con una Tasa Interna de Retorno del 48%, permitiendo una recuperación de la inversión al cuarto año y medio, sin embargo, siendo el periodo del proyecto contemplado a diez años, por tanto, se confirma la hipótesis alternativa.
			Realizar una sustitución de biomasa forestal por Leucaena Macrophylla en la Asociación Azucarera Tres Valles es rentable económicamente en un periodo de diez o más años, y da solución al problema de falta de disponibilidad del 15% de materia prima que requiere la empresa para mezclar con el bagazo de caña de azúcar y así generar energía eléctrica para autoconsumo y disminuir costos en compra kW/h a la ENEE.

Capítulo VI

Nombre de la propuesta	Objetivos propuesta
Implementación de la Sustitución de Biomasa Forestal por Leucaena Macrophylla en Tres Valles.	<input type="checkbox"/> Asegurar las 36,000 toneladas de materia prima que Tres Valles necesita para mezclar con el bagazo de caña de azúcar y así generar energía durante los seis meses del período de zafra.
	<input type="checkbox"/> Mantener los costos operativos que actualmente Tres Valles realiza durante los seis meses del período de zafra en la obtención de la materia prima que mezcla con el bagazo de la caña de azúcar para generación de energía eléctrica para autoconsumo.
	<input type="checkbox"/> Entregar una plantación de Leucaena Macrophylla que permita a largo plazo continuar con las actividades de generación para autoconsumo.

6.7 Análisis de afectación al medio ambiente al aplicar la propuesta

Todo proyecto, aún de energías renovables presenta un impacto negativo para el medio ambiente, impacto cuya empresa debe tratar de solventar mediante la realización de un plan de prevención y mitigación, para lo cual se le facilita un análisis de impacto ambiental en la siguiente figura 12.

Figura 12. Impacto Ambiental

IMPACTO AMBIENTAL	
DE LAS PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA POR BIOMASA	
IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO
Reducción de CO2	Desplazamiento de cultivos alimenticios
Mejora la infiltración del suelo	Alto consumo de agua
Menos contaminación del suelo con químicos	Comparado con los combustibles fósiles, su rendimiento es insuficiente
Menor destrucción del ecosistema	
Control de especies invasivas, reutilización de residuos	
Generación de subproductos	

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abuámer, Y. (2006). Diseño de una planta piloto para la producción de biotanol.

Alvarado, V. (2014). Ingeniería Económica Nuevo Enfoque (1era ed.). Grupo Editorial Patria.

Aranda Uson, A., & Scarpellini, S. (2014). Introducción a los mercados energéticos. Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/42323>

Arias, D., & Guevara, M. (2017). ESTABLECIMIENTO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS. Universidad Nacional de Ciencias Forestales.

Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de Proyectos (6th ed.). McGraw Hill.

Blanco, V. (2016). Usando la biomasa forestal como una fuente de energía sostenible. Universidad Publica de Navarra. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/123893>

Calderón. (2015). Estimación y análisis de la disponibilidad de Biomasa Forestal.

Camps Michelena, M. (2008). Los biocombustibles (2a. Ed.). Mundi-Prensa. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/35849>

Castells, X., Canales, Á., & Herrero, M. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agrícolas y Forestales.

CATIE, C. A. de I. y E. (1991). Leucaena; especie de árbol de usos múltiple en América Central.

Ceccon, E., & Pérez, D. (2001). Más allá de la ecología de la restauración: Perspectivas sociales en América Latina (1 a). Vásquez Mazzini Editores.

[https://www.researchgate.net/profile/Ronnie-De-](https://www.researchgate.net/profile/Ronnie-De-Camino/publication/309618370_Gobernanza_multinivel_y_multifactorial_como_impulsor_de_la_restauracion_casos_de_estudio_de_la_Red_Iberoamericana_de_Bosques_Modelo/links/581a1ca608aed2439386aa20/Gobernanza-multinivel-y-multifactorial-como-impulsor-de-la-restauracion-casos-de-estudio-de-la-Red-Iberoamericana-de-Bosques-Modelo.pdf)

[Camino/publication/309618370_Gobernanza_multinivel_y_multifactorial_como_impulsor_de_la_restauracion_casos_de_estudio_de_la_Red_Iberoamericana_de_Bosques_Modelo/links/581a1ca608aed2439386aa20/Gobernanza-multinivel-y-multifactorial-como-impulsor-de-la-restauracion-casos-de-estudio-de-la-Red-Iberoamericana-de-Bosques-Modelo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ronnie-De-Camino/publication/309618370_Gobernanza_multinivel_y_multifactorial_como_impulsor_de_la_restauracion_casos_de_estudio_de_la_Red_Iberoamericana_de_Bosques_Modelo/links/581a1ca608aed2439386aa20/Gobernanza-multinivel-y-multifactorial-como-impulsor-de-la-restauracion-casos-de-estudio-de-la-Red-Iberoamericana-de-Bosques-Modelo.pdf)

CEPAL. (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Honduras (p. 81).

https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43983/S1800542_es.pdf

CESPAD. (2015). El Gorgojo Descortezador, entre los efectos del cambio climático y la débil gobernanza forestal del Estado de Honduras. 14.

Córdoba, M. (2011). Formulación y Evaluación de Proyectos (Segunda).

<http://104.207.147.154:8080/bitstream/54000/1206/1/C%C3%B3rdoba-evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20da%20ed.pdf>

Creus Sole, A. (2014). Energías renovables (2a. Ed.). Cano Pina.

<https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/43075>

E. G. (2015). El Gorgojo Descortezador, entre los efectos del cambio climático y la débil gobernanza forestal del Estado de Honduras.

Encinas, E. (2007). GUÍA PARA EL USO Y APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL SECTOR FORESTAL. MONTARAZ KTK S.L.
http://onosomonte.mediorural.xunta.es/img/contenido/escuelas/documentos/guia_uso_aprovechamiento_biomasa_forestal.pdf

ENEE. (2020). Boletín Estadístico Gerencia De Planificación, Cambio E Innovación Empresarial (p. 17) [Oficial]. ENEE.

ENEE. (2021). Boletín Estadístico de la ENEE.

Fajardo, G., Pineda, N., & Gutiérrez, J. (2017). Potencial calórico y acumulación de biomasa de la especie *Leucaena macrophylla* Benth. Establecida con tres tipos de espaciamiento en Cortes, Honduras. *Revista Forestal Mesoamericana*.

Figuroa, O. (2012). Estudio De Supervivencia Y Crecimiento Inicial De Seis Especies Del Bosque Seco Para Fines Dendroenergéticos, En El Parque Ecológico Y Estación Experimental La Soledad, Comayagua.

Flores-Pinot, D. A., Janeth-Sorto, T., Gutiérrez-Bardales, J., Arias-Aguilar, D., Valverde, J. C., & Mora- Molina, J. (2018). Capacidad de rebrote de *Leucaena macrophylla* Benth con fines

dendroenergéticos en Cortes, Honduras. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(38), 47–54. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3995>

FOCER, F. de la C. de E. R. para A. C. (2002b). *Manuales sobre energía renovable: Biomasa*.

Fuentes, Á. A. (2015). *Anuario Estadístico Forestal De Honduras 2015*. 140.

Gonzales, J., Sandoval, C., & Zavala, M. (1997). *Resultado de 10 años de investigación silvicultural del proyecto madalena en Honduras*.

Gutiérrez, J. (2018). *Análisis comparativo de la rentabilidad económica entre las plantaciones dendroenergéticas y los residuos forestales como uso biomásico en la industria Incal en Honduras*. Universidad Nacional de Ciencias Forestales.

Gutiérrez, J. (2021). *Situación Interna Tres Valles [Comunicación personal]*.

ICF. (2018). *Anuario Estadístico Forestal de Honduras* (p. 144). Instituto de Conservación Forestal.


ICF, I. de C. F. (s/f). *ICF: Honduras está ante posible epidemia de “gorgojo” si no invierte en prevención*. Recuperado el 8 de mayo de 2021, de https://www.sica.int/noticias/icf-honduras-esta-ante-posible-epidemia-de-gorgojo-si-no-invierte-en-prevencion_1_117555.html

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía & ESCAN. (2008). *Biomasa Experiencias con biomasa agrícola y forestal para uso energético*. IDAE.

- Jarauta, L. (2012). Les energies renovables. Editorial UOC.
<https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/56284>
- Martínez, L. (2019). Análisis de la disponibilidad de biomasa forestal como insumo para la generación de energía sostenible en el municipio de Girardota Antioquia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- Morales Castro, A. (2015). Finanzas. Grupo Editorial Patria.
<https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/39420>
- Nogues, F. S., Rezeau, A., & Garcia-Galindo, D. (2010). Energia de la biomasa. Vol. II. Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/44859>
- Nogues, F. S., Rezeau, A., & Sebastian Nogues, F. (2010). Energia de la biomasa. Vol. I. Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/44858>
- Pulgarin, J., Valencia, F., Berrocal, A., & Gutierrez, L. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia (Capitulo 6; Primera). Editorial Blanecolor Ltda.
- Ross Westerfield, J. (2010). Fundamentos de finanzas corporativas.
- Sampieri, R., & Zapata Salazar, N. E. (2013). Metodología de la Investigación.
- Sauras, J. (2021). Potencial e impacto económico, social y ambiental de la biomasa: Aragón como caso de estudio. Universidad Zaragoza.

ANEXOS

Anexo 1. Cotización de herbicidas y fertilizantes



Servicios Agro Veterinarios "La Nueva", S. de R.L.
 8 Calle, 5 y 6 Ave., S. O. Bo. Lempira, Edificio Rivera Paz
 Tel.: (504) 2557-6015 / 2557-6934 / 2557-6935
 San Pedro Sula, Honduras, C.A.
 R.T.N.: 05019001056050

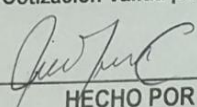
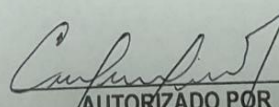
DIA	MES	AÑO
05	08	21

COTIZACION

Nº 000708

Sres.: Claudia Lemus

Fecha de Entrega: / /

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	VALOR
1	Glifosato Aleman Galon	500 :-	500 :-
1	Rimaxato Galon (Glifosato)	440 :-	440 :-
1	Root out Galon (Glifosato)	520 :-	520 :-
1	Round-up Galon (Glifosato)	550 :-	550 :-
1	Bomba protegno 20Lts.	1,950	1,950
1	Bomba Jacto 21Lts.	2,350	2,350
<u>U.L</u>			
1	Saco 43 kilos 18-46-0 (DiferSa)	870	-870
Cotización Valida por: <u>7</u> Dias		SUB-TOTAL	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  HECHO POR </div> <div style="text-align: center;">  AUTORIZADO POR </div> </div>		IMP. S/V.	
		TOTAL	

Centro Grafico Hibueras Teléf.: 2554-0154 Tir. 12 Tal. Del 601 al 1200 / Junio 18

Anexo 2. Cotización de herbicidas en Cadelga



www.grupocadelga.com



Bv. La Guardia 3ra A v.
15-16 Calle 50
San Pedro Sula, Com. S.
T: (504) 2552-2220
F: (504) 2552-4076
f: g@grupocadelga.com
t: g@grupocadelga.com
w: www.grupocadelga.com



San Pedro Sula, 05 Agosto 2021

Cliente Claudia Lemus

Dirección SPS

Atención: _____

E-mail: _____

Teléfono: _____

Nos place presentar a usted (es) por este medio, la siguiente:

COTIZACION

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRESENTACION	P.U. LPS	TOTAL LPS
1	Glifol cuñete 10 litros	Unidad	L 1,600.00	L 1,600.00
1	Bomba Jacto Plus 21 litros	Unidad	L 2,000.00	L 2,000.00
1	Dap 18-46-0	43 Kg	L 855.00	L 855.00
	*****UL*****			L -
				L -
TOTAL				L 4,455.00

Condiciones:

* Validez de la oferta: 7 dias.

* Producto puesto en agencia Cadelga, Ave. Lempira, SPS.

* Forma de pago: Efectivo, transferencia bancaria y/o TC.

* Productos exentos del ISV.

* Plazo inmediato.

En espera de que nos favorezcan con su respectivo pedido, nos suscribimos muy atentamente

ENTREGADO

CADELGA - Fertica

Asesor de Ventas

Recibido por (Cliente)

Anexo 3. Costos de alquiler de chipeadora

Para procesar 1 tonelada en la chipeadora, ocupa aproximadamente 0.7 galones de diesel. El precio que se paga por tonelada es de 165 lempiras. El rendimiento aproximado es de 5.5 ton por hora.

09:14

Costos de chipeado por tonelada	
Combustible	0.7 galones diésel
Costo	L165.00
Rendimiento	5.5 ton/hora

Fuente: Asociación Azucarera Tres Valles

Anexo 4. Costos de transporte de biomasa forestal

Personal y maquinaria para cargar una rastra

- 6 personas para carga y descarga de rastra, las cuales apoyan armando la estructura de para depositar el chip con la cargadora frontal y amarrando todas las tablas asegurándose que llenar totalmente la rastra.
- Los encargados de armar y desarmar la estructura cobraron 600 lps/ viaje.
- La cargadora tarda 2.5 horas para cargar un promedio de 25 toneladas en la rastra en cada viaje.
- El tiempo total por viaje de chip fue de 4.5 horas incluyendo cargue y flete desde CATV a la finca el pedregal y regreso a CATV.

Precio por flete

Precios varían poco dependiendo de la condición de carretera y distancia.

30 km (calle pavimentada)	50km (calle pavimentada)	Flete desde Talanga (Calle sin pavimento)
5000 lps	6000 lps	6000 lps

Anexo 5. Costo del combustible el 16 de agosto 2021.

Precio por galón/Valores en lempiras

Producto	San Pedro Sula	Tegucigalpa	Variación semanal
Gasolina Superior	101.85	103.59	-0.11
Gasolina Regular	93.41	95.15	+0.04
Diésel	80.92	82.66	-0.34
LPG	48.27	51.86	+0.12

La nueva estructura de precios entra en vigencia a primera hora de la mañana del próximo **lunes 16 de agosto**.

Fuente: La Prensa hn <https://www.laprensa.hn/economia/precios-combustibles-honduras-FJLP1485572>

Anexo 6. Salario mínimo en Honduras para agricultores 2021

Inicio > Salario > Salario Mínimo

Salario mínimo – Honduras

- Válido en Octubre 2021
- Salarios mínimos desde 01 de julio de 2021.
- Los salarios mínimos en la tabla son en Lempira hondureña (L).

RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA

	Per hora	Por día	Por mes
Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca - 1-10 trabajadores	L29.31	L234.46	L7,033.88
Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca - 11-50 trabajadores	L30.90	L247.24	L7,417.30
Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca - 51-150 trabajadores	L38.79	L268.25	L8,047.75
Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca - 151 o más trabajadores	L36.95	L295.61	L8,868.20

Fuente: <https://tusalarario.org/honduras/salario/salario-minimo>

Anexo 7. Análisis financiero parte 1

Costos de inversión de siembra directa de Leucaena Macrophylla en Tres Valles, Cantarranas El Porvenir					
Establecimiento	Mayo		Toneladas totales		1,219.00
Tasa de rendimiento	12%		Tasa promedio de inflación		4%
AÑO					0
Descripción	Unidad de medida	Detalles	Costo	Cantidad	Costo/ha
Siembra directa					
Costo de semilla	Kg		L 1,400.00	1	L 700.00
Alquiler del terreno	ha		L 6,167.00	1	L 6,167.00
Preparación de terreno					
Prelimpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Limpieza	Jornal	7 días hombre	L 268.25	7	L 1,877.75
Roturación con maquinaria	Jornal	1 día	L 268.25	7	L 268.25
Buldozer					L 12,016.83
Aplicadores					
Siembra directa		8 días hombre	L 268.25	8	L 2,146.00
Raya de siembra	3 horas/ha		L 1,500.00	1	L 1,500.00
2do Deshierbe	L/ha	Día hombre	L 160.00	3	L 425.60
Fertilización	43 kg - 1 saco	4 sacos	L 855.00	4	L 3,420.00
Mano de obra fertilización		2 día hombre	L 268.25	2	L 536.50
Manejo de Rebrotos		2 día hombre	L 268.25	2	
Resiembra					
Costos de siembra por hectárea					L 30,936
INVERSIÓN INICIAL					
Cosecha por hectárea					
Corte		1/2 día 1 hombre	L 600.00	L 1	
Cargado		1/4 día hombres	L 268.00	L 3	
Total corte hectárea					
Diésel		0.7 gal	L 82.66	18.2 gal	L 1,504.41
Costo alquiler de maquinaria		8 horas al día	L 165.00	4	L 4,290.00
Cargadores			L 268.25	6	L 1,609.50
Costo total chipeado por hectárea					
Transporte del campo a la caldera por hectárea	días	7	L 5,500	L 1	L 5,500

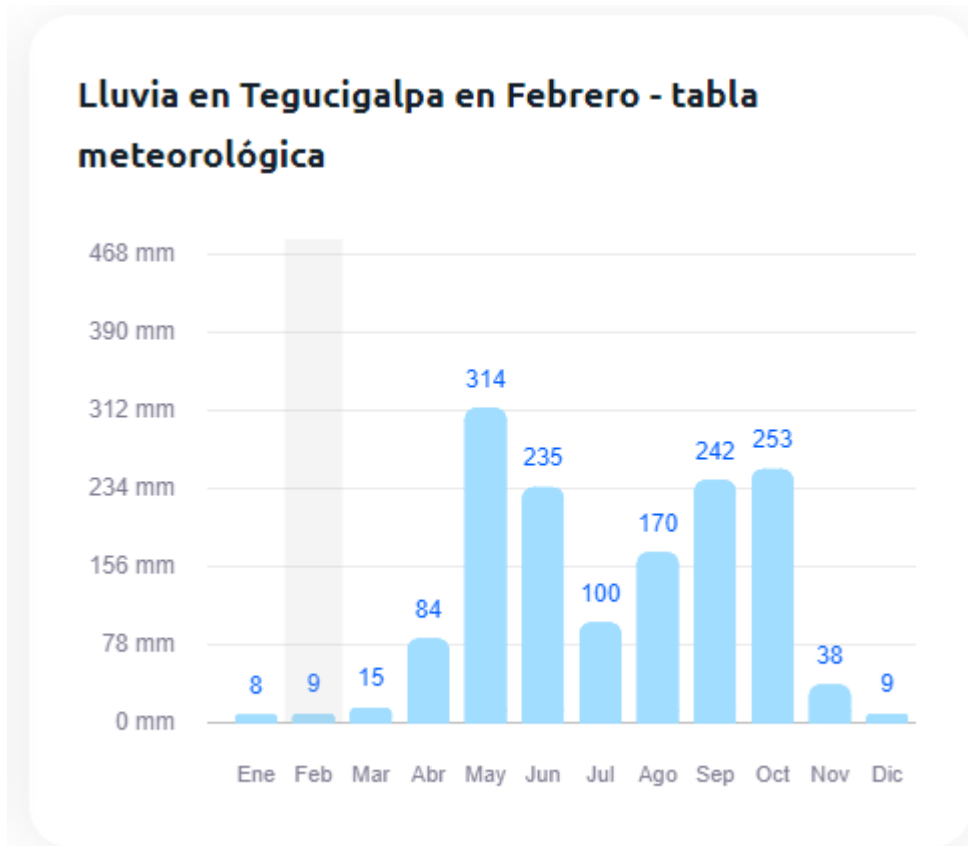
Anexo 8. Análisis financiero parte 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton	Costo /ton
		L -							
L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167	L 6,167
			L 1,878				L 1,878		
			L 1,878				L 1,878		
			L 268				L 268		
			L 12,017				L 12,017		
L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -
			L 2,146				L 2,146		
			L 1,500				L 1,500		
			L 426				L 426		
			L 3,420				L 3,420		
			L 537				L 537		
L 537	L 537	L 537	L -	L 537	L 537	L 537	L 537	L 537	L 537
L 37,639	L 6,704	L 6,704	L 30,236	L 6,704	L 6,704	L 6,704	L 30,772	L 6,704	L 6,704
COSTOS POR TONELADA Y POR HECTÁREA									
L 600	L 600	L 600	L 600.00	L 600.00	L 600.00	L 600.00	L 600.00	L 600.00	L 600.00
L 804	L 804	L 804	L 804.00	L 804.00	L 804.00	L 804.00	L 804.00	L 804.00	L 804.00
L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404	L 1,404
L 58	L 58	L 58	L 58	L 58	L 58	L 58	L 58	L 58	L 58
L 165	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00	L 165.00
L 62	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06	L 67.06
L 7,404	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538	L 7,538
L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500	L 5,500

Fuente: (Elaboración propia)

FLUJOS DE CAJA ANUALES POR TONELADA																						
EGRESOS MENSUALES	L	30,936	L	82,883	L	21,146	L	21,146	L	44,678	L	21,146	L	21,146	L	21,146	L	45,214	L	21,146	L	21,146
COSTO ton LEUCAENA AL MES			L	3,188	L	813	L	813	L	1,718	L	813	L	813	L	813	L	1,739	L	813	L	813
COSTO MENSUAL TON LEUCAENA			L	3,188	L	813	L	813	L	1,718	L	813	L	813	L	813	L	1,739	L	813	L	813
COSTO ANUAL TON Leucaena			L	100,989,470	L	25,765,024	L	25,765,024	L	54,438,080	L	25,765,024	L	25,765,024	L	25,765,024	L	55,091,784	L	25,765,024	L	25,765,024
COSTO ton + 4%			L	3,188	L	846	L	846	L	1,787	L	846	L	846	L	846	L	1,809	L	846	L	846
COSTO TONELADA PINO AL MES			L	1,183	L	1,254	L	1,329	L	1,409	L	1,494	L	1,583	L	1,678	L	1,779	L	1,886	L	1,999
COSTO ANUAL TON PINO			L	42,588,000	L	45,143,280	L	47,851,877	L	50,722,989	L	53,766,369	L	56,992,351	L	60,411,892	L	64,036,605	L	67,878,802	L	71,951,530
AHORRO			-L	2,005	L	408	L	483	-L	378	L	648	L	737	L	832	-L	30	L	1,040	L	1,153
FLUJO NETOS	-L	37,710,594	-L	58,401,470	L	19,378,256	L	22,086,853	-L	3,715,090	L	28,001,345	L	31,227,327	L	34,646,868	L	8,944,821	L	42,113,778	L	46,186,506
FLUJOS DESCONTADOS	-L	37,710,594	-L	23,079,014	L	3,026,228	L	1,363,058	-L	90,603	L	269,865	L	118,931	L	52,146	L	5,320	L	9,898	L	4,290
PERIODO DE RECUPERACIÓN			-L	96,112,064	-L	76,733,807	-L	54,646,954	-L	58,362,044	-L	30,360,699	L	866,628	L	35,513,497	L	44,458,318	L	86,572,096	L	132,758,602
PRI																						
IR																						
TIR						L	37,710,594															
VAN																						
TASA DE CORTE																						

Anexo 9. Meses de lluvia en Tegucigalpa



Fuente: www.tiempo3.com

Anexo 10. Carta de Compromiso Asesoría Temática

CARTA DE COMPROMISO PARA ASESORÍA TEMÁTICA

Señores Facultad de Postgrado UNITEC,

Por este medio yo Javier Gutiérrez Bardales

Identidad No. 0107-1990-01515

Licenciado en Ingeniería en Ciencias Forestales

Maestría en Gestión de Energías Renovables

Doctorado en _____

Hago constar que asumo la responsabilidad de asesorar técnicamente el trabajo de Tesis de Maestría denominado:

Estudio de prefactibilidad de la situación del uso de aserrín a Leucaena, en una planta generadora con Biomasa para generación de energía eléctrica.

A ser desarrollado por el (los) estudiante(s):

Angie Julissa Márquez Johnson y Claudia Lizeth Lemus Gómez

Para lo cual me comprometo a realizar de manera oportuna las revisiones y facilitar las observaciones que considere pertinentes a fin de que se logre finalizar el trabajo de tesis en el plazo establecido por la Facultad de Postgrado.

En la ciudad de San Pedro Sula

Departamento Cortés

Nombre Javier Gutiérrez Bardales

Fecha 27/04/2021

Firma:  27/04/2021

Anexo 11. Carta de Autorización de la Empresa o Institución

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Cantarranas, Francisco Morazán. 29 de abril de 2021

Ing. Rafael Solorzano
Gerente Agrícola
Compañía Azucarera Tres Valles

Estimado Señor(a): Rafael Solorzano,

Reciba un cordial y atento saludo. Por medio de la presente deseamos solicitar su apoyo, dado que somos alumnos de UNITEC y nos encontramos desarrollando el Trabajo de Tesis previo a obtener nuestro título de master en Gestión de Energías Renovables.

Hemos seleccionado como tema Estudio de prefactibilidad de la sustitución del uso de aserrín a *Leucaena*, en una planta generadora con Biomasa para generación de energía eléctrica, por lo que estaríamos muy agradecidos de contar con el apoyo de la empresa que usted representa para poder desarrollar nuestra investigación. En particular, dicha solicitud se circunscribe a petitionar que se nos autorice a realizar giras y reuniones de recopilación de información.

A la espera de su aprobación, me suscribo de usted.

Atentamente,



Claudia Lemus Gómez
Firma, nombre y apellidos
No. de cuenta: 21923043



Angie Márquez Johnson
Firma, nombre y apellidos
No. de cuenta: 21923097

Por este medio, Compañía Azucarera Tres Valles

Autoriza la realización dentro de sus instalaciones el proyecto de investigación de Tesis de Postgrado antes mencionado.



Rafael Solorzano

Vo.Bo.