



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I**

**RESIDUO AGRÍCOLA CAÑERO COMO ALTERNATIVA DE RECURSO ENERGÉTICO**

**PRIMARIO EN PLANTAS DE BIOMASA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR**

**21541181 EDGARD FRANCISCO PINTO MURILLO**

**ASESOR METODOLÓGICO: ALICIA MARÍA REYES DUKE**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA; MARZO, 2020**

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación tuvo como finalidad determinar si el aprovechamiento de los residuos que actualmente están siendo desaprovechados en fincas donde se corta la caña de azúcar de manera manual y mecanizada, los cuales pueden ser procesados convirtiéndolos en energía eléctrica renovable para así ser utilizada como consumo propio y poder venderla a una empresa generadora de energía, es factible y viable para un ingenio azucarero en Honduras. Se realizaron tres estudios, de mercado, técnico y financiero donde también se ejercieron pruebas de poder calorífico para determinar si el recurso energético primario en este caso el RAC es una biomasa aprovechable. La empresa en la cual se desarrollo la investigación fue la Compañía Azucarera Hondureña S.A. (CAHSA) durante el periodo de Zafra del actual año. Después de que se recolectó toda la información necesaria para llevar a cabo el estudio, se determinó detalladamente el proceso a seguir desde la recolección del RAC hasta la generación de energía eléctrica, la maquinaria necesaria, la cual, en gran parte ya existe en CAHSA ya que ellos desarrollan el mismo proceso con bagazo y finalmente se calculó el Costo Nivelado de Electricidad. El LCOE brindó un resultado positivo de L. 1.07/kwh a comparación con el precio actual de venta de kwh que maneja el ingenio azucarero que es de L. 1.69/kwh. Con todas las cifras obtenidas se concluyó que el proyecto es factible y viable para la empresa ya que dicha cifra genera una utilidad de L. 0.62/kwh lo que equivale a un margen del 37%. El periodo de recuperación de la inversión inicial seria de 2.5 años, haciéndolo un proceso muy llamativo para cualquier inversionista.

*Palabras Claves: Caña de Azúcar, RAC, Biomasa.*

## ABSTRACT

The purpose of this research was to determine whether the use of the residues that are currently being wasted on farms where sugar cane is cut manually and mechanized, which can be processed by converting them into renewable electrical energy to be used for their own consumption and be able to sell it to an energy generating company is feasible and viable for a sugar mill in Honduras. Three studies carried out, a market, technical and financial, where calorific value tests were also made to determine if the primary energy resource, in this case the RAC, is a profitable biomass. The company in which the research was carried out was Compañía Azucarera Hondureña S.A. (CAHSA) during the harvest period of the current year. After all the necessary information was collected to carry out the study, the process to be followed was determined in detail, from the collection of the RAC to the generation of electrical energy, the necessary machinery, which, to a large extent, already exists in CAHSA because they carry out the same process with bagasse and finally the Levelized Cost of Electricity was calculated. The LCOE gave a positive result of L 1.07/kwh compared to the current sale price of kwh that the sugar mill manages, which is L. 1.69/kwh. With all the figures obtained, it was concluded that the project is feasible and viable for the company since this figure generates a profit of L. 0.62/kwh, which is equivalent to a margin of 37%. The initial investment recovery period would be 2.5 years, making it a very attractive process for any investor.

*Key Words: Sugar Cane, RAC, Biomass*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción .....	8
II.	Planteamiento del Problema .....	9
	2.1 Precedentes del Problema.....	9
	2.2 Definición del Problema .....	10
	2.3 Justificación .....	10
	2.4 Preguntas de Investigación .....	11
	2.5 Objetivos.....	11
III.	Marco Teórico .....	13
	3.1 la Caña de Azúcar.....	13
	3.2 Situación Actual del RAC .....	16
	3.3. BIOMASA.....	18
	3.4 Factibilidad .....	27
IV.	Metodología.....	32
	4.1 Hipótesis .....	32
	4.2 Enfoque.....	32
	4.3 Variables de Investigación.....	33
	4.4 Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	34
	4.5 Metodología de Estudio .....	35
	4.6 Metodología de Validación.....	36
	4.7 Cronograma de Actividades.....	37
V.	Resultados y Análisis.....	38

5.1	Recurso Energético Primario.....	38
5.2	Modelo de Negocio.....	39
5.3	Estudio de Mercado.....	40
5.4	Estudio Técnico .....	41
5.4.1	Localización del Proyecto.....	41
5.4.2	Macro Localización .....	42
5.4.3	Micro Localización.....	42
5.4.4	Identificación y Descripción del Proceso .....	45
5.4.4.1	Corte Mecanizado de la Caña .....	46
5.4.4.2	Secado Natural del RAC.....	46
5.4.4.3	Acumulado de RAC.....	46
5.4.4.4	Embalado del RAC .....	47
5.4.4.5	Carga de las Pacas de RAC.....	47
5.4.4.6	Transporte de las Pacas de RAC Hacia el Ingenio.....	47
5.4.4.7	Procesados de las Pacas de RAC .....	47
5.5	Estudio Financiero .....	49
5.5.1	Costo Nivelado de Electricidad (LCOE).....	50
5.5.1.1	Inversión Inicial .....	50
5.5.1.2	Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Generación.....	55
5.5.1.3	Costo del Combustible (Fuel Cost).....	56
5.5.1.4	Vida Útil .....	56
5.5.1.5	Factor de Planta.....	56
5.5.1.6	Capacidad del Generador.....	56

5.5.1.7 Tiempo de Operación.....	57
5.5.1.8 Calculo del LCOE.....	57
5.5.2 Depreciación.....	57
5.5.3 Amortización.....	59
5.5.4 Flujo de Efectivo.....	59
5.5.4 Indicadores Financieros.....	61
VI. Conclusiones.....	62
VII. Recomendaciones.....	63
Referencias Bibliográficas.....	64
ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1: Producción por Año en Temporada de Zafra.....	15
Ilustración 2: Datos: Composición de la Caña de Azúcar.....	16
Ilustración 3: Ciclo de Vida de la Biomasa.....	19
Ilustración 4: División de la Biomasa.....	20
Ilustración 5: Procesos Termoquímicos de Conversión.....	21
Ilustración 6: Pirólisis y sus Productos.....	22
Ilustración 7: Gasificación y sus Productos.....	23
Ilustración 8: Biomasa y su Proceso.....	27
Ilustración 9: Mapa Mental para el Estudio de Mercado.....	28
Ilustración 10: Mapa Mental para el Estudio Técnico.....	29

Ilustración 11: Mapa Mental para el Estudio Económico .....	30
Ilustración 12: Procesos Cuantitativo.....	32
Ilustración 13: Variables de Investigación .....	33
Ilustración 14: Proceso de desarrollo .....	36
Ilustración 15: Cronograma de Actividades.....	37
Ilustración 15: Comparación Poder Calorífico y % Humedad del RAC-Bagazo .....	39
Ilustración 16: Comparativa de Energía (2019/2020).....	41
Ilustración 17: Toma Aérea Localización CAHSA .....	42
Ilustración 18: Proceso de la Biomasa .....	46
Ilustración 19: Gráfico de Recuperación de Inversión.....	60

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Datos: Boletín Estadístico .....	10
Tabla 2: Datos Específicos para la Generación de Energía Eléctrica con RAC .....	11
Tablas 4: Estados Típicos de la Biomasa .....	25
Tabla 5: Planteamiento de la Investigación .....	35
Tabla 6: Resultado Pruebas de Poder Calorífico HGPC.....	38
Tabla 7: Demanda Actual en CAHSA .....	40
Tabla 8: Localización de Fincas CAHSA. ....	43
Tabla 9: Especificaciones Técnicas del RAC .....	48
Tabla 10: Especificaciones Turbogenerador CAHSA .....	48
Tablas 11: Maquinaria a Utilizar para el Proceso del RAC .....	49

Tabla 12: Inversión Inicial .....	51
Tabla 13: Fuentes de Financiamiento.....	51
Tabla 14: Calculo del Costo de Capital.....	52
Tabla 15: Proyección Detallada de los Ingresos.....	53
Tabla 16: Costos de Recolección y Transporte .....	54
Tabla 17: Costos Administrativos .....	55
Tabla 18: Depreciación de Activos Fijos .....	58
Tabla 19: Depreciación de Activos Fijos .....	58
Tabla 20: Amortización a cinco años .....	59
Tabla 21: Flujo de Efectivo .....	60
Tabla 22: Indicadores Financieros .....	61

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Relación Costo-Beneficio .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Ecuación 2: Formula Costo Nivelado de Electricidad .....	31
Ecuación 3: Calculo del Costo Nivelado de Electricidad.....	50

## GLOSARIO

- Caña de Azúcar: cultivo de tallos gruesos, unidos, fibrosos, que son ricos en la sacarosa de azúcar que se acumula en los entrenudos del tallo
- Residuo Agrícola Cañero: son las hojas y tallos que permanecen en el suelo posterior a la cosecha mecanizada.
- Biomasa: aquella materia orgánica vegetal o animal, que incluye residuos y/o desechos orgánicos, susceptibles a que sean aprovechados energéticamente.



## I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un recurso que se caracteriza por ser eficiente al momento de producir grandes cantidades de biomasa. Los residuos que produce se pueden usar para la alimentación animal, reciclar nutrientes, evitar la erosión y en la generación de energía eléctrica, si es tratado adecuadamente. Existen dos formas de cosechar la caña de azúcar: quemándola o en verde. En Honduras la gran mayoría de Ingenios Azucareros queman los campos antes de proceder a su cosecha, con el fin de reducir la cantidad de materia extraña que va a los ingenios y facilitar el trabajo de los cortadores y cosechadoras. A los tallos y hojas que quedan después de la cosecha se les denomina RAC (Residuo Agrícola Cañero). El RAC se pretende recolectar en el campo después de la cosecha de la caña, posteriormente se trasladará a un ingenio azucarero donde tengan calderas de vapor cuyo combustible sea biomasa, este vapor producido se utilizará en turbinas de alta presión acoplados a generadores ya existentes que utilizan el bagazo como combustible biomásico, con el fin de producir energía eléctrica. Este es un proceso que actualmente no se ejecuta en nuestro país siendo el RAC un recurso abundante al cual se le puede sacar el mejor provecho.

El estudio de factibilidad es una métrica que se ejecuta para facilitar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto, es decir, si es viable o no. Se pretende desarrollar un estudio de mercado donde se investigue la demanda y la oferta de la energía eléctrica, un estudio técnico que determinará la localización y el dimensionamiento de éste y un estudio financiero. La investigación se llevará a cabo en temporada de Zafra del año 2020. En Honduras este corresponde del mes de diciembre al mes de mayo y constituye en la época seca en que se cosecha el cultivo de caña de azúcar en el campo y se procesa en el ingenio. El ingenio donde se harán las pruebas necesarias es CAHSA (Compañía Azucarera Hondureña S.A.). CAHSA es una empresa líder en producción de caña, azúcar y sus derivados con estándares altos de calidad y busca siempre la mejora continua de sus procesos de una forma amigable al medio ambiente y con el compromiso de alcanzar la satisfacción permanente de sus clientes y partes interesadas. Por lo tanto, si se logra determinar que el proyecto en efecto es factible, se mejoraría la rentabilidad de la compañía

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta la estructura del problema, sus precedentes que respaldan la investigación, así como el impacto que genera usar el residuo agrícola cañero. También se incluye las preguntas de investigación, objetivos y los pasos a seguir para poder llevar a cabo el estudio.

### 2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Actualmente el interés de crear fuentes alternas de energía está creciendo en nuestro país. El bagazo ha sido utilizado por muchos años por los ingenios azucareros, pero éste no es el único recurso aprovechable que nos da la caña de azúcar. En Brasil ya se utiliza el RAC como fuente de biomasa. Según la Sociedad Nacional de Agricultura de Brasil la electricidad producida a partir de biomasa antes del RAC era del 8% de la electricidad generada en el país que fue de 620 TWh en 2016. El uso del RAC como materia prima aumentó esta cantidad en aproximadamente un 6%. La proyección que tendría en nuestro país sería mucho mayor. Siendo una fuente de energía inagotable que apenas contamina el medio ambiente, hace del RAC un material muy explotable según la misma Sociedad Nacional de Agricultura de Brasil (SNA). Los inconvenientes de utilizar el residuo agrícola cañero como fuente de biomasa principal, es que requieren un proceso de secado previo por la humedad que contiene, lo que implica una etapa más y un consumo de energía eléctrica previo. También los almacenamientos tienen que ser mucho mayores y los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso. Al ser un recurso de uso reciente las redes y canales de distribución de éstos no se encuentran tan desarrollados como los de otros combustibles. Como se puede observar en la Tabla 1, según la ENEE, el año 2018 apenas el 7.78% del 62.8% de energía renovables es biomasa, lo cual demuestra que obtener la biomasa que no se está utilizando es una prioridad.

**Tabla 1: Datos: Boletín Estadístico**

Capacidad Instalada	MW	%
Hidráulica	705.79	26.31%
Biomasa	209.67	7.82%
Eólica	225	8.39%
Fotovoltaica	510.8	19.04%
Geotérmica	35	1.30%
Carbón	114	4.25%
Térmica (Fósiles)	882.1	32.89%
	2,682.36	100.00%

Fuente: (ENEE, 2018)

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los ingenios azucareros del país necesitan emplear al máximo todos los beneficios que la caña de azúcar les pueda brindar. Por lo tanto, al implementar el proceso de generación de energía con las hojas y tallos que la misma caña deja atrás en la cosecha, es decir, el RAC, como una nueva fuente de biomasa. Esta investigación pretende demostrar si existe la posibilidad de reducir el costo nivelado de electricidad en un ingenio azucarero generando energía eléctrica utilizando RAC.

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

La explotación del RAC aumentaría la cantidad de biomasa disponible en temporada de Zafra cuando este se utilice en conjunto con el bagazo. Por consecuencia también aumentaría el tiempo de producción de energía posterior a la temporada de cosecha. Según la Compañía Azucarera Hondureña S.A., tienen un área cultivada de 4,579.47 hectáreas, las cuales son cosechadas de forma mecanizada, lo que hace más fácil la extracción del RAC. Se pueden obtener 16 toneladas métricas de RAC por cada hectárea de cultivo cañero y por cada tonelada métrica de RAC se pueden generar aproximadamente 375 kwh. En

otras palabras, actualmente se están desperdiciando un estimado de 27,000 MWh al año. En la Tabla 2 se muestran de forma específica los datos mencionados anteriormente para la generación de energía eléctrica con RAC.

**Tabla 2: Datos Específicos para la Generación de Energía Eléctrica con RAC**

Descripción	Unidad	Valor
Generación Caldera de Vapor	Tm/hora	150
Capacidad Generación	MW	24
Consumo de Vapor Turbinas	Lb/kw	13
Relación RAC/Vapor	Ratio	2.34
Consumo RAC	Tm/hora	64
Generación Específica con RAC	kwh/Tm	375

Fuente: (Departamento de Fincas CAHSA, 2020)

## 2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la demanda de energía eléctrica en la Compañía Azucarera Hondureña S.A.?

¿Es conveniente para el ingenio azucarero utilizar RAC como biomasa según un estudio financiero?

¿Cuál es la localización ideal para llevar a cabo el proyecto?

¿Cuál es el poder calorífico del RAC?

¿Cuáles son los beneficios financieros de la utilización del RAC?

¿Cuál será la inversión inicial de la empresa?

## 2.5 OBJETIVOS

Los objetivos son de gran importancia para determinar el enfoque de la investigación y para la obtención de respuestas a las preguntas de investigación.

### 2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si es factible técnica y financieramente para CAHSA utilizar RAC como fuente de biomasa para incrementar la producción de electricidad.

### 2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un estudio de mercado basado en la demanda de la energía eléctrica de la empresa, la oferta que tiene y la comercialización.
2. Realizar un estudio técnico correspondiendo a la localización y dimensionamiento del proyecto.
3. Realizar un estudio financiero del proyecto.

### III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la teoría relacionada con la investigación en desarrollo. Se citan las fuentes de información que mas aportan a la investigación. También se presentan datos que sustentan la hipótesis, variables, metodología y resultados de la investigación.

#### 3.1 LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo, alrededor del año 4,500 a. C. se dio a conocer como un tipo de césped en la Isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India. La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, tiene características como el tallo leñoso, lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar. Su altura puede superar los dos metros; La demanda mundial de azúcar es el principal motor de la agricultura de la caña de azúcar. Alrededor del 80% del azúcar que se produce viene de la caña y gran parte del 20% restante se genera a partir de la remolacha azucarera. Además del azúcar, los productos derivados de la caña de azúcar son la melaza, el ron, la cachaza, el bagazo y el etanol. Cabe destacar de igual manera que todas las partes de la caña pueden ser utilizadas para la producción de diferentes productos. (Venemedia Comunicaciones C.A., 2019)

La caña de azúcar crece en la regiones tropicales y subtropicales por todo el mundo. La caña se reproduce a través de trozos de tallo. Se recomienda sembrarla de Este a Oeste para así aprovechar la captación solar. Durante primavera y otoño se debe realizar la siembra. El crecimiento de la planta es rápido durante el verano y aumenta la producción de azúcar en otoño y tarda en madurar de 12 a 14 meses. La temperatura, humedad y luminosidad son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la planta. Debido a que la caña es una planta tropical, es mejor que su desarrollo se lleve a cabo en lugares calientes y soleados. En temperaturas altas, la caña alcanza su mayor crecimiento vegetativo y bajo estas condiciones la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso muscular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Una ventaja que tiene esta planta es que puede soportar temperaturas muy bajas, pues los nódulos son susceptibles a proporcionar un nuevo crecimiento dependiendo de la temperatura. El cuidado de terreno debe ser riguroso pues la cosecha puede ocupar al mismo hasta 4 años. El arado tiene que ser

profundo para luego comenzar la siembra de semillas. Por eso para una buena producción la caña de azúcar requiere de mucho cuidado y atención. (N.Silva, 2015)

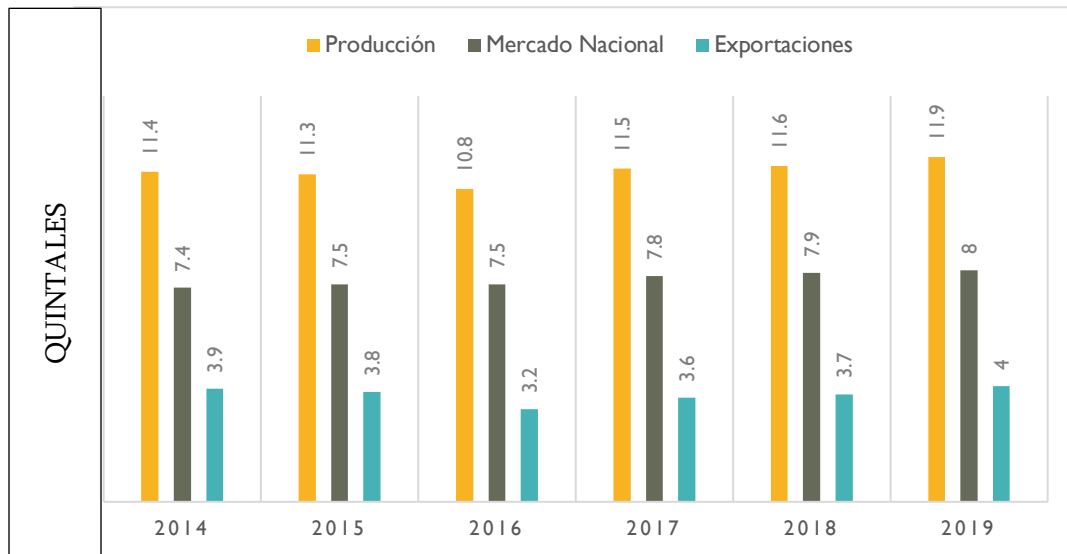
### 3.1.1 HONDURAS

La historia de la Agroindustria Azucarera en Honduras se remonta a finales del siglo XIX, con un ingenio en el municipio de Cantarranas, que producía cantidades muy pequeñas de azúcar con las cuales abastecía a los empleados y pobladores del Mineral de San Juancito, así como parte de Tegucigalpa. Desde esa fecha ocho ingenios fueron instalados en Honduras de los cuáles, tras diversos sucesos a lo largo de todos estos años hoy están operando solamente siete de ellos. Actualmente es una de las industrias mejor afianzadas en Honduras con una historia que la respalda y un futuro mas que prometedor.

La globalización del mundo moderno exige que Honduras se mantenga a la vanguardia para poder competir con los países vecinos, modernizando fabricas, capacitando a los empleados, que busque la diversificación y además que atienda a la población mas cercana con políticas de responsabilidad social.

Del sector azucarero se puede decir hoy en día que es el principal generador de empleo en sus áreas de influencia, proveyéndole trabajo a un 44% de la población económicamente activa de las zonas, representando así alrededor de 200 mil empleos directos e indirectos generados. Representa 80 millones de dólares en generación de divisas, los que significa que es un factor determinante en la relación entre crecimiento y desarrollo económico del país. También representa alrededor del 10% de la energía limpia y renovable que se genera en el país, aprovechando su biomasa, generando la energía a través del uso eficiente del bagazo resultante de la molienda de la caña en el proceso de la elaboración del azúcar. Actualmente las 60 mil hectáreas sembradas de caña sembrada producen 4.9 millones de toneladas métricas de caña y tienen un potencial equivalente a 334 MW de potencia eléctrica, produciendo el total de la energía necesaria para su producción y vendiendo el excedente a la red nacional a un precio de entre los 8 y 10 centavos de dólar. Esto representa para el país un ahorro de 56 millones de dólares, reduciendo la dependencia del petróleo y el impacto económico de las fluctuaciones del precio del crudo. (Azucar HN, 2019)

En Honduras se derivan muchos productos de la caña de azúcar. Como resultante de la molienda de caña se obtiene su pulpa, conocida como bagazo. La combustión del bagazo se genera la energía eléctrica la cual reduce la dependencia de petróleo en el ingenio y en el país. La melaza se da tras el proceso de obtención de azúcar blanco, crudo y refinado, convirtiéndolo en un líquido denso y de color negro que queda después de la cristalización. De la melaza se puede producir panela y en otros lugares se utiliza para la generación de bebidas alcohólicas como lo es el ron. También se obtiene el azúcar que es un endulzante natural. Igualmente, la cachaza que se usa como abono y el bagazo sirven de combustible a las calderas de los ingenios, reduciendo el impacto ambiental. Por último, también se produce etanol, el cual es un proyecto que la industria de la caña de azúcar de Honduras mantiene en pie ya que esta lista para invertir y desarrollar. En la Tabla 3 se puede observar las estadísticas de producción en quintales por año en zafra incluyendo la producción total, consumo interno, y exportaciones del país en los últimos 6 años. En el país se aprovechan casi todos los beneficios que nos da la caña al máximo con muchos proyectos todavía por desarrollarse. (APAH, 2019)



**Ilustración 1: Producción por Año en Temporada de Zafra**

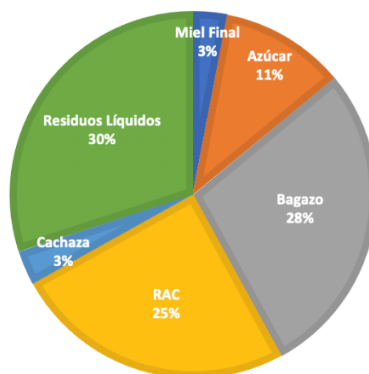
Fuente: (APAH, 2019)



### 3.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL RAC

Las plantaciones de caña de azúcar son las más amistosas al medio ambiente debido a la cantidad de oxígeno que esta libera. También se conoce por su alta absorción de dióxido de carbono. Una hectárea de caña produce aproximadamente cuatro veces más oxígeno que la emitida por una hectárea de bosque. Los ingenios azucareros en Honduras cuentan con sistemas de control de emisiones, ya sean depuradores húmedos o ciclones secos. Para fertilizar estos cultivos, se usan recursos naturales como la cachaza, lo cual nutre el suelo. En los períodos de corte de caña, se dejan residuos (RAC) en el suelo, incorporando una buena cantidad de materia orgánica al suelo, mejorando la fertilidad de este al retener la humedad, devolviendo nutrientes y ayudando al control de melaza. La vaina y las hojas secas tienen composición similar a la del bagazo, pero no contienen azúcares lo que hace de los residuos más utilizables del punto de vista energético. (Salvador, 2010)

La biomasa agroindustrial azucarera, compuesta por el bagazo y los residuos agrícolas de la caña, representan un poco más del 50% de la materia prima que entra a la industria, convertible en energía con alta eficiencia mediante métodos termoquímicos. El aprovechamiento depende en gran parte de la tecnología empleada en la cosecha de la caña y de la eficiencia en el proceso de conversión energéticas. El potencial energético de la caña de azúcar en forma de biomasa, en la agroindustria azucarera es equivalente al 89% en peso de la materia prima que entra a la industria y el 25% como se muestra en la Ilustración 2 le pertenece al RAC, un alto porcentaje que no se está aprovechando en la actualidad. (Aguilar, 2017)



**Ilustración 2: Datos: Composición de la Caña de Azúcar**

Fuente: (ICIDCA, 2017)

### 3.2.1 QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

La quema de RAC es una práctica utilizada para liberar terreno de residuos y así facilitar el crecimiento de la caña de azúcar para la siguiente cosecha. Además de ser una fuente de emisiones de metano, monóxido de carbono y óxido nitroso hacia la atmósfera, la quema de rastrojo genera fijación de nutrientes. Los inventarios mundiales de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) afirman que el sector de residuos es responsable de entre 3% y 4% de todas las emisiones antropogénicas a nivel mundial. Los botaderos mal gestionados son responsables del 75% de las emisiones de metano a la atmósfera. La misma quema tiene ventajas tales como la destrucción de la hierba, la reducción de parásitos, la restitución de minerales en el suelo y la eliminación rápida de residuo. (Residuo agrícola—EcuRed, 2014)

### 3.2.2 RESIDUO AGRÍCOLA EN LA AGRICULTURA

Hoy en día la paja ha perdido valor porque es más rentable alimentar un ganado. Los abonos químicos son más baratos que los orgánicos que exigen ser manipulados. En la actualidad se obtiene gas metano por la fermentación de la biomasa. Si el tamaño de la explotación es suficiente puede abastecerse de energía eléctrica, como se pretende hacer en los países del tercer mundo. Al dejar RAC en el terreno de cultivo esta reduciendo el uso de maquinaria y el consumo de combustible, evita de igual manera la pérdida de terreno debida a erosión y a disminuir la pérdida de materia orgánica. La maquinaria y el equipamiento son un ejemplo de factores a los que se enfrenta frecuentemente un agricultor y aún que cada sistema a implementar es diferente dependiendo de los costes, mano de obra, productividad y las materias de protección medioambiental el uso del RAC en la agricultura garantiza minimizar estos costos. (Ambientum, 2015.)

### 3.2.3 MACROENTORNO

Muchos residuos agrícolas son usados para la generación de energía como los de la palma africana. El proceso de producción de aceite vegetal que proviene de la palma produce residuos que son utilizados como combustibles en plantas de biomasa que se dedican a la generación de energía eléctrica. Los residuos de la palma africana están compuestos por el raquis, mesocarpio y el coquito. Del proceso de industrialización del arroz y del café obtenemos la cascarilla del arroz y la pulpa del café, que por su

baja humedad tienen la facilidad de utilizarse para la cogeneración de energía eléctrica. Existen de igual manera los residuos forestales que son las ramas, despuntes y tacones que se derivan de la explotación de bosques con el fin de obtener madera. (Residuo agrícola—EcuRed, 2014.)

#### 3.2.4 COMPAÑÍA AZUCARERA HONDUREÑA S.A.

Actualmente CAHSA no está utilizando el RAC como fuente de biomasa. Su único funcionamiento es el de fertilizar el suelo donde se cosecha la caña de azúcar.

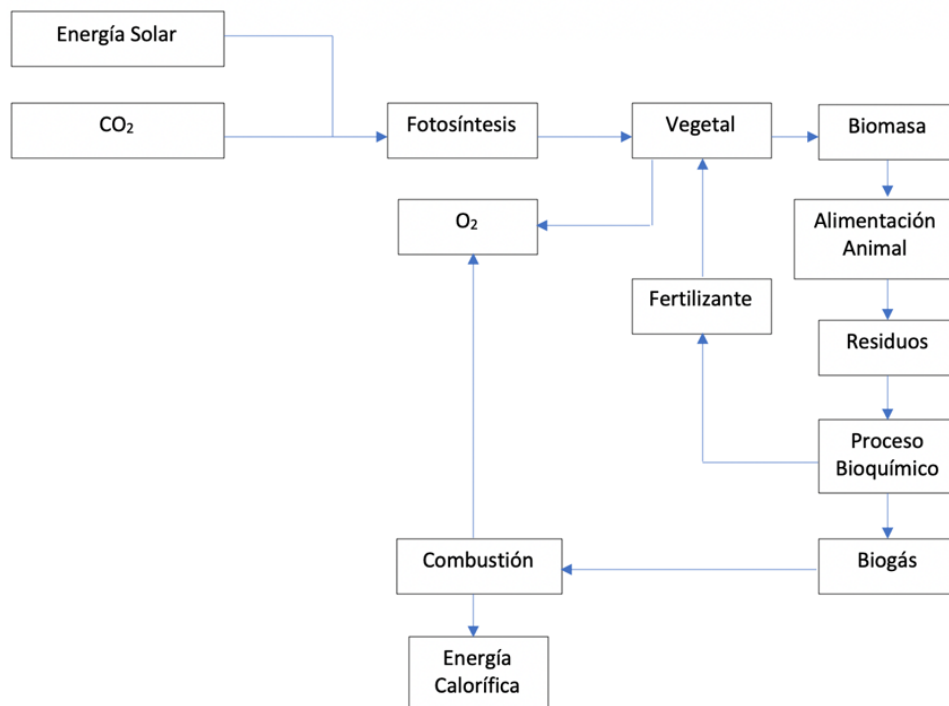
### 3.3. BIOMASA

La biomasa como definición general es aquella materia orgánica vegetal o animal, que incluye residuos y/o deshechos orgánicos, susceptible de que sea aprovechada energéticamente. Las plantas a través de la fotosíntesis transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de la energía queda almacenada en forma de materia orgánica. La biomasa se usa para un tipo de producción de energía más barata, renovable y con menos emisiones por su forma de combustión. Se utilizan calderas donde el material es quemado, lo que genera cenizas que son utilizadas posteriormente como abono. Este recurso se utiliza para generar calor, pero en la industria se usa para generar energía eléctrica. Los factores tales como el incremento del precio del petróleo, el crecimiento de la producción agrícola, el cambio climático, el aumento de la preparación técnica y el conocimiento científico en la investigación de renovables son razones por las cuales muchos países optan por hacer uso de centrales de biomasa, siendo Europa uno de los principales generadores. (Plantas de Biomasa, 2016)

Se calcula que el consumo global de energía en la actualidad es de 490 EJ y que en 2050 esta cantidad alcanzaría los 1000 EJ, según las proyecciones que maneja la Agencia Internacional de Energía. La World Bioenergy Association (WBA) afirma que la bioenergía podría cubrir esa demanda mediante métodos de explotación y producción sostenibles. Solo se aprovecha actualmente 50 EJ de biomasa, lo que equivale a un 10% del consumo global. La producción de bioenergía actual precisa de una superficie de cultivo de 25 millones de hectáreas, que abarcan el 0,20% de toda la superficie terrestre y el 0,5% de las tierras agrícolas. (Biomasa - Energías Renovables, 2017)

### 3.3.1 CICLO DE VIDA DE LA BIOMASA

Como lo muestra la Ilustración 3, el ciclo de vida de la biomasa es un proceso complejo pero fácil de descomponer. Todo inicia con la luz solar, la cual hace posible la fotosíntesis en los cultivos. En este proceso se toma el dióxido de carbono y se transforma en oxígeno. Luego se extrae la materia prima a utilizar de los cultivos, en el caso de la caña se corta el tallo completo, los arboles son talados para obtener la madera, etc. Los residuos, como las hojas, tallos o el mismo aserrín de los arboles, son quemados, lo que nos traslada al proceso de combustión. Se queman los residuos con el fin de liberar dióxido de carbono a la atmosfera y así comenzar de nuevo el ciclo de la biomasa con la fotosíntesis.

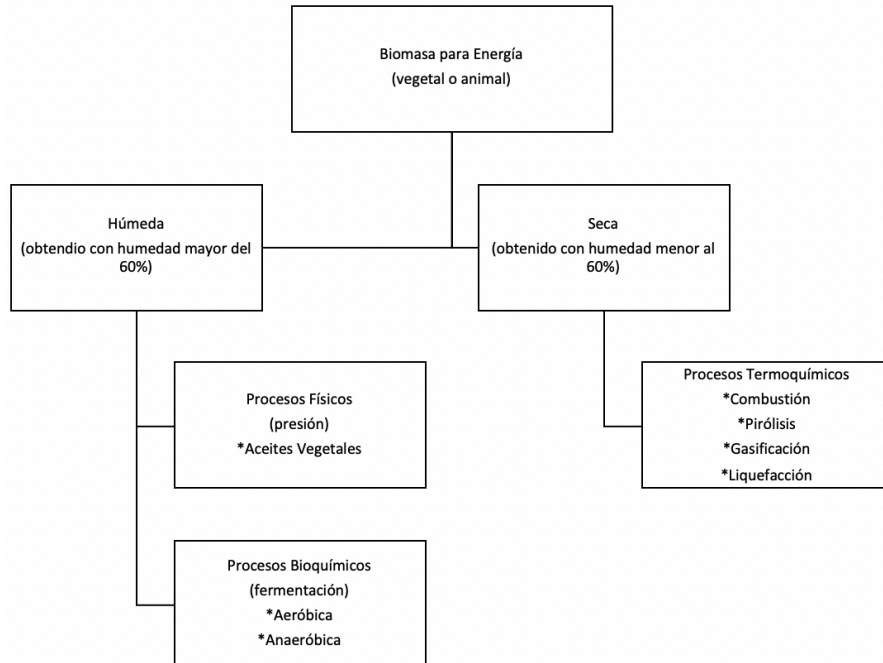


**Ilustración 3: Ciclo de Vida de la Biomasa**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

La biomasa desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grupos importantes como lo muestra la Ilustración 4.



**Ilustración 4: División de la Biomasa**

Fuente: (Energía Biomasa, 2015)

### 3.3.2.1 BIOMASA SECA

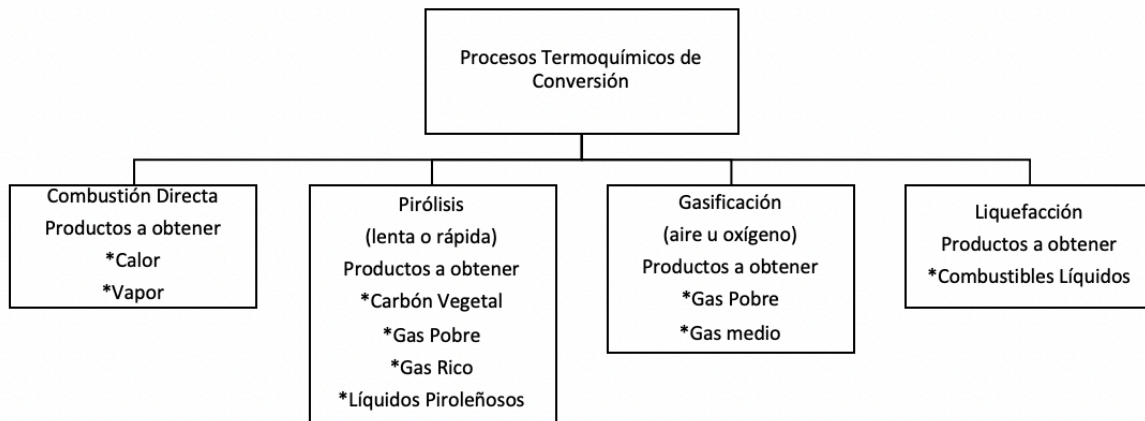
Aquella que puede obtenerse en forma natural con un valor de humedad menor al 60%, como la leña y la paja. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos termoquímicos o fisicoquímicos, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. (Tipos de biomasa, 2018.)

### 3.3.2.2 BIOMASA HÚMEDA

Se denomina biomasa húmeda cuando el porcentaje de humedad supera el 60%, como por ejemplo en los restantes vegetales, residuos animales y la vegetación acuática. Resulta especialmente adecuada para su tratamiento mediante procesos químicos, o en algunos casos mediante simples procesos físicos, obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos. (Geronimo Perez, *Biomasa Residual Húmeda*, 2009)

### 3.3.3 PROCESOS TERMOQUÍMICOS

Los procesos termoquímicos se comprenden de la combustión, gasificación y pirólisis, encontrándose aun en etapa de desarrollo la licuefacción directa como se muestra en la Ilustración 5.



**Ilustración 5: Procesos Termoquímicos de Conversión**

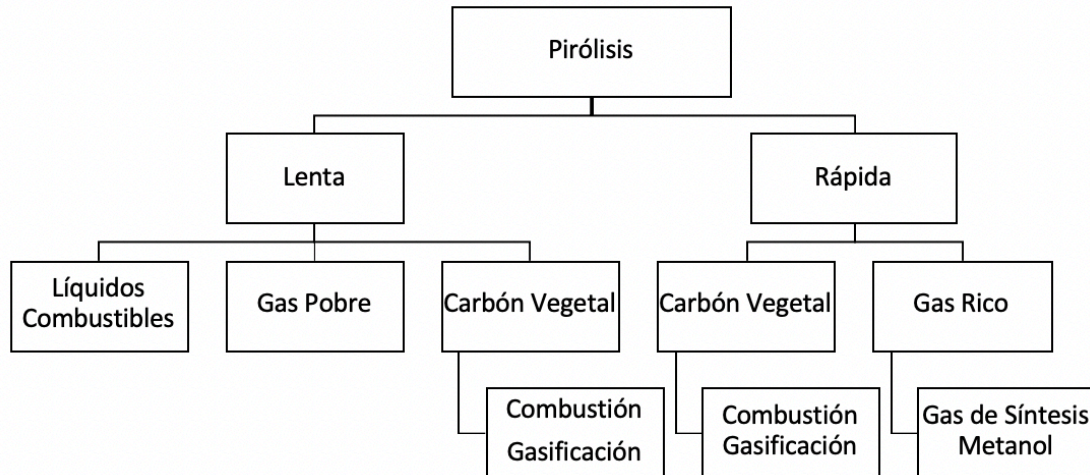
Fuente: (Energía Biomasa, 2015)

#### 3.3.3.1 COMBUSTIÓN

La combustión es el procesos mas sencillo y mas utilizado, tanto en el pasado como en el presente. Permite obtener energía térmica, ya sea para usos domésticos o industriales. La tecnología utilizada para la combustión directa de la biomasa abarca un amplio campo que va desde el fogón abierto hasta las calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria.(García, 2008)

#### 3.3.3.2 PIRÓLISIS

El pirólisis es un proceso similar a la gasificación por el cual se realiza una oxigenación parcial y controlada de la biomasa, para obtener como producto una combinación variable de combustibles solidos, líquidos y gaseosos. Generalmente, el producto principal del pirólisis es el carbón vegetal, considerándose a los líquidos y gases como subproductos del proceso. El pirólisis con aprovechamiento pleno de subproductos tuvo su gran auge antes de la difusión masiva del petróleo, ya que constituía la única fuente de ciertas sustancias que luego se produjeron por la vía petroquímica. En la Ilustración 6 se puede observar el proceso de pirólisis y sus productos. (La pirólisis de biomasa, 2011)

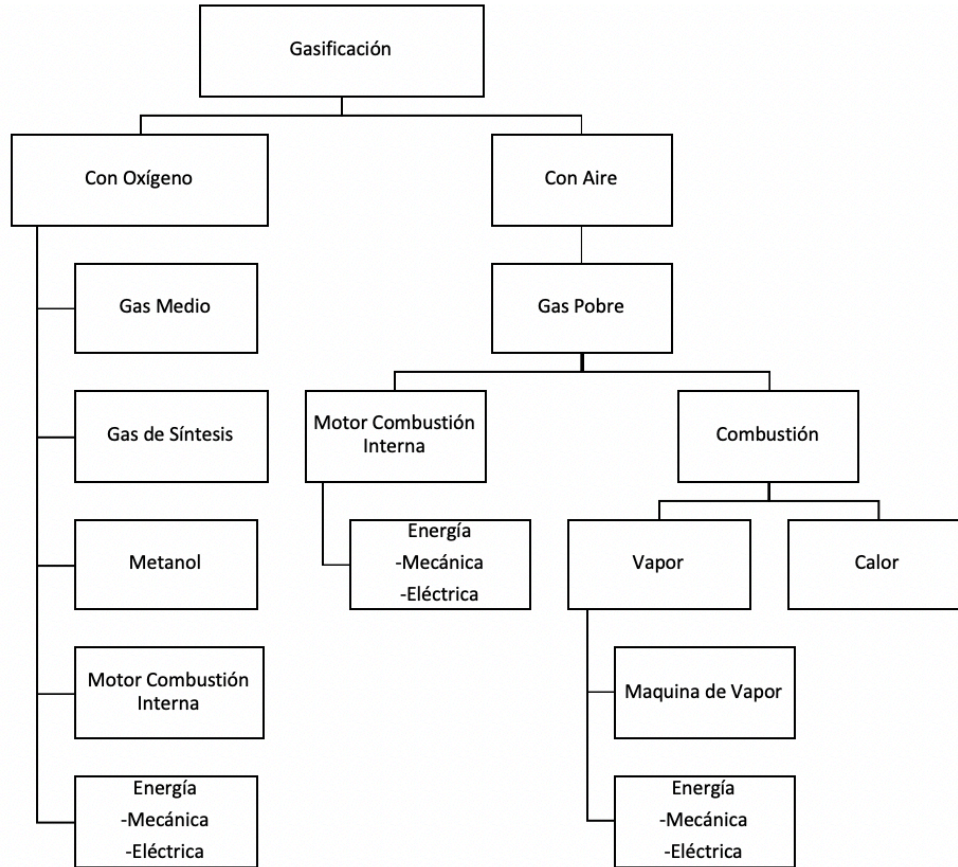


**Ilustración 6: Pirólisis y sus Productos**

Fuente: (Energía Biomasa, 2015)

### 3.3.4 GASIFICACIÓN

Consiste en la quema de biomasa en presencia de oxígeno, en forma controlada, de manera de producir un gas combustible denominado “gas pobre” por su bajo contenido calórico en relación con el gas natural. La gasificación se realiza en un recipiente cerrado, conocido por gasógeno, en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requería para su combustión completa. El “gas pobre” obtenido puede quemarse luego en un quemador para obtener energía térmica, en una caldera para producir vapor, o bien ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca energía mecánica. En la Ilustración 7 se observa el proceso de la gasificación y sus productos. (Eficiencia del proceso, 2016)



**Ilustración 7: Gasificación y sus Productos**

Fuente: (Energía Biomasa, 2015)

### 3.3.4 RESIDUOS FORESTALES

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada en el área centroamericana. Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, solo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%. Se estima que un 40% es dejado en el campo, en las ramas y raíces, a pesar de que el potencial energético es mucho mayor. La mayoría de los desechos de aserrío son aprovechados para generación de calor, en sistemas de combustión directa en algunas industrias se utilizan para la generación de vapor. Los desechos de campo son usados como fuente de energía por comunidades aledañas, pero la mayor parte no es aprovechada por el alto costo del transporte. (Ambientum, 2017)



### 3.3.5 DESECHOS AGRÍCOLAS

La agricultura genera cantidades considerables de desechos, de hecho, se estima que en cuando a desechos de campo, el porcentaje es mas del 60%, y en desechos de procesos entre 20% y 40%. Al igual que en la industria forestal, muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía. Los campos agrícolas también son una fuente importante de leña para el uso doméstico: mas del 50% del volumen total consumido. (OCDE, 2017)

### 3.3.6 DESECHOS INDUSTRIALES

La industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de carnes y vegetales cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son solidos y líquidos con un alto contenido de azucares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos. (Enciclopedia Medioambiental, 2017)

### 3.3.7 DESECHOS URBANOS

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón y aguas negras. La mayoría de los países centroamericanos carecen de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas, sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación.

Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos como el metano y dióxido de carbono que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía “limpia”. En el corto y mediano plazo, la planificación urbana deberá incluir sistemas de tratamiento de desechos que disminuyan eficazmente las emanaciones nocivas de los desechos al ambiente, dándoles un valor de retorno por medio del aprovechamiento de uso contenido energético, pues aproximadamente el 80% de toda la basura orgánica urbana pueden ser convertido en energía. (Enciclopedia Medioambiental, 2017)

### 3.3.8 CARACTERÍSTICAS DE LA BIOMASA

En la Tabla 3 se puede observar los estados típicos de la biomasa de una manera mas amplia.

**Tablas 3: Estados Típicos de la Biomasa**

Recursos de Biomasa	Tipo de Residuo	Características Físicas
<b>Residuos Forestales</b>	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas.	Polvo, solido, HR <sup>2</sup> >50%
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas.	Polvo, solido, HR 30-45%
	Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces	Solido, HR>50%
<b>Residuos Agropecuarios</b>	Cascara y pulpa de frutas y vegetales.	Sólido, alto contenido humedad
	Cascara y polvo de granos secos (arroz, café).	Polvo, HR<25%
	Estiércol.	Sólido, alto contenido humedad
	Residuos de cosechas: tallos y hojas, cascara, melaza, pastura.	Sólido HR>55%
<b>Residuos Industriales</b>	Pulpa y cascara de frutas y vegetales.	Sólido, humedad moderada
	Residuos de procesamiento de carnes.	Sólido, alto contenido humedad
	Aguas de lavado y precócido de carnes y vegetales.	Líquido
	Grasas y aceites vegetales.	Líquido, gaseoso
<b>Residuos Urbanos</b>	Aguas negras.	Líquido
	Desechos domésticos orgánicos.	Sólido, alto contenido humedad
	Basura orgánica	Sólido, alto contenido humedad

Fuente: (Guerrero, 2016)

La composición química y física de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar; por ejemplo, los desechos animales producen altas cantidad de metano,

mientras que la madera puede producir denominado “gas pobre”, que es una mezcla rica de monóxido de carbono. Por otro lado las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar. (Guerrero, 2016.)

El contenido de humedad (H.R.) de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramos de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Los residuos muchas veces salen del proceso productivo con un contenido de humedad superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía. (Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponible en Chile, 2015)

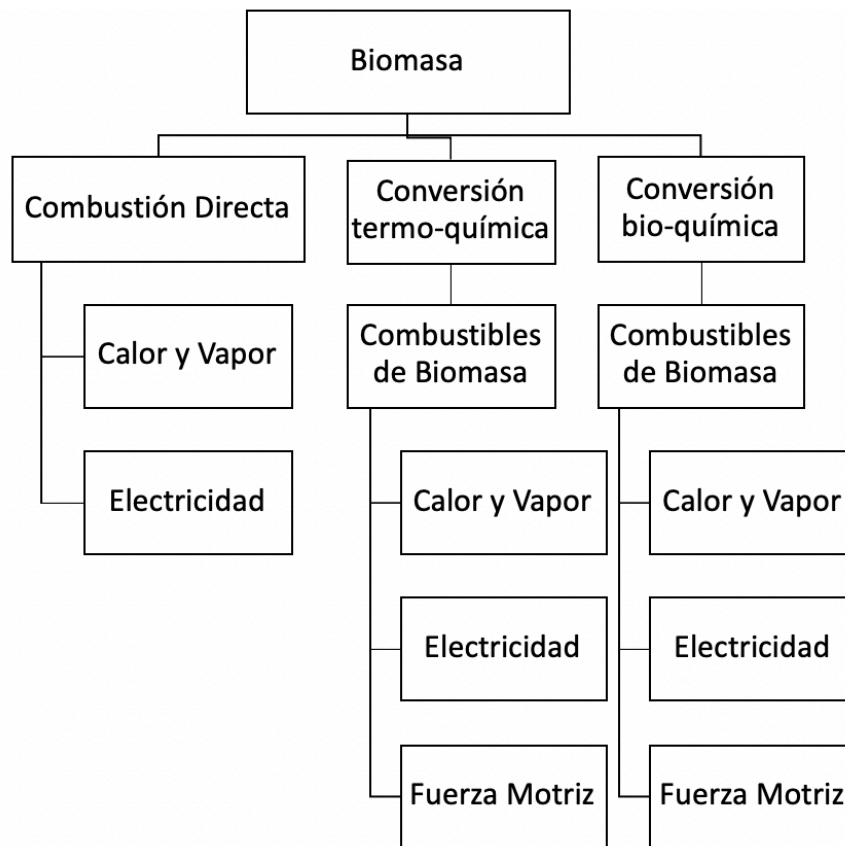
El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, esta puede ser utilizada, por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado. (Comportamiento de Cenizas y su Impacto en Sistemas de Combustión de Biomasa, 2012)

El contenido calórico o poder calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química material. (Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponible en Chile, 2015)

La densidad aparente se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los periodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión y eleva los costos del proceso. (Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponible en Chile, 2015)

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.

En la Ilustración 8 se observan los procesos de conversión y las formas de energía de la biomasa.



**Ilustración 8: Biomasa y su Proceso**

Fuente: (Manuales sobre Energía Renovable-Biomasa, 2018)

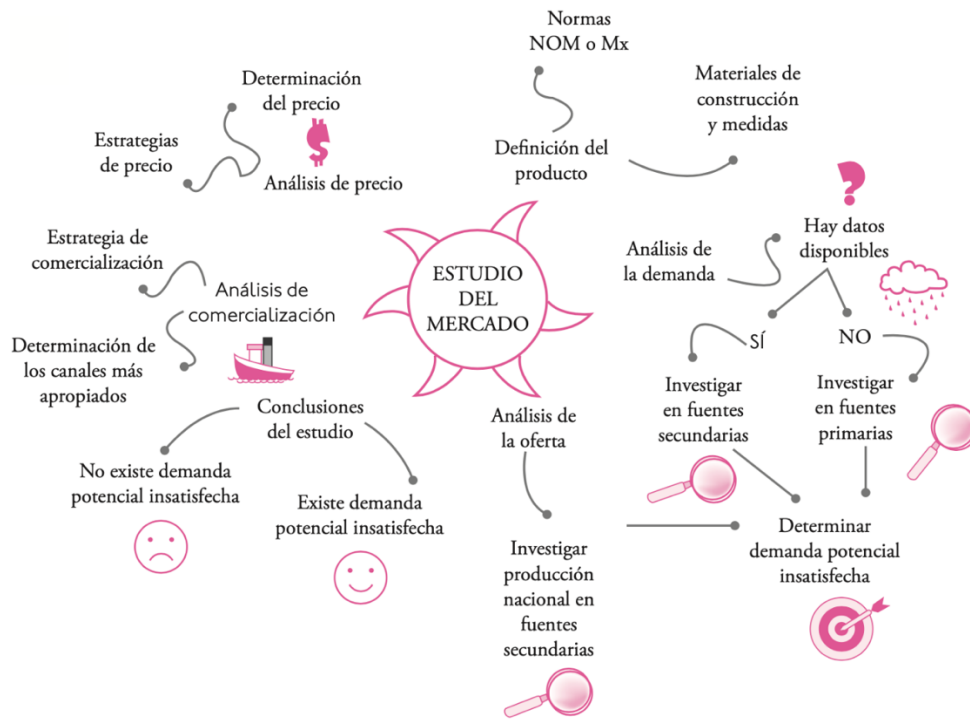
### 3.4 FACTIBILIDAD

El estudio de factibilidad sirve para orientar la toma de decisiones de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativa o de formulación dentro del ciclo del proyecto. Se determina el proyecto a través del estudio de mercado, la definición del tamaño, la ubicación de las instalaciones y

la selección de tecnología. También se estima el nivel de la inversión necesaria y su cronología. Estos resultados se entregan a la gerencia, quienes son los que aprueban la realización del proyecto. El estudio consume aproximadamente entre un 5% y un 10% del costo estimado del total el proyecto.

### 3.4.1 ESTUDIO DE MERCADO

Se denomina estudio de mercado a la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta de la determinación y cuantificación de la demanda y oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. El estudio de mercado es útil para establecer una política de precios, estudiar la forma adecuada de comercializar el producto y saber si el mercado es viable para el producto. Al terminar el estudio de mercado se sabrá el riesgo que se corre y la posibilidad de éxito que habrá con la venta de un nuevo producto o con la existencia de un nuevo competidor en el mercado. En la Ilustración 9 se puede observar un mapa mental de todos los datos que se requieren para poder llevar a cabo un estudio de mercado meticuloso. (¿Qué es un estudio de mercado? 2017)

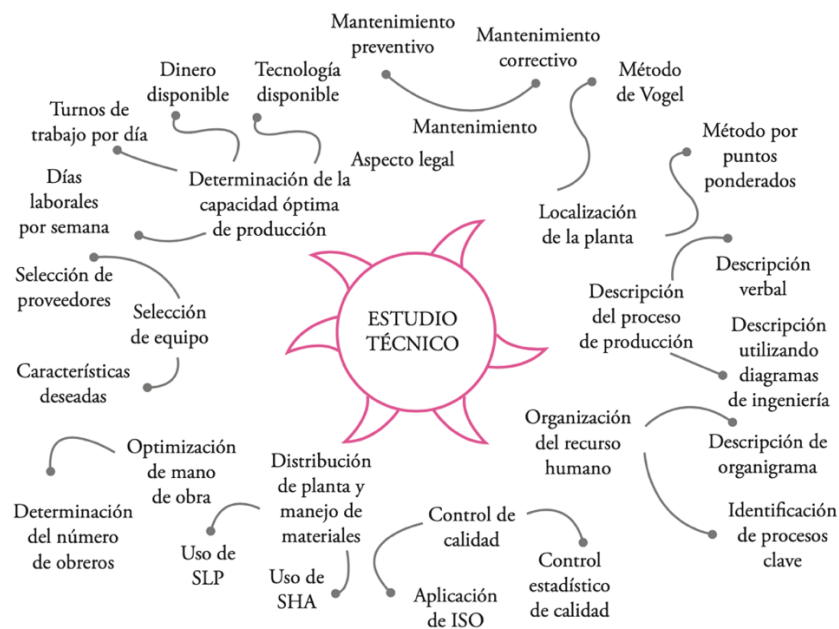


**Ilustración 9: Mapa Mental para el Estudio de Mercado**

Fuente: (Urbina, 2013)

### 3.4.2 ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico de un proyecto se debe dividir en cuatro partes, la determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y el análisis organizativo, administrativo y legal. En la determinación de la localización óptima del proyecto es necesario tomar en cuenta no solo factores cuantitativos, como los costos de transporte de materia prima, sino también los factores cualitativos tales como apoyos fiscales, clima, actitud de la comunidad, entre otras cosas. Los análisis deben de ser integrales es decir deben de realizarse de diferentes puntos de vista para resultados satisfactorios. La ingeniería de proyectos es la parte donde se hacen estudios tales como el análisis y la selección de los equipos necesarios, dada la tecnología elegida. Algunos aspectos que no se analizan con profundidad en los estudios de factibilidad son el organizativo, administrativo y legal, se debe a que son considerados aspectos que por su importancia y delicadeza merecen ser tratados a fondo en otra etapa del proyecto, pero no deben pasarse por alto. En la Ilustración 10 se observa un mapa mental para el estudio técnico con los datos a recolectar para llevar a cabo el estudio. (Facultad de Economía (UNAM), 2016)

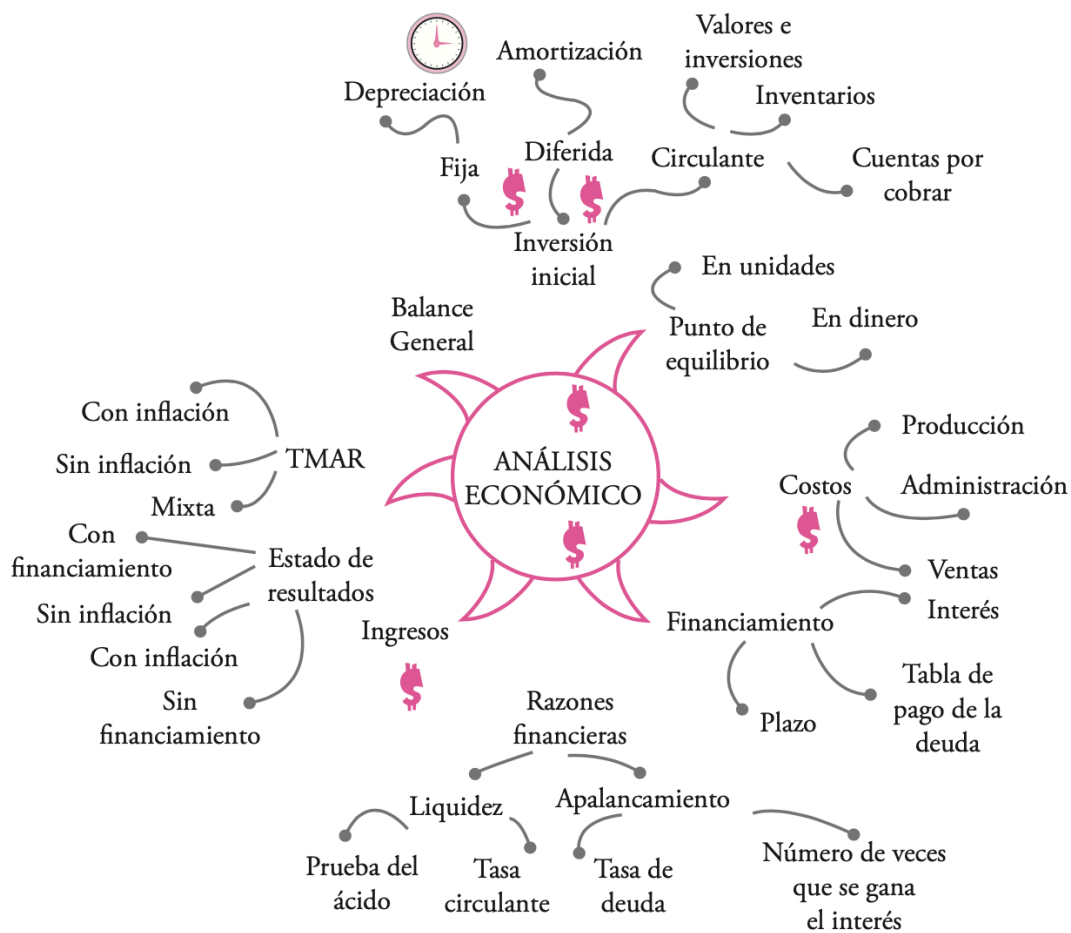


**Ilustración 10: Mapa Mental para el Estudio Técnico**

Fuente: (Urbina, 2013)

### 3.4.3 ESTUDIO ECONÓMICO

El objetivo del estudio económico es ordenar y sistematizar la información monetaria que proporcionan las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica. Comienza con establecer los costos totales y de la inversión inicial y continua con la determinación de la depreciación y amortización de toda la inversión inicial. Se debe incluir de igual manera el punto de equilibrio donde se incluye la cantidad mínima económica que se producirá. En la Ilustración 11 se observa un mapa mental de lo que conlleva la ejecución de un estudio económico. (OBS Business School, 2010.)



**Ilustración 11: Mapa Mental para el Estudio Económico**

Fuente: (Urbina, 2015)

#### 3.4.4 TASA INTERNA DE RETORNO

Es la tasa de descuento por la cual el valor neto equivale a cero. En el proyecto se compara el TIR con el costo de capital promedio ponderado (CCPP) el cual es una medida financiera, la cual tiene el propósito de englobar en una sola cifra en términos porcentuales, el costo de diferentes fuentes de financiamiento que usara una empresa para fundear el proyecto ya sea capital propio o prestamos. Donde para invertir se busca un CCPP de un 18% o mas. (I. García, 2020)

TIR > CCPP se aprueba el proyecto

TIR < CCPP se rechaza el proyecto

TIR = CCPP no es factible llevar a cabo el proyecto

#### 3.4.6 COSTO NIVELADO DE ELECTRICIDAD

El LCOE consiste en calcular el costo promedio total de construir y operar una central eléctrica y dividirlo entre la energía total a ser generada durante su vida útil. El LCOE nos brinda la entrega en punto de equilibrio: su resultado, un valor en kilovatios por hora (kWh), puede también considerarse como el punto de equilibrio de una central eléctrica, en otras palabras, el precio mínimo al que esta tendría que vender la electricidad para no ganar ni perder. Por otro lado, mide la evolución de la competitividad entre diferentes tecnologías a lo largo del tiempo. La ecuación 1 demuestra la formula para calcular el LCOE. Si el valor conseguido es menor al precio de venta actual de la energía en el ingenio azucarero entonces el proyecto es factible y viable. (*Levelized Cost of Electricity (LCOE)*, 2019)

$$LCOE = \frac{Io + OyM + Fuel Cost}{[(Vida Útil)(Factor de Planta)(Capacidad del Generador)(Tiempo de Operacion)]}$$

#### **Ecuación 1: Formula Costo Nivelado de Electricidad**

Fuente: (*Levelized Cost of Electricity (LCOE)*, 2019)



## IV. METODOLOGÍA

En este capítulo, se procede a detallar la metodología con que se llevara a cabo la investigación, especificando su enfoque, instrumentos y procedimientos a utilizar para el tratamiento de las variables.

### 4.1 HIPÓTESIS

Según María Estela Raffino, las hipótesis son enunciados que se realizan de manera previa al desarrollo de una investigación. Son una suposición que resulta una de las bases elementales del estudio. (María Estela Raffino, 2020) Al final de la investigación la hipótesis será aceptada o rechazada. Para la presente investigación se presenta la siguiente hipótesis:

El uso del RAC como biomasa para la generación de energía eléctrica en la Compañía Azucarera Hondureña S.A. posee un costo nivelado de producción de electricidad menor al costo de producción actual haciendo este proyecto factible y viable para el ingenio azucarero.

### 4.2 ENFOQUE

Para el presente estudio se utilizo un enfoque cuantitativo. Este enfoque presenta un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Una investigación con este enfoque debe ser lo mas objetiva posible. En la Ilustración 12 se observa un flujo del proceso cuantitativo.

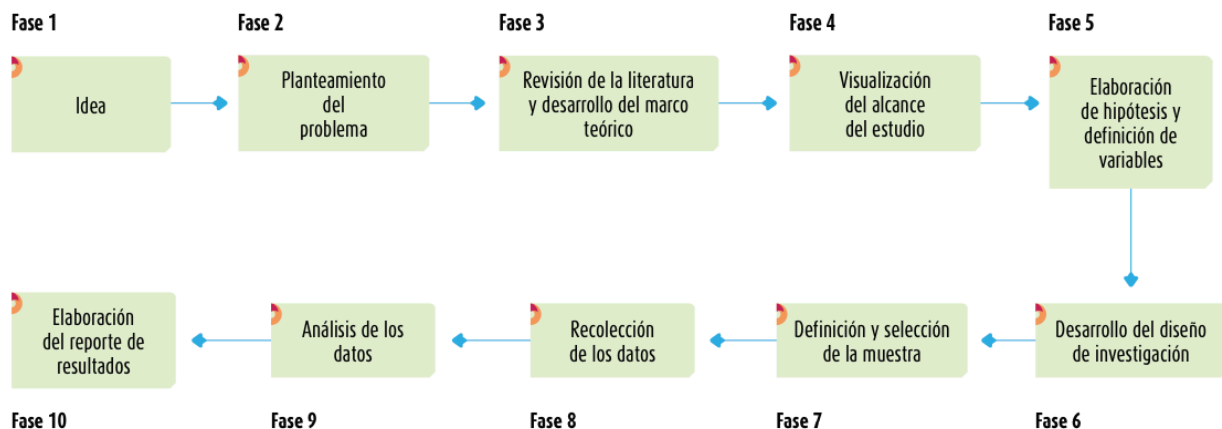
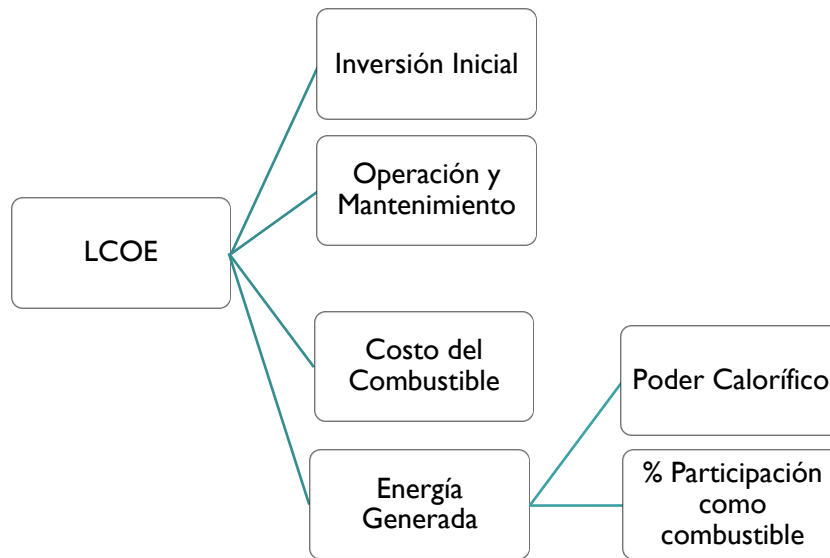


Ilustración 12: Procesos Cuantitativo

Fuente: Metodología de la Investigación 6ta Edición, pdf.

### 4.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación son una parte fundamental a la hora de llevar a cabo el proyecto. La operación de las variables es la definición conceptual y luego operacional para entender la aplicabilidad de las variables en ambos conceptos. Para la presente investigación se definieron las siguientes variables como se muestra en la Ilustración 13:



**Ilustración 13: Variables de Investigación**

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Se llegó a la conclusión que la variable dependiente de esta investigación debía ser el Costo Nivelado de Electricidad para determinar la viabilidad del proyecto. Como se mencionó en el capítulo anterior consiste en calcular el costo promedio total de construir y operar una central eléctrica y dividirlo entre la energía total a ser generada durante su vida útil.

#### 4.3.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Para lograr un análisis eficaz se definieron cinco variables independientes:

La Inversión Inicial: se tendrá claro cuanta energía se necesita generar, su costo de producción, su costo de venta y el costo de la maquinaria necesaria para realizar el proceso de generación de energía eléctrica utilizando RAC.

Los costos de Operación y Mantenimiento: son los gastos asociados con la operación de una empresa en el día a día. Los gastos incluyen todos los costos para operar, pero en general se pueden dividir en dos categorías principales; mantenimiento y administración.

El Costo del Combustible (Fuel Cost): es la suma de los costos para poder llevar la materia prima en este caso el RAC, hasta la planta de producción.

La Energía Generada: es el total de energía que genera el ingenio azucarero tomando en consideración la energía utilizada para consumo propio.

El poder calorífico del RAC: es la energía química del combustible que puede ser transformada en energía térmica. En otras palabras, es el indicador de que tan bueno es un combustible, entre mayor sea el poder calorífico mejor será el combustible. Su valor se determina mediante una bomba calorimétrica.

El porcentaje del RAC disponible: es esencial saber cuanto material hay para así hacer un calculo de cuanta energía se puede generar con este mismo.

#### **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

En la presente investigación, el instrumento utilizado es el estudio de factibilidad y de un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad, basado en un estudio de mercado, técnico y económico. El estudio de mercado se considera debido a que la planta de generación de energía permanece en operación con bagazo de caña y en la actualidad cuenta con un contrato de compra y venta de energía con la ENEE.

##### **4.4.1 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos de medición en un estudio de investigación comprenden cualquier recurso que se utiliza para registrar información o datos acerca de las variables independientes que se han considerado anteriormente. Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables de una investigación. En una investigación

cuantitativa, los instrumentos se aplican para medir las variables contenidas en la hipótesis. Todo instrumento debe cumplir tres características importantes: confiabilidad, validez y objetividad.

#### 4.4.2 TIPOS DE INSTRUMENTOS

Investigación en línea: un instrumento principal para recabar información.

Entrevista: un instrumento para entender mejor los procesos a ser evaluados si se hacen a las personas correctas.

Artículos y Revistas: elaborados por la misma Compañía Azucarera Hondureña S.A. y otros ingenios azucareros con el fin de brindar datos reales que se manejan en dichas empresas.

#### 4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El cumplimiento demostrado de una metodología es un requisito para avalar y aceptar el conocimiento generado. En esta sección se explica el camino recorrido para responder al problema central de esta investigación. En la Tabla 4 se muestran de forma detallada las actividades a seguir para realizar la investigación y en la Ilustración 14 se observa el proceso del desarrollo de proyecto.

**Tabla 4: Planteamiento de la Investigación**

Estrategia	Actividades	Materiales/Recursos
<b>Desarrollo del Estudio de Mercado y Técnico del RAC</b>	Realizar pruebas de poder calorífico.	Recolección de RAC, prueba realizada en HGPC.
	Determinar la maquinaria necesaria para recolectar y transportar el RAC.	Entrevistas y recolección de estudios ya establecidos
	Determinar la oferta y demanda de la energía eléctrica en CAHSA.	Recopilación de datos ya establecidos por la empresa.
<b>Desarrollo del Estudio Financiero</b>	Conocer los ingresos anuales de CAHSA y determinar los que serían los ingresos utilizando RAC.	Recopilación de datos ya establecidos por la empresa.
	Realizar el cálculo del LCOE.	Calcular cada variable que necesita para que la respuesta sea mas exacta.
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	Realizar conclusiones y recomendaciones según los resultados obtenidos.	Reporte de resultados llevado a cabo en laptop.

Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 14: Proceso de desarrollo**

Fuente: Elaboración propia.

### Recopilación

En esta etapa se recopiló todo el conocimiento acerca de la caña de azúcar y sus derivados, en la Compañía Azucarera Hondureña S.A., desde el momento del cultivo, al corte y todo el proceso que con lleva para generar energía eléctrica entre otros productos. También se obtuvo información acerca del RAC y como se esta utilizando en el mundo, de igual manera, el impacto que tendría si se llega a utilizar en CAHSA. Se investigo sus características y de que otras maneras puede ser aprovechado.

### Análisis

Dentro de esta etapa se evalúa todo el proceso que lleva hacer que el RAC se convierta en energía eléctrica basado en la recopilación de datos anteriormente establecidos. Se determina desde el costo de transporte de la finca al ingenio hasta el precio de venta final del kwh. Se realiza de igual manera el estudio financiero que como se menciona en la Tabla 4 se basa en determinar la TIR y el cálculo del LCOE.

### Resultados

Esta es la ultima etapa dentro del proceso para la realización del proyecto. Se logra analizar toda la información necesaria para determinar si el proyecto es factible y viable para la Compañía Azucarera Hondureña S.A. Basado en los resultados se expresan las conclusiones y las recomendaciones para que la misma empresa determine si les interesa o no hacer dicha inversión.

## 4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

En la validación del proyecto se harán pruebas de poder calorífico del RAC para así compararlo con el del bagazo y determinar si es un tipo de biomasa óptimo para la generación de energía eléctrica. Luego

se reunirá la información necesaria para determinar la localización, detalles del proceso, demanda y otros datos dentro de la Compañía Azucarera Hondureña S.A. y con estos mismos hacer cálculos financieros. Si los resultados del LCOE son por debajo del precio de venta actual del kwh que maneja CAHSA y la TIR es mayor al CCPP calculado, se podrá decir que el proyecto es factible y viable para la empresa, de lo contrario no lo sería.

#### 4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El desarrollo del proyecto se llevo a cabo en el transcurso de 9 semanas. Como se puede ver en la Ilustración 15, se realizo de manera secuencial. Primero se realizo la propuesta de investigación y una vez definida la misma se presenta para su aprobación. Luego se determina el planteamiento y se define el problema a investigar, recopilando información acerca de sus precedentes. Por último, se establecen los objetivos a realizar en la investigación.

Se debe buscar información muy a fondo para así sustentar la investigación y que pueda ser utilizada para investigaciones en el futuro. Lo siguiente a desarrollar fue la metodología donde se describen los pasos a seguir, los recursos y herramientas a utilizar para la elaboración del estudio.

Luego se analizo toda la información obtenida basada en el estudio de mercado, técnico y económico para poder determinar si la investigación es factible y viable para la empresa. Por ultimo se hacen las conclusiones y recomendaciones basado en los resultados obtenidos.

#	Actividades para la Elaboración del Proyecto de Investigación	Semana										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Determinar la finalidad del proyecto.	■										
2	Recopilar información para entender el tema ampliamente.	■	■									
3	Determinar la metodología del proyecto.			■								
4	Investigar el proceso y la maquinaria necesaria.				■							
5	Determinar que maquinaria esta en CAHSA y cual no para así determinar la Inversion Incial.					■	■	■				
6	Hacer los calculos necesarios para determinar el LCOE, TIR, CCPP y VAN.							■	■	■	■	
7	Determinar las conclusiones y recomendaciones basados en los datos obtenidos.										■	■

**Ilustración 15: Cronograma de Actividades**

Fuente: Elaboración Propia

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En los capítulos anteriores se desglosaron los antecedentes para tener claro el problema a investigar. En el marco teórica se planteó la información completa de todo lo relacionado con el residuo agrícola cañero para ser utilizado como biomasa para la generación de energía eléctrica. De igual manera se definió una metodología que ofrece un orden lógico para realizar la investigación. Todo lo investigado anteriormente con el fin de obtener resultados que permitan validar la hipótesis.

### 5.1 RECURSO ENERGÉTICO PRIMARIO

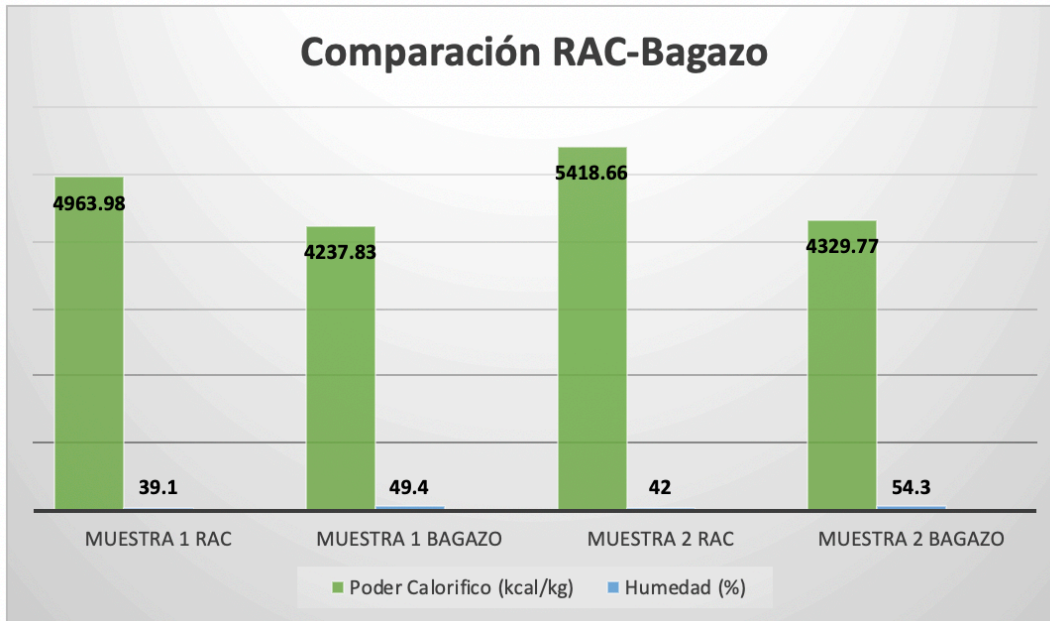
La biomasa es una fuente de energía alternativa. Para su aprovechamiento total en la Compañía Azucarera Hondureña S. A. es necesario que el RAC, tenga un rango específico en su contenido de humedad, un alto poder calorífico y un tamaño específico de partícula para que sea óptimo para la combustión en la caldera. Para obtener datos concretos se enviaron muestras a Honduras Green Power Company (HGPC) donde se hicieron dos diferentes pruebas donde se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5: Resultado Pruebas de Poder Calorífico HGPC**

FECHA	BIOMASA	% HUMEDAD	NCV kcal/kg	
			SECO	RECIBIDO
20-feb-2020	Muestra RAC #1	39.1	4963.98	2796
20-feb-2020	Muestra RAC #2	42	5418.66	2899

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados indican que el porcentaje de humedad que contiene el RAC lo hace apto para procesos bioquímicos y su poder calorífico lo convierte en un producto óptimo para ser usado como biomasa en la producción de energía eléctrica. Se llegó a dicha conclusión ya que como mencionado anteriormente entre mayor se el poder calorífico, mas eficaz es para usarlo como combustible y también en comparación con el poder calorífico del bagazo que según estudios realizados en CAHSA oscilaban entre 4200-2400 kcal/kg, el del RAC es mayor como se muestra en Ilustración 15.



**Ilustración 15: Comparación Poder Calorífico y % Humedad del RAC-Bagazo**

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 MODELO DE NEGOCIO

Un modelo de negocio es una herramienta previa al plan de negocio que permite definir con claridad que se va a ofrecer al mercado, como se va a hacer, a quien y como se venderá y de que forma se generarán ingresos. (Emprendedores, 2019)

El modelo de negocio implementado en esta investigación es basado en el aprovechamiento del RAC de manera interna en el ingenio azucarero, con lo que se pretende ayudar a la producción actual de energía eléctrica para después poder vender la producción sobrante a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE).

Las necesidades del cliente se medirían a través de un contrato de compra y venta de energía eléctrica con la ENEE referente al costo de kwh. Para que el RAC sea aprovechado adecuadamente se considera una variable que no incide mucho en la decisión de compra debido a que la biomasa para la producción de energía eléctrica debe cumplir requisitos como la humedad y el poder calorífico. Finalmente, por ser un residuo que se aprovechará proveniente de las fincas del ingenio azucarero, el transporte será



completamente interno y se hará haciendo uso de maquinaria ya existente. Todos estos son aspectos que considerar para evaluar el modelo de negocio.

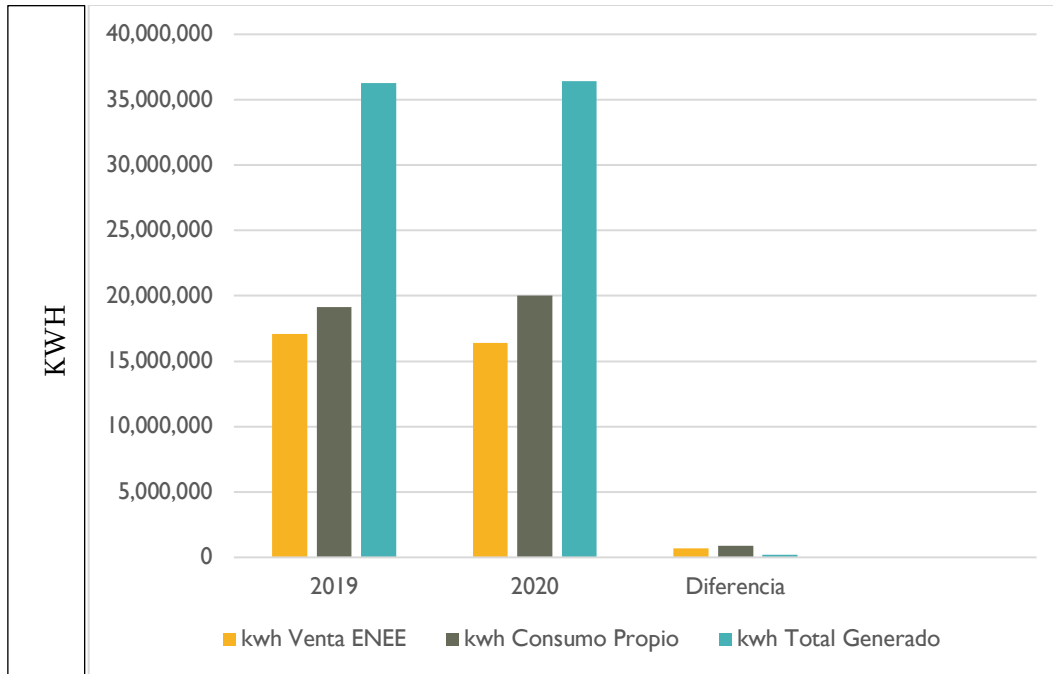
### 5.3 ESTUDIO DE MERCADO

Desde el año 2005 CAHSA cuenta con un contrato de venta de energía eléctrica con la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, siendo esta empresa la única compradora de energía eléctrica del mercado nacional. Se determinó que el estudio de mercado es influyente en las variables de oferta y demanda ya que el proyecto es parte de un proceso de mejora interno del ingenio con el fin de obtener rentabilidad. En la Tabla 6 se muestra de forma detallada la demanda actual de CAHSA después de 57.40 días de Zafra. En la Ilustración 16 se muestra un comparativo de energía después de 57.40 días entre la producción de la Zafra 2019 y 2020.

**Tabla 6: Demanda Actual en CAHSA**

Energía Generada Actual en CAHSA				
Generación	Día		A Fecha	
	kwh	%	kwh	%
<b>Venta ENEE</b>	307,095	43.47	17,091,877	47.14
<b>Consumo Propio</b>	399,329	56.53	19,163,580	52.86
<b>Total Generado</b>	706,424	100.00	36,255,457	100.00

Fuente: (Departamento de Fincas CAHSA, 2020)



**Ilustración 16: Comparativa de Energía (2019/2020)**

Fuente: (Departamento de Fincas CAHSA, 2020)

#### 5.4 ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite a verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, maquinarias, materia prima, instalaciones, localización y dimensionamiento necesarios para el proyecto. (Rosales, 2008)

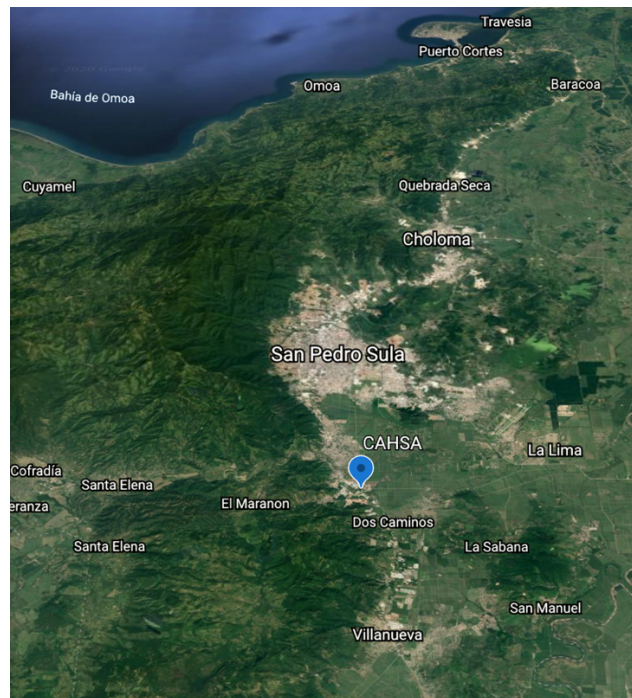
##### 5.4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Es importante identificar el origen y el destino de nuestro producto para así determinar la localización óptima del proyecto. El origen de nuestro producto esta en el campo, en las fincas donde se recolectará el RAC y el producto terminado son los kwh generados. La planta de generación de energía esta ubicada en la Compañía Azucarera Hondureña S.A. La planta de generación a utilizar ya esta en operación por lo que la localización optima del proyecto ya esta definida. Debido a que nuestro producto final son los

kwh generados, es importante identificar la ubicación de las subestaciones de la zona, ya que esto puede variar los costos del proyecto.

#### 5.4.2 MACRO LOCALIZACIÓN

El proyecto se llevará a cabo en la zona norte de Honduras, mayormente en el área del valle de sula, que corresponde al área donde se cultiva la caña de azúcar y donde se recolectará el RAC para trasladarlos al ingenio azucarero. Esta zona esta cubierta por los departamentos de Cortes y Yoro. En la Ilustración 17 se puede observar en una toma aérea la zona en la que se evaluara el proyecto.



**Ilustración 17: Toma Aérea Localización CAHSA**

Fuente: Google Earth, 2020.

#### 5.4.3 MICRO LOCALIZACIÓN

La micro localización consiste en identificar los puntos en los cuales se debe recolectar el RAC producto del corte mecanizado. De la misma manera determinar las distancias que existen entre las fincas y el ingenio azucarero. CAHSA esta ubicado en el kilometro 15 carretera al sur, Villanueva, Cortes. En la

siguiente Tabla 7 se muestran las fincas en las que realiza el proceso del corte mecanización en verde de la caña, las distancias de esas fincas hacia el ingenio y el área que cubren.

**Tabla 7: Localización de Fincas CAHSA.**

FINCA	DISTANCIA (KM)	ÁREA (HECTÁREAS)
ABUNDINO REYES PADILLA (ABU)	24	67.4
AGRÍCOLA SAN ANTONIO (AGT)	42	131.7
ALBA SANCHEZ (JSA)	43	73.5
ALMA CONCEPCIÓN DE TALBOT (ATA)	38	52.7
ANA JAKELINE IRIAS (AJI)	15.6	10.0
BEJUCO (CACSA) (BEJ)	28	53.1
BENDAÑA (BEN)	43	163.8
BONANZA (BON)	21	167.5
CAMPO VERDE No. 1 (CV1)	40	67.8
CARACOL (CCL)	30	53.5
CHOLOMA (CHO)	40	362.0
COLOMBIA (CAHSA)	12	86.2
CORSA (COR)	40	254.3
CUABANO MONTE VERDE	40	123.2
DIMASA No. 1 (DM1)	43	59.7
DIMASA No. 2 (DM2)	43	56.2
EDGARDO IGLESIAS (EIG)	38	96.9
EL AGUACATE (EAG)	36	205.2
EL BAMBU CATR. GILBERTO MORENO (EDP)	46	56.7

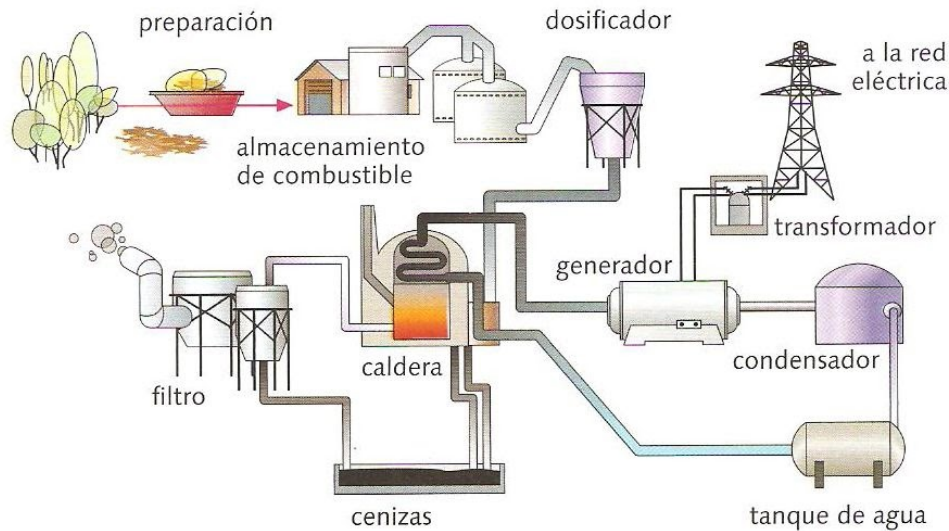
EL TAMARINDO CATR (LIZANDRO V. RAMIREZ (LVR))	24	31.4
GARROBA (CACSA) (GBA)	24	14.3
GIL PUERTO (GIL)	38	22.2
GUACAMAYA (GUY)	18	644.7
GUARUMAS (GUA)	3	539.3
HRDS. AYCOCK (AYC)	8.5	114.6
INVERSAM (INV)	15.6	321.4
LA ORQUIDEA (CACSA) (LAO)	42	250.5
MARCO TULIO MEJIA (MTM)	25	21.8
MARÍA VICTORIA RUIZ-AYSA (MVR)	24	9.7
MARIO ALFONSO GALINDO-AYSA (JULIO GALINDO (JGA))	32	74.5
NORA DE MELGAR-AYSA (MEX)	41	114.9
OLIVO (CACSA) (OLI)	27	24.8
RAMÓN FLORES (RGF)	13.5	27.5
REYNALDO VILLANUEVA-AYSA (RVI)	27	13.0
RÍO POTRERO (CACSA) (RIP)	34	25.8
SAN JORGE (SAJ)	19	66.7
SAN JOSE (SJO)	8.8	338.6
SAN MARCOS-DIMASA (MARINAKYS & CIA. (MKY))	39	258.8
SAN PABLO-DIMASA (VERA DE COLLART (VDC))	38	98.0
SAN PEDRO (SPS)	3	114.0
SAN ROBERTO (SRO)	18.5	310.3
SANTA ELENA CTR (FIDELINA NATAREN) (FNA)	24	11.8

SANTA EMILIA-CTR (BETY VAQUEDANO) (BVA)	24	27.3
SANTA FE (STF)	20.5	56.7
SANTA ISABEL (ISA)	26.5	175.4
SANTA LUCIA-CACSA (HER. RUPERTO QUINT.) (HRQ)	26	9.1
SANTA TERESA (GARROBA STC)	24	25.4
SANTOS MARIO OCHOA (MOC)	38	30.0
SUSANA AMAYA-AYSA (SAM)	24	13.4
SUYAPA PONCE-AYSA (SUP)	27	14.4
VILLANUEVA (VIL)	19	470.3
<b>TOTAL (HECTÁREA)</b>		4579.57

Fuente: Departamento de Fincas, CAHSA, 2020

#### 5.4.4 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El periodo de zafra es el tiempo de producción en los ingenios azucareros. En la Compañía Azucarera Hondureña S.A. se operan alrededor de cuatro meses lo que equivalen a ciento veinte días de producción, normalmente de los meses de diciembre a mayo. El proceso de corte de caña se puede realizar de dos maneras como se menciono anteriormente, de forma manual mediante mano de obra campesina y de forma mecanizada, mediante cosechadoras de caña. Las cosechadoras cortan la caña verde y separan la hoja del tallo, la hoja se queda en el campo para su descomposición y el tallo se corta en trozos y es enviado al ingenio para el proceso de producción de azúcar. En este estudio se pretende analizar el uso de residuo de la cosecha como fuente energética para la generación de energía eléctrica. En la Ilustración 18 se observa de forma resumida el proceso al cual el RAC seria sometido, que es el mismo por el cual el bagazo se convierte en energía eléctrica en CAHSA.



**Ilustración 18: Proceso de la Biomasa**

Fuente: (Centrales Eléctricas, 2006)

#### 5.4.4.1 CORTE MECANIZADO DE LA CAÑA

Este es el primer paso del proceso, el cultivo se corta con una cosechadora de caña que separa la hoja del tallo. La misma corta el cultivo, lo pica y a la vez lo deposita los trozos de caña en un vagón que opera paralelamente con la cosechadora. Este proceso deja atrás un subproducto, el cual denominamos como RAC. En el Anexo 5 se observa la cosechadora en acción en el campo.

#### 5.4.4.2 SECADO NATURAL DEL RAC

En esta parte del proceso se deja el RAC en el suelo por varios días para realizar un secado natural. Conforme avanzan los días se reduce la humedad y el peso del desperdicio. El periodo de zafra los días de lluvia que pueden atrasar el proceso son escasos. En el Anexo 6 se puede ver el proceso de secado natural.

#### 5.4.4.3 ACUMULADO DE RAC

Esta etapa se realiza con un rastrillo. Con el, se recolecta el RAC de varios surcos en una sola fila de mayor proporción. Crea una importante cantidad de residuo para facilitar el siguiente proceso que sería el de empacado. En el Anexo 7 se muestra el proceso de acumulado del RAC.

#### 5.4.4.4 EMBALADO DEL RAC

El embalado del RAC se realiza mediante una máquina que va recolectando el residuo acumulado en el suelo donde también se somete a cierta presión para aumentar su densidad y facilitar el transporte. La embaladora que se va a utilizar es la John Deere 569, que es utilizada por las empresas generadoras de energía en el valle de sula. Esta embaladora permite producir 120-150 pacas por día con un peso de 0.6 a 0.9 ton/paca. En el Anexo 8 se observa la embaladora en acción.

#### 5.4.4.5 CARGA DE LAS PACAS DE RAC

Las pacas de RAC serán recolectadas y enviadas mediante plataformas al ingenio azucarero, donde serán procesadas para su aprovechamiento. Las plataformas pueden transportar 32 pacas por viaje, valor que se considerara para efectos del calculo en los costos de transporte.

#### 5.4.4.6 TRANSPORTE DE LAS PACAS DE RAC HACIA EL INGENIO

En el departamento de transporte de la Compañía Azucarera Hondureña S.A. se maneja el costo de US\$ 7.82 por tonelada. Mismo valor que se considerara para efectos del cálculo del transporte.

#### 5.4.4.7 PROCESADOS DE LAS PACAS DE RAC

Este proceso consiste en la recepción de la paca de RAC en el ingenio, donde se limpia para retirar la tierra contenida en ella, picado de la biomasa para reducir granulometría, extracción de humedad mediante un molino y por ultimo el traslado a la caldera. Hay un periodo luego de finalizar la zafra, donde queda operando la planta de generación de energía eléctrica, con el excedente de bagazo y tiene una duración de 15-20 días. Esta es la situación ideal para comenzar el proceso con el RAC en la misma línea del procesamiento de la caña, lo cual evitara parte del costo de inversión inicial del proyecto. En la Tabla 8 se puede observar las especificaciones del RAC actualmente en el ingenio azucarero, en la Tabla 9 se puede ver las especificaciones del turbogenerador a utilizar en el ingenio azucarero y por último en la Tabla 10 se observa la maquinaria necesaria para el aprovechamiento del RAC.



**Tabla 8: Especificaciones Técnicas del RAC**

ESPECIFICACIONES DEL RAC		
AREA CULTIVADA	4579.47	HECTAREAS
PRODUCCIÓN DE RAC	16	TONELADA METRICA POR HECTAREA
CANTIDAD DE RAC DISPONIBLE	73,271.52	TONELADAS
GENERACIÓN DE ENERGÍA CON RAC	375	KWH/TM

Fuente: Departamento de Fincas, CAHSA, 2020

**Tabla 9: Especificaciones Turbogenerador CAHSA**

ESPECIFICACIONES DEL TURBOGENERADOR		
CAPACIDAD DE GENERACIÓN	24,000	KW
LIBRAS DE VAPOR NECESARIOS PARA PRODUCIR	13	LB/KW
PRECIO DE VENTA DE ENERGÍA (KWH)	0.068	US\$
RELACIÓN LIBRAS DE RAC/KWH GENERADO	5.91	

Fuente: Departamento de Fincas, CAHSA, 2020

**Tablas 10: Maquinaria a Utilizar para el Proceso del RAC**

<b>EQUIPO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>EMBALADORA JOHN DEER 569</b>	1
<b>RASTRILLO</b>	1
<b>TRACTOR 100HP</b>	1
<b>TRACTOR 150HP</b>	1
<b>CABEZAL Y PLATAFORMA</b>	1
<b>CARGADORA 1850</b>	1
<b>TRACTOR MADRINA</b>	1
<b>CAMION PARA MANTENIMIENTO</b>	1

Fuente: Elaboración propia.

### **5.5 ESTUDIO FINANCIERO**

El estudio financiero tiene como finalidad determinar si es rentable el aprovechamiento del RAC como biomasa para la producción de energía. También pretende reflejar la inversión inicial y costos de operativos para el procesamiento del RAC. En este caso se pretende analizar el Costo Nivelado de Electricidad (LCOE) el cual debe ser menor al precio de venta de energía eléctrica el cual es de 0.0681 US\$/kwh.

### 5.5.1 COSTO NIVELADO DE ELECTRICIDAD (LCOE)

El LCOE se determina usando la siguiente formula:

$$LCOE = \frac{I_o + OyM + Fuel\ Cost}{[(Vida\ Util)(Factor\ de\ Planta)(Capacidad\ del\ Generador)(Tiempo\ de\ Operacion)]}$$

#### **Ecuación 3: Costo Nivelado de Electricidad**

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

I<sub>o</sub>: La inversión total del Proyecto

OyM: El costo de operación y mantenimiento por la vida útil.

Fuel Cost: Costo total de transporte por vida útil.

Energía Generada: Producto de la vida útil, factor de planta, capacidad del generador, horas de producción.

#### 5.5.1.1 INVERSIÓN INICIAL

Para el plan de inversión inicial cabe destacar que se hace un aprovechamiento de la maquinaria ya existente en el ingenio y solamente se invierte en maquinaria con la cual no se cuenta en la actualidad.

En la Tabla 11 se observa detalladamente en lo que consiste la inversión inicial de este proyecto.

**Tabla 11: Inversión Inicial**

Inversión Inicial					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
INFRAESTRUCTURA					
1	Galera de Almacenamiento	Unidad	1	L. 2,700,700.00	L. 2,700,700.00
EQUIPOS					
2	Maquinaria	Unidad	1	L. 12,210.004.60	L. 12,210.004.60
LOGÍSTICA					
3	Equipo Transporte	Unidad	1	L. 893,278.80	L. 893,278.80
TOTAL L. 15,803.283.40					

Fuente: Elaboración Propia

La estructura del capital se distribuye como se indica en la Tabla 12.

**Tabla 12: Fuentes de Financiamiento**

FUENTES DE FINANCIAMIENTO			
		<i>LEMPIRAS</i>	<i>DOLARES</i>
<b>Aportación Ingenio Santa Matilde</b>	40%	L6,321,313.36	\$254,755.05
<b>Financiamiento</b>	60%	L9,481,970.04	\$382,132.57
<b>Total Inversión</b>	<b>100%</b>	<b>L15,803,283.40</b>	<b>\$636,887.61</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13 se analiza de forma detallada el cálculo del costo capital de precio ponderado.

**Tabla 13: Calculo del Costo de Capital**

<b>CÁLCULO DEL COSTO DE CAPITAL</b>				
		Año		
	<b>Interés</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>Total</b>
<b>Préstamo</b>	11.00%	L9,481,970.04	-	L9,481,970.04
<b>Aportación</b>	20.00%	L6,321,313.36	-	L6,321,313.36
Total		<b>L15,803,283.40</b>	-	
<b>CÁLCULO COSTO PONDERADO DE CAPITAL AÑO 0</b>				
		% PESO	CC	CCP
<b>Préstamo</b>	L9,481,970.04	60%	11.00%	6.60%
<b>Aportación</b>	L6,321,313.36	40%	15.00%	6.00%
	<b>L15,803,283.40</b>	100%		12.60%
			Costo Capital de Precio Ponderado	

Fuente: Elaboración Propia

El listado de ingresos para el proceso se muestra en la Tabla 14. Para este proceso se cuenta con mayores ingresos debido a que hay un ahorro en el consumo de energía propia del Sistema. Este ahorro se traduce en mejores ingresos anualmente. Se buscará incrementar la cosecha mecanizada un 5% anualmente que se reflejarán en las hectáreas de caña sembradas en el transcurso de los cinco años en los cuales se evaluará el proyecto. En las toneladas de RAC por aprovechar hay que destacar que se está multiplicando por las hectáreas de caña sembradas por 16 que es el número de toneladas métricas de RAC aprovechables por hectárea según el Departamento de Fincas de CAHSA.

La tasa de cambio del dólar se tomó basado en los datos ya analizados por el Departamento de Fincas de CAHSA que es el incremento de un 3.5% cada año a partir del 2021.

**Tabla 14: Proyección Detallada de los Ingresos**

PROYECCION DE INGRESOS					
Años	2020	2021	2022	2023	2024
Hectáreas de caña sembradas.	4,579.47	4,579.47	4,579.47	4,579.47	4,579.47
Toneladas de RAC por aprovechar (ton)	73,271.52	73,271.52	73,271.52	73,271.52	73,271.52
RAC disponible en kilogramos (kg)	73,271,520.00	73,271,520.00	73,271,520.00	73,271,520.00	73,271,520.00
Relación de RAC/Energía Eléctrica generada (kg/kwh)	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
Energía Eléctrica generada por año (kwh)	27,442,516.85	27,442,516.85	27,442,516.85	27,442,516.85	27,442,516.85
Consumo de energía del propio sistema (kwh)	3,489,542.13	3,489,542.13	3,489,542.13	3,489,542.13	3,489,542.13
Energía Eléctrica disponible para venta (kwh)	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73
Precio de venta de energía (L/kwh)	L1.69	L1.73	L1.78	L1.84	L1.89
Ingresos Anuales (Lempiras)	<b>L40,480,527.29</b>	<b>L41,492,540.47</b>	<b>L42,749,395.55</b>	<b>L44,022,573.43</b>	<b>L45,344,719.68</b>

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 15 muestra la proyección del costo que están implicados a la producción de la energía eléctrica. Se considera la maquinaria agrícola, así como su transporte y consumibles como el lazo para atar las pacas. De la misma manera se consideran los costos administrativos. Los datos monetarios en esta sección se obtuvieron de datos reales de la nota de debito de CAHSA, que por cuestiones legales y permisos no se autorizó la publicación de estos en esta investigación.

Tabla 15: Costos de Recolección y Transporte

COSTO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE			
Detalle	Costo por Hectárea	Cantidad de Hectárea	Total
Tractor 100hp	L 560.00	4579.57	L 2,564,559.20
Tractor 150hp	L 720.00	4579.57	L 3,297,290.40
Alzadora 1850	L 277.28	4579.57	L 1,269,823.17
Tractor Madrina	L 334.72	4579.57	L 1,532,873.67
<b>Sub total</b>			<b>L 8,664,546.44</b>
<i>Sub total en dólares</i>			<b>\$ 349,189.61</b>
Detalle	Costo por Kilometro	Cantidad de Kilómetros	Total
Cabezal y Plataforma	L 32.75	71,254	L 2,333,568.50
<b>Sub total</b>			<b>L 2,333,568.50</b>
<i>Sub total en dólares</i>			<b>\$ 94,045.07</b>
Detalle	Costo por paca	Cantidad de pacas	Total
Cabuya para paca	L 13.00	223,117	L 2,900,521.00
Mantenimiento Embaladora			60439.52
<b>Sub total</b>			<b>L 2,960,960.52</b>
<b>Sub total en Dólares</b>			<b>\$ 119,393.57</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 16 se muestra la proyección de costos administrativos donde hay que tomar en cuenta que se considera un incremento anual del 5% a estos costos.

**Tabla 16: Costos Administrativos**

<b>COSTOS ADMINISTRATIVOS</b>			
<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario</b>	<b>Total</b>
<b>Jefe de Recolección</b>	1	L 30,000.00	L 30,000.00
<b>Jefe de Procesado</b>	1	L 30,000.00	L 30,000.00
<b>Mecánico de Mant. Agrícola</b>	1	L 15,000.00	L 15,000.00
<b>Mecánico de Manto Industrial</b>	4	L 15,000.00	L 60,000.00
<b>Supervisor de campo</b>	3	L 15,000.00	L 45,000.00
<b>Operador de picado</b>	3	L 15,000.00	L 45,000.00
<b>Contador</b>	1	L 15,000.00	L 15,000.00
<b>Ayudante</b>	7	L 10,000.00	L 70,000.00
		<b>Total</b>	<b>L 310,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.5.1.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE GENERACIÓN

Basado en los datos del Presupuesto de CAHSA de la temporada 2019-2020 que por cuestiones legales no se autorizo el permiso de detallar los costos, se obtuvo que el costo de operación y mantenimiento para el proceso del bagazo era de L. 36,992,329 lo que equivale a US\$ 1,491,626.17. Para lograr calcular el costo de operación y mantenimiento del proceso con el RAC se dividió el primer costo entre la cantidad de kwh generados al año por CAHSA, que el año pasado fue de 55,296,000 kwh. El resultado que se obtiene es lo que le cuesta al ingenio azucarero producir un kwh, el cual era de L. 0.6689/kwh lo que equivale a US\$ 0.02698/kwh.

Este valor se multiplica por los kwh hora a generar en un año. Dicho valor se obtiene multiplicando la capacidad del turbogenerador que es de 24,000 kw por 24 horas que da un total de 576,000 kwh por día, a este valor se le resta el 9% por el consumo propio de la empresa y da un total de 524,160 kwh totales. Este ultimo valor se multiplica por el tiempo de operación que se concluyó que era de 57 días basado en la disponibilidad de biomasa que se tiene producto del proceso de la cosecha de la caña, lo cual dio un valor final de 19,984,805.57 kwh generados en un año con RAC. Finalmente, el valor de los kwh generados en un año se multiplica por el valor ya calculado de L. 0.6689/kwh para obtener el costo



de operación y mantenimiento del proceso de generación de energía eléctrica con RAC lo cual da un total de L. 13,367,836.44 lo que es equivalente a US\$539,025.66.

#### 5.5.1.3 COSTO DEL COMBUSTIBLE (FUEL COST)

El Costo de Combustible se obtuvo con la suma de los totales de la tabla 15 de Costos de Recolección y Transporte entre la cantidad de biomasa que es de 73,271.52 toneladas de RAC disponibles. Esto nos da un valor de L.190.51/tonelada métrica de RAC lo que es igual a US\$ 7.68/tonelada métrica de RAC. Dando un total de L. 13,959,075.46. Si se determina una vida útil de 20 años como se hizo en esta investigación el costo del combustible nos da un total de L279,181,509.2 lo que es equivalente a US\$ 11,257,318.92.

#### 5.5.1.4 VIDA ÚTIL

Se determino que la vida útil del turbogenerador y la caldera ya instalados en la planta de generación de CAHSA es de 20 años. Estos equipos llevan operando 15 años. Si se multiplican esos 20 años de vida útil por 365 días por 24 horas obtenemos un total de 175,200 horas de vida útil. En la actualidad en el ingenio azucarero se trabajan solo 2880 horas al año debido a que operan solamente 120 días al año lo que equivale a 60 años calendario de vida útil. Con el RAC solo se va a operar 57 días por año lo que es igual a 1368 horas por lo tanto hacer este proyecto con una vida útil de 20 años esta completamente cubierto.

#### 5.5.1.5 FACTOR DE PLANTA

El factor de planta es la potencia media generada que en la Compañía Azucarera es de 27.3 MW entre la potencia instalada que es de 34 MW, el resultado se multiplica por 100 y en este caso se determino que el factor de planta es del 80% basado en información brindada por CAHSA.

#### 5.5.1.6 CAPACIDAD DEL GENERADOR

En la Compañía Azucarera Hondureña S.A. se utilizan dos turbogeneradores de 12,000 kw, lo que equivale a un total de 24,000 kw que es el valor para utilizar para determinar el LCOE.

### 5.5.1.7 TIEMPO DE OPERACIÓN

El tiempo de operación de la planta de generación utilizando RAC será de 57 días que equivalen a un total de 1,368 horas.

### 5.5.1.8 CALCULO DEL LCOE

$$LCOE = \frac{I_o + O_yM + Fuel\ Cost}{[(Vida\ Util)(Factor\ de\ Planta)(Capacidad\ del\ Generador)(Tiempo\ de\ Operacion)]}$$

$$LCOE = \frac{15,803,282.40 + (13,367,836.44 \times 20) + (13,959,075.46 \times 20)}{[(20)(0.80)(24,000)(1368)]}$$

$$LCOE = L. 1.07/kwh$$

Este valor es menor al costo de venta de la energía eléctrica de CAHSA el cual según la tabla 14 es de L. 1.69/kwh con lo que podemos concluir que el proyecto es factible considerando que hay una utilidad L. 0.62/kwh lo equivale a un margen de utilidad 37%. Esto nos indica que, comparando ese porcentaje con la tasa de descuento de un 12%, el proyecto es viable. La tasa de descuento es el rendimiento sobrepasa al esperado por un accionista.

### 5.5.2 DEPRECIACIÓN

La investigación se realizo de acuerdo con los primeros cinco años de producción. La depreciación se realizo de manera lineal según la vida útil del activo. En la Tabla 17 y 18 se desglosa de forma detallada la depreciación de los activos fijos.

Tabla 17: Depreciación de Activos Fijos

CALCULO DE DEPRECIACION DE ACTIVOS FIJOS					
Descripción	Valor inicial	Valor residual	Valor para depreciar	Vida Útil	Depreciación Anual
Galera de Almacenamiento	L2,700,000.00	L27,000.00	L2,673,000.00	30	L89,100.00
Maquinaria	L12,210,004.60	L122,100.05	L12,087,904.55	10	L1,208,790.46
Equipo de Transporte	L893,278.80	L8,932.79	L884,346.01	5	L176,869.20
<i>Total</i>	<i>L15,803,283.40</i>	<i>L158,032.83</i>	<i>L15,645,250.57</i>		<i>L1,474,759.66</i>
<i>Total en dólares</i>	<i>\$636,887.61</i>	<i>\$6,368.88</i>	<i>\$630,518.74</i>		<i>\$59,434.24</i>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Depreciación de Activos Fijos

DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS					
Descripción	1	2	3	4	5
	2020	2021	2022	2023	2024
Galera de Almacenamiento	L89,100.00	L89,100.00	L89,100.00	L89,100.00	L89,100.00
Maquinaria	L1,208,790.46	L1,208,790.46	L1,208,790.46	L1,208,790.46	L1,208,790.46
Equipo de Transporte	L176,869.20	L176,869.20	L176,869.20	L176,869.20	L176,869.20
Depreciación del Año	L1,474,759.66	L1,474,759.66	L1,474,759.66	L1,474,759.66	L1,474,759.66
Depreciación Acumulada	L1,474,759.66	L2,949,519.32	L4,424,278.97	L5,899,038.63	L7,373,798.29
Valor del Activo	L15,645,250.57	L14,170,490.91	L12,695,731.25	L11,220,971.59	L9,746,211.93

Fuente: Elaboración Propia

### 5.5.3 AMORTIZACIÓN

Al igual que la depreciación, la amortización se analizó en un periodo de cinco años con una tasa de interés del 11%. En la Tabla 19 se muestra el análisis mensual para conocer detalladamente los gastos dónde en el último mes del año 5 el saldo final sería L. 00.00.

TASA	11%
PERIODO	5 años
MONTO	L 9,481,970.04
CUOTA	L 206,161.00

**Tabla 19: Amortización a cinco años**

No.	SALDO INICIAL	CUOTA	INTERESES	CAPITAL	SALDO FINAL
1	L 105,668,099.52	L 206,161.00	L 968,624.25	L 1,505,307.80	L 104,162,791.71
2	L 86,665,284.91	L 206,161.00	L 794,431.78	L 1,532,411.57	L 84,985,784.64
3	L 65,463,486.71	L 206,161.00	L 600,081.96	L 1,873,850.09	L 59,166,324.74
4	L 41,808,241.09	L 206,161.00	L 383,242.21	L 2,090,689.84	L 39,717,551.25
5	L 15,415,637.99	L 206,161.00	L 141,310.01	L 2,332,622.04	L 13,083,015.95

Fuente: Elaboración Propia

### 5.5.4 FLUJO DE EFECTIVO

En la Tabla 20 se describe el flujo de efectivo proyectado a cinco años. Estos datos se obtuvieron tomando la utilidad operativa y agregando los costos de depreciación, amortización y restando el impuesto sobre la renta. En la Ilustración 19 se demuestra un gráfico de recuperación de inversión con los flujos acumulados descontados.

Tabla 20: Flujo de Efectivo

FLUJO DE EFECTIVO						
		2020	2021	2022	2023	2024
Detalle/Año	0	1	2	3	4	5
<b>Utilidad neta del Periodo</b>		L 6,747,539.93	L 7,033,348.91	L 7,480,001.72	L 7,924,942.06	L 8,391,815.89
<b>Depreciación</b>		L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66
<b>Flujo de efectivo operativo</b>	<b>-L 15,803,283.40</b>	<b>L 8,222,299.59</b>	<b>L 8,508,108.57</b>	<b>L 8,954,761.38</b>	<b>L 9,399,701.72</b>	<b>L 9,866,575.54</b>
<b>Flujo Acumulado</b>		-L 7,580,983.81	L 927,124.76	L 9,881,886.13	L 19,281,587.86	L 29,148,163.40
<b>Valor Presente</b>	<b>-L 15,803,283.40</b>	L 7,874,257.41	L 7,803,072.56	L 7,865,076.49	L 7,906,409.73	L 7,947,819.60

Fuente: Elaboración Propia

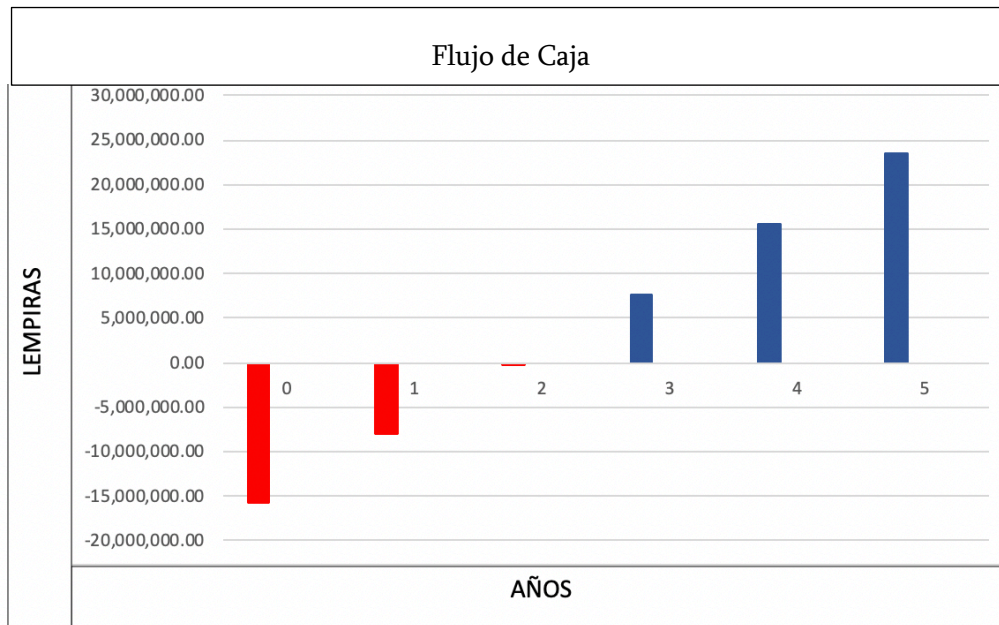


Ilustración 19: Gráfico de Recuperación de Inversión

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.5.4 INDICADORES FINANCIEROS

Los indicadores financieros como se pueden observar en la Tabla 21 brindaron resultados positivos. El Valor Actual Neto se determinó utilizando la tasa de inflación de un 4% establecida por el Banco Central de Honduras para el mes de febrero del año 2020. La Tasa Interna de Retorno dio un valor mayor al del Costo Capital de Precio Ponderado lo cual respalda la factibilidad del proyecto. El TIR es la suma de los flujos de caja y la inversión inicial. Finalmente, el periodo de recuperación es el tiempo que tardan los números negativos a ser positivos, es decir cuando se recupera la inversión.

**Tabla 21: Indicadores Financieros**

Indicadores Financieros	
<b>VAN</b>	L. 24,074,259.11
<b>Inversión</b>	L. 636, 887.61
<b>TIR</b>	47%
<b>CCPP</b>	12.60%
<b>Periodo de Recuperación</b>	2.5 años

Fuente: Elaboración Propia

## VI. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el estudio de mercado, técnico y financiero, en este capítulo se determinan las conclusiones sobre los objetivos previamente planteados.

1. Actualmente hay 4,579.47 hectáreas de caña sembrada a disposición de CAHSA, de las cuales se pueden obtener 73,271.52 toneladas métricas de RAC aprovechables, ya que por cada hectárea sembrada se obtienen 16 toneladas métricas de RAC. La energía generada por año sería de 27,442.516.85 kwh de los cuales 3,489,542.13 serían para el consumo propio del ingenio azucarero dejando así un total de 23,952,974.73 kwh a disposición para la venta de energía eléctrica. Basado en el estudio técnico el Proyecto es viable debido a que se cuenta en el mercado y en el ingenio azucarero la maquinaria necesaria para el aprovechamiento del RAC, de igual manera se cuenta con el personal apto para desarrollar las distintas labores que el proceso demanda.
2. El cálculo del LCOE dio L. 0.62 por debajo del precio de venta actual que maneja CAHSA, haciéndolo un proyecto factible y viable para el ingenio. Para reforzar esta conclusión se determinó la TIR que dio un total del 47% siendo mayor al 12.60% del costo capital del precio ponderado. Teniendo un periodo de recuperación de 2.5 años.
3. Se determinó que CAHSA ya cuenta con contrato de compra y venta actualmente con la ENEE. Por consecuencia, ese sería el mercado a satisfacer.
4. Actualmente CAHSA cuenta con la gran mayoría del equipo necesario para llevar a cabo el proyecto, lo único que se necesita es el equipo agrícola.

## VII. RECOMENDACIONES

Basado en las conclusiones en este capítulo se harán las recomendaciones para esta investigación.

1. Se recomienda seguir invirtiendo en la parte de la cosecha mecanizada para así extender el área aprovechable de RAC. Al tener más RAC disponible el ingreso monetario a la Compañía Azucarera Hondureña S.A. será mucho mayor al ya establecido.
2. Se recomienda realizar un estudio de mercado, donde se pueda obtener el mejor precio por tonelada de RAC para venta, para así obtener ganancias de igual manera con la venta de dicho producto.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Aguilar-Pardo and Aguilar-Estrada—2017—Nuevos paradigmas en la cosecha de la caña para el.pdf.*

(n.d.). Retrieved February 6, 2020, from <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894002.pdf>

Ambientum. (n.d.). *Residuos agrícolas y forestales—Enciclopedia Medioambiental.* Ambientum Portal

del Medioambiente. Retrieved February 16, 2020, from <https://www.ambientum.com/>

*Biomasa Residual Húmeda.* (n.d.). Retrieved February 18, 2020, from

<http://geroperez.blogspot.com/2009/05/biomasa-residual-humeda.html>

*Boletines Estadísticos 2017—2018.* (n.d.). Retrieved March 15, 2020, from

<http://www.enee.hn/index.php/planificacionicono/182-boletines-estadisticos>

Campo Blanco. (2017). *Portal Caña—Conocé cuales son los principales países productores de azúcar.*

<https://www.portalcania.com.ar/noticia/conoce-cuales-son-los-principales-paises-productores-de-azucar/>

*Cap2a.pdf.* (n.d.). Retrieved February 17, 2020, from

<http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap2a.pdf>

*Capitulo\_del\_Estudio\_Tecnico.pdf.* (n.d.). Retrieved March 25, 2020, from

[http://www.ucipfg.com/Repositorio/MIA/MIA-01/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad2/lecturas/Capitulo\\_del\\_Estudio\\_Tecnico.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MIA/MIA-01/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad2/lecturas/Capitulo_del_Estudio_Tecnico.pdf)

*Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponible en Chile.* (n.d.-a). Retrieved

February 18, 2020, from

<http://www.libros.uchile.cl/files/presses/1/monographs/398/submission/proof/files/assets/basic-html/page27.html>

*Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponible en Chile.* (n.d.-b). Retrieved February 18, 2020, from <http://www.libros.uchile.cl/files/presses/1/monographs/398/submission/proof/files/assets/basic-html/page118.html>

Centrales eléctricas: Centrales termicas de biomasa. (n.d.). *Centrales Eléctricas*. Retrieved March 25, 2020, from <http://technology-alexa.blogspot.com/2010/01/centrales-termicas-de-biomasa.html>

*Comportamiento de Cenizas y su Impacto en Sistemas de Combustión de Biomasa.* (2012). 14.

*Elementos claves en el estudio económico de un proyecto | OBS Business School.* (n.d.). Retrieved February 17, 2020, from <https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>

Emprendedores, P. R. (2019, May 24). *¿Qué significa modelo de negocio?* Emprendedores. <http://www.emprendedores.es/crear-una-empresa/a69057/que-significa-modelo-de-negocio/>

García, I. (n.d.). *¿Qué es la Tasa Interna de Retorno o TIR? | Concepto de TIR. Economía Simple.* Retrieved March 25, 2020, from <https://www.economiasimple.net/glosario/tasa-interna-de-retorno-tir>

García, J. E. C. (1987). *COMBUSTIÓN DIRECTA DE LA BIOMASA.* 30.

*Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna.*

*Eficiencia del proceso.* (n.d.). Retrieved February 18, 2020, from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852016000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000200002)

Guerrero, L. (n.d.). *Tipos y características energéticas de la biomasa.* Aboutespanol. Retrieved February 18, 2020, from <https://www.aboutespanol.com/caracteristicas-de-la-biomasa-3417679>

*Hipótesis: Concepto, Tipos y Características.* (n.d.). Retrieved March 25, 2020, from <https://concepto.de/hipotesis/>

Historia de la agroindustria azucarera. (n.d.). *APA.H.* Retrieved March 15, 2020, from <https://azucar.hn/historia/>

*John Deere Parts Catalog.* (n.d.). Retrieved March 15, 2020, from <https://partscatalog.deere.com/jdrc/search>

*La pirólisis de biomasa: Un clásico revitalizado / Energía y Sostenibilidad.* (n.d.). Retrieved February 18, 2020, from <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2011/06/10/131236>

*Levelized Cost of Electricity (LCOE)—Overview, How To Calculate.* (n.d.). Corporate Finance Institute. Retrieved February 17, 2020, from <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/levelized-cost-of-energy-lcoe/>

N.Silva. (2015). Caña de Azúcar: Siembra y Cultivo. *Caña de Azúcar.* <http://canadeazucaranhac.blogspot.com/2010/10/siembra-y-cultivo.html>

OCDE. (2017). *Perspectivas Agrícolas 2017-2026.*

(PDF) ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña*. (n.d.). ResearchGate. Retrieved March 15, 2020, from [https://www.researchgate.net/publication/331258781\\_ICIDCA\\_Sobre\\_los\\_Derivados\\_de\\_la\\_Cana](https://www.researchgate.net/publication/331258781_ICIDCA_Sobre_los_Derivados_de_la_Cana)

*¿Qué es la biomasa? - Plantas de Biomasa*. (n.d.). Retrieved February 6, 2020, from <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>

*¿Qué es un estudio de mercado?* (n.d.). Retrieved February 17, 2020, from [https://www.estudiosdemercado.org/que\\_es\\_un\\_estudio\\_de\\_mercado.html](https://www.estudiosdemercado.org/que_es_un_estudio_de_mercado.html)

*Residuo agrícola—EcuRed*. (n.d.). Retrieved February 17, 2020, from [https://www.ecured.cu/Residuo\\_agr%C3%ADcola](https://www.ecured.cu/Residuo_agr%C3%ADcola)

*Residuo agrícola—EcuRed*. (2014). [https://www.ecured.cu/Residuo\\_agr%C3%ADcola](https://www.ecured.cu/Residuo_agr%C3%ADcola)

*Residuos sólidos urbanos e industriales—Enciclopedia Medioambiental*. (n.d.). Retrieved February 18, 2020, from [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/RSU\\_e\\_industriales.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/RSU_e_industriales.asp)

*Salvador—APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERG.pdf*. (n.d.). Retrieved February 6, 2020, from <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>

*Snapshot*. (n.d.). Retrieved February 6, 2020, from <https://conceptodefinicion.de/cana-de-azucar/>

*Tipos de biomasa*. (n.d.). Certicalia. Retrieved February 18, 2020, from <https://www.certicalia.com/blog/tipos-de-biomasa>

Urbina, G. (n.d.). *Evaluacion de Proyectos Septima Edicion: Vol. Septima Edicion*.

Vasquez, M. (2020). *Departamento de Fincas CAHSA*.

Venemedia Comunicaciones C.A. (2019). *¿Qué es Caña de Azúcar? » Su Definición y Significado [2020]*.

Concepto de - Definición de. <https://conceptodefinicion.de/cana-de-azucar/>

Viaintermedia. (2010, April 2). *Biomasa—La producción mundial de bioenergía en 2050 podría abastecer el consumo total de energía—Energías Renovables, el periodismo de las energías*

*limpias.*

<https://www.energias-renovables.com/biomasa/la-produccion-mundial-de->

[bioenergia-en-2050](https://www.energias-renovables.com/biomasa/la-produccion-mundial-de-bioenergia-en-2050)

## ANEXOS

### ANEXO 1. ESTADO DE RESULTADOS

Muestra el Estado de Resultados donde se observa la obtencion de utilidades al final de cada año.

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO					
	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Energía Eléctrica disponible para venta (kwh)</b>	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73
<b>Precio de venta de Energía (L/kwh)</b>	L1.690	L1.732	L1.785	L1.838	L1.893
<b>INGRESOS POR VENTA</b>	L 40,480,527.29	L 41,492,540.47	L 42,749,395.55	L 44,022,573.43	L 45,344,719.68
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>L40,480,527.29</b>	<b>L41,492,540.47</b>	<b>L42,749,395.55</b>	<b>L44,022,573.43</b>	<b>L45,344,719.68</b>
<b>Costos de Renta</b>	L 11,625,506.96	L 11,625,506.96	L 11,625,506.96	L 11,625,506.96	L 11,625,506.96
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>L28,855,020.33</b>	<b>L29,867,033.51</b>	<b>L31,123,888.59</b>	<b>L32,397,066.47</b>	<b>L33,719,212.72</b>
<b>Gastos de Transporte</b>	L 2,333,568.50	L 2,450,246.93	L 2,572,759.27	L 2,701,397.23	L 2,836,467.10
<b>Gastos de Depreciación</b>	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66	L 1,474,759.66
<b>Gastos Financieros</b>	L 968,624.25	L 794,431.78	L 600,081.96	L 383,242.21	L 141,310.01
<b>Gastos Administrativos</b>	L 14,607,836.44	L 15,276,228.26	L 15,978,039.68	L 16,714,941.66	L 17,488,688.74
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>L9,470,231.49</b>	<b>L9,871,366.89</b>	<b>L10,498,248.03</b>	<b>L11,122,725.71</b>	<b>L11,777,987.21</b>
<b>ISR 25%</b>	L 2,367,557.87	L 2,467,841.72	L 2,624,562.01	L 2,780,681.43	L 2,944,496.80
<b>Utilidad después de impuesto</b>	L 7,102,673.61	L 7,403,525.17	L 7,873,686.02	L 8,342,044.28	L 8,833,490.41
<b>Reserva legal</b>	L 355,133.68	L 370,176.26	L 393,684.30	L 417,102.21	L 441,674.52
<b>Utilidad o perdida del periodo</b>	<b>L6,747,539.93</b>	<b>L7,033,348.91</b>	<b>L7,480,001.72</b>	<b>L7,924,942.06</b>	<b>L8,391,815.89</b>

ANEXO 2. PRESUPUESTO EN EFECTIVO

Muestra el presupuesto por los siguientes cinco años. Hay que destacar que con el total final de cada año se inician operaciones el siguiente.

PRESUPUESTO EN EFECTIVO						
Años		2020	2021	2022	2023	2024
	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>	<b>L</b> <b>15,803,283.40</b>	<b>L</b> <b>40,480,527.29</b>	<b>L</b> <b>65,540,060.25</b>	<b>L</b> <b>89,271,928.14</b>	<b>L</b> <b>113,997,741.28</b>	<b>L</b> <b>139,760,943.29</b>
Saldo año anterior			L24,047,519.78	L46,522,532.59	L69,975,167.86	L94,416,223.61
Ventas		L40,480,527.29	L41,492,540.47	L42,749,395.55	L44,022,573.43	L45,344,719.68
Ahorro en Energía		L0.00	L0.00	L0.00	L0.00	L0.00
Aporte inversión						
Préstamo	L9,481,970.04					
Aporte Empresa	L6,321,313.36					
<b>EGRESOS</b>		<b>L</b> <b>16,433,007.51</b>	<b>L</b> <b>19,017,527.66</b>	<b>L</b> <b>19,296,760.29</b>	<b>L</b> <b>19,581,517.67</b>	<b>L</b> <b>19,880,402.91</b>
<b>PROCESO</b>						
Costos de Renta		L11,625,506.96	L11,625,506.96	L11,625,506.96	L11,625,506.96	L11,625,506.96
<b>VENTA</b>						
Transporte		L2,333,568.50	L2,450,246.93	L2,572,759.27	L2,701,397.23	L2,836,467.10
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>						
Abono Capital		L1,505,307.80	L1,679,500.27	L1,873,850.09	L2,090,689.84	L2,332,622.04
Intereses		L968,624.25	L794,431.78	L600,081.96	L383,242.21	L141,310.01
IMPUESTO SOBRE LA RENTA			L2,467,841.72	L2,624,562.01	L2,780,681.43	L2,944,496.80
<b>SALDO FINAL</b>	<b>L</b> <b>15,803,283.40</b>	<b>L</b> <b>24,047,519.78</b>	<b>L</b> <b>46,522,532.59</b>	<b>L</b> <b>69,975,167.86</b>	<b>L</b> <b>94,416,223.61</b>	<b>L</b> <b>119,880,540.38</b>

ANEXO 3. BALANCE GENERAL

Brinda resultados positivos en sus flujos finales. En la siguiente tabla se muestra de forma detallada la proyeccion a cinco años donde el año 0 se coloco la parte de la inversion solicitada en prestamos y los siguientes años se toman en cuenta solamente los intereses a pagar.

<b>BALANCE GENERAL</b>						
		1	2	3	4	5
<b>DETALLE</b>		2020	2021	2022	2023	2024
<b>ACTIVOS</b>						
<b><u>Corriente</u></b>		<b>L</b> <b>24,047,519</b> <b>.78</b>	<b>L</b> <b>46,522,53</b> <b>2.59</b>	<b>L</b> <b>69,975,167</b> <b>.86</b>	<b>L</b> <b>94,416,223</b> <b>.61</b>	<b>L</b> <b>119,880,54</b> <b>0.38</b>
<b>Efectivo</b>		L 24,047,519 .78	L 46,522,53 2.59	L 69,975,167 .86	L 94,416,223 .61	L 119,880,54 0.38
<b><u>No corriente</u></b>		<b>L</b> <b>14,328,523</b> <b>.74</b>	<b>L</b> <b>12,853,76</b> <b>4.08</b>	<b>L</b> <b>11,379,004</b> <b>.43</b>	<b>L</b> <b>9,904,244.</b> <b>77</b>	<b>L</b> <b>8,429,485.1</b> <b>1</b>
<b>Propiedad, Planta y Equipo</b>		L 2,700,000. 00	L 2,700,000. 00	L 2,700,000. 00	L 2,700,000. 00	L 2,700,000.0 0
<b>Maquinaria</b>		L 13,103,283 .40	L 13,103,28 3.40	L 13,103,283 .40	L 13,103,283 .40	L 13,103,283. 40
<b>Depreciacion</b>		-L 1,474,759. 66	-L 2,949,519. 32	-L 4,424,278. 97	-L 5,899,038. 63	-L 7,373,798.2 9
<b>TOTAL</b>		<b>L</b> <b>38,376,043</b> <b>.52</b>	<b>L</b> <b>59,376,29</b> <b>6.68</b>	<b>L</b> <b>81,354,172</b> <b>.28</b>	<b>L</b> <b>104,320,46</b> <b>8.38</b>	<b>L</b> <b>128,310,02</b> <b>5.49</b>
<b>PASIVOS</b>						
<b><u>Pasivo Corriente</u></b>		<b>L</b> <b>4,047,058.</b> <b>14</b>	<b>L</b> <b>4,341,691.</b> <b>81</b>	<b>L</b> <b>4,715,251.</b> <b>85</b>	<b>L</b> <b>5,113,303.</b> <b>46</b>	<b>L</b> <b>2,944,496.8</b> <b>0</b>
<b>Documentos por cobrar</b>		L 1,679,500. 27	L 1,873,850. 09	L 2,090,689. 84	L 2,332,622. 04	



<b>Impuestos</b>		L 2,367,557. 87	L 2,467,841. 72	L 2,624,562. 01	L 2,780,681. 43	L 2,944,496.8 0
<b><u>Pasivo no corriente</u></b>		L 6,297,161. 96	L 4,423,311. 88	L 2,332,622. 04	L -	
<b>Deuda a largo plazo</b>	L 9,481,970. 04	L 6,297,161. 96	L 4,423,311. 88	L 2,332,622. 04	L -	
<b>TOTAL PASIVO</b>	L 9,481,970. 04	L 10,344,220 .11	L 8,765,003. 69	L 7,047,873. 88	L 5,113,303. 46	L 2,944,496.8 0
<b>CAPITAL</b>						
<b>Aporte de Capital</b>	L 6,321,313. 36	L 6,321,313. 36	L 6,321,313. 36	L 6,321,313. 36	L 6,321,313. 36	L 6,321,313.3 6
<b>Reserva Legal</b>		L 355,133.68	L 725,309.9 4	L 1,118,994. 24	L 1,536,096. 45	L 1,977,770.9 7
<b>Utilidad</b>		L 6,747,539. 93	L 7,033,348. 91	L 7,480,001. 72	L 7,924,942. 06	L 8,391,815.8 9
<b>Utilidades Acumulada</b>			L 6,747,539. 93	L 13,780,888 .84	L 21,260,890 .56	L 29,185,832. 62
<b>TOTAL CAPITAL</b>	L 6,321,313. 36	L 13,423,986 .97	L 20,827,51 2.14	L 28,701,198 .16	L 37,043,242 .44	L 45,876,732. 85
<b>TOTAL PASIVO + CAPITAL</b>		L 23,768,207 .08	L 29,592,51 5.83	L 35,749,072 .04	L 42,156,545 .90	L 48,821,229. 65

#### ANEXO 4. PUNTO DE EQUILIBRIO

La determinación del punto de equilibrio es uno de los elementos centrales en cualquier tipo de negocio pues nos permite determinar el nivel de ventas necesario para cubrir los costes totales o, en otras palabras, el nivel de ingresos que cubre los costes fijos y los costes variables.

<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>					
<b>DETALLE</b>	2020	2021	2022	2023	2024
	1	2	3	4	5
<b>Costos fijos</b>	\$ 59,434.24	\$ 59,434.24	\$ 59,434.24	\$ 59,434.24	\$ 59,434.24
<b>costos variables</b>	\$ 968,624.25	\$ 794,431.78	\$ 600,081.96	\$ 383,242.21	\$ 141,310.01
<b>Total costos</b>	<b>\$ 1,028,058.49</b>	<b>\$ 853,866.02</b>	<b>\$ 659,516.20</b>	<b>\$ 442,676.45</b>	<b>\$ 200,744.26</b>
<b>0</b>	\$ 1.690	\$ 1.730	\$ 1.780	\$ 1.840	\$ 1.890
<b>Energía Eléctrica disponible para venta (kwh)</b>	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73	23,952,974.73
<b>Ingreso por venta de energía</b>	\$40,480,527.29	\$ 41,438,646.28	\$ 42,636,295.01	\$ 44,073,473.50	\$ 45,271,122.23
<b>Costo por venta</b>	\$ 0.58	\$ 0.59	\$ 0.59	\$ 0.60	\$ 0.60
<b>P.E. en kwh</b>	<b>53,678.32</b>	<b>52,027.65</b>	<b>50,060.67</b>	<b>47,858.52</b>	<b>46,207.93</b>

## ANEXO 5. CORTE MECANIZADO DE LA CAÑA

En este anexo se observa la cosechadora a utilizar haciendo el corte mecanizado en una de las fincas de la Compañía Azucarera Hondureña S.A.



## ANEXO 6. SECADO NATURAL DEL RAC

En este anexo se puede ver el proceso del secado natural del RAC en una de las fincas de la Compañía Azucarera Hondureña S.A.



## ANEXO 7. PROCESO DE ACUMULADO DEL RAC

En este anexo se muestra el principio del acumulado del RAC para que posteriormente se conviertan en pacas fáciles de transportar al ingenio azucarero.



## ANEXO 8. EMBALADO DEL RAC

En este anexo se muestra la maquinaria a utilizar para el proceso del embalado del RAC la cual es una John Deere 569.



Fuente: (John Deere Parts Catalog, 2019)