



Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez "
Facultad de Ingeniería
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales

Tesis presentada en opción al Título Académico de

Master en Eficiencia Energética

Título: "Mejoramiento de la eficiencia energética y económica del CAI Arrocero Sur del Jíbaro mediante estudio de potenciales de ahorro por aprovechamiento energético de residuos".

Autor: Ing. Armando Elias García Rivero

Tutor: Dr. C. Osvaldo Romero Romero

2010

"Año 52 de la Revolución"

Resumen.

El presente trabajo tiene la finalidad de determinar la posibilidad de mejorar la eficiencia energética y económica del CAI Arroceros Sur del Jíbaro mediante un estudio de potenciales de ahorro y alternativas de producción más limpia por aprovechamiento energético de residuos.

En el mismo se realiza un estudio del proceso productivo de la empresa donde se efectúa un diagnóstico retrospectivo de su situación energética, aplicando los elementos esenciales de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, combinado con otros métodos. Se estudia además el comportamiento de la gestión energética de la empresa para lo cual se realizaron entrevistas a directivos y técnicos involucrados, y finalmente se realiza un estudio de la cantidad de desechos que se generan durante el proceso productivo arroceros, utilizando para ello los datos estadísticos y la realización de muestreos, los que se evaluaron como fuente de energía y se comprobó su posible contribución a la eficiencia energética y económica.

Se obtienen como resultados más importantes, que la empresa tiene en su esquema productivo arroceros un alto consumo de portadores energéticos, fundamentalmente diesel y electricidad, se comprueba que la falta de capacitación en temas energéticos provoca que no se realicen análisis profundos del comportamiento de los indicadores, limitando la gestión energética. Se demuestra que si se usaran los residuos arroceros para producir biogás se pudiera generar más del triple de la energía demandada por la empresa.

Abstract

The present work has the purpose of determining the possibility to improve the energy and economic efficiency of the “CAI Arrocerero Sur del Jíbaro” by means of a study of saving potentials and alternative of cleaner production by energy use of residuals.

In this work is carried out a study of the enterprise production process, where a retrospective diagnostic of its energy situation is made, applying the essential elements of Total Efficient Administration of the Energy Technology in addition with other methods. It is also studied the behavior of the energy administration of the enterprise for that which, it were carried out interviews to directive and involved technicians, and finally it is carried out a study of the quantity of waste generated during the rice production process, using for it the statistical data and experiments, these were evaluated as energy source and was checked their possible contribution to the energy and economic efficiency.

They are obtained as more important results, which the enterprise has in its rice productive process, a high consumption of energy payees fundamentally diesel and electricity, is checked that the training lack in energy matters causes that analysis made of the behavior of the indicators are not efficient, limiting the energy administration. It is demonstrated that if the rice residuals were used to produce biogas, it could generate more than the triple of the demanded energy in the enterprise.

Índice.

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: Revisión bibliográfica	5
1.1 Situación energética mundial.	5
1.1.1 Políticas seguidas por diferentes países e instituciones.	7
1.2 Situación energética en Cuba.	10
1.2.1 La producción de energía eléctrica en Cuba.	12
1.2.2 Soluciones alternativas a la situación energética del país.	12
1.2.3 La gestión energética en Cuba.	14
1.3 Producción y uso de los residuos en Cuba.	16
1.4 Tecnologías para convertir la biomasa en energía.	19
1.4.1 El biogás.	19
1.4.2 La combustión.	25
Conclusiones capítulo I	28
CAPÍTULO II: Materiales y métodos.	29
2.1 Realización de la prueba de necesidad de la empresa.	30
2.1.1 La producción de arroz: diesel y electricidad.	31
2.2 La gestión energética en la empresa.	32
2.3 Los residuos de la producción arrocera.	34
2.3.1 Descripción del muestreo.	35
2.4 Uso de los residuos con fines energéticos.	37
Conclusiones capítulo II.	40
Capítulo III: Resultados obtenidos.	41
3.1 Situación económico - energética del CAI Arrocero Sur del Jíbaro.	41
3.1.1 Descripción general de la empresa.	41
3.1.2 Análisis comparativo de los gastos de la empresa. Impacto de los portadores energéticos.	43
3.1.3 Los portadores energéticos en la estructura productiva de la empresa.	45
3.1.4 Esquema energético productivo de la rama arrocera de la empresa.	48
3.1.5 Los consumos energéticos de la producción de arroz.	49
3.1.6 El diesel y la electricidad.	50
3.2 Gestión energética en la empresa.	56
3.2.1 Esquema organizativo de la empresa.	56
3.3 Producción y uso de residuos.	65
3.3.1 Tipos y cantidades de residuos.	66
3.3.2 Uso actual de los residuos.	70
3.4 Posible utilización de los residuos de la empresa con fines energéticos.	73
Conclusiones capítulo III.	80
CONCLUSIONES.	81
RECOMENDACIONES.	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad el hombre comenzó a necesitar el uso de la energía para realizar su trabajo en aras de satisfacer sus necesidades, pasó del uso de su propia fuerza muscular a la domesticación de los animales para utilizar su energía en mover las cargas que para él eran imposibles y al descubrimiento y uso del fuego el cual ha llegado hasta hoy, solo que, en un inicio, el fuego solo se producía a partir de la biomasa y después el hombre descubrió el carbón, el petróleo, el gas natural y con ellos aprendió a utilizarlo para producir otras fuentes secundarias de energía como el vapor y la electricidad.

Desde este punto de vista, la historia de la humanidad no ha sido más que la historia del control de ésta sobre las fuentes energéticas y las formas de utilizarlas, llegando al esquema energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles; combustibles que no son renovables, que son contaminantes en alto grado, que están concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales y que son utilizados de forma muy ineficiente. Esto ha causado una creciente escasez de energía producida por el desarrollo industrial e incremento de la población, ha provocado también cambios en el comportamiento climático del planeta, de ahí, la urgente necesidad de obtener esos recursos mediante fuentes renovables, sobre todo provenientes de la acción humana sobre la naturaleza como puede ser el uso de residuos de la agricultura y la industria. Según [Castellanos\(2002\)](#) citado por [Savran\(2005\)](#), la crisis energética y la preservación

renovables de energía, mas baratas y que contaminen menos. La revolución energética es un ejemplo de las medidas que se han tomado para crear una situación mas favorable en tal sentido, aunque desde antes ya se habían venido dando pasos firmes encaminados a elevar la eficiencia energética y la búsqueda fuentes renovables. En tal sentido el parlamento cubano aprobó y se implementa el "Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía". El objetivo del mismo es, "Elevar de forma sostenida la eficiencia con que se emplean los combustibles fósiles, reducir su importación y trabajar en su sustitución por fuentes renovables de energía". Este objetivo se logra mediante.

- El incremento del uso del crudo nacional y el gas natural acompañante para la generación de electricidad.
- El uso eficiente del bagazo y de los residuos agrícolas de la caña de azúcar para optimizar el ciclo térmico y de esa forma cubrir los requerimientos energéticos de la industria azucarera.
- La utilización generalizada de: las fuentes hidráulicas, la energía solar, y eólica, el biogás y los desechos industriales, agrícolas y urbanos
- El completamiento del estudio, sobre la posible utilización de las reservas de turba en la Ciénaga de Zapata.

Las instituciones científicas, las universidades y el sector empresarial han emprendido diferentes tareas encaminadas a mejorar continuamente la eficiencia energética del país donde ocupa un lugar importante la creación y desarrollo de la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía (TGTEE), la cual constituye una herramienta fuerte para el mejoramiento continuo de la gestión energética. También se ha investigado mucho, y de hecho se continúa haciendo, acerca del uso de fuentes renovables de energía y el uso de residuos con el doble propósito de la producción energética y el tratamiento de los mismos.

El CAI Arrocerero Sur del Jíbaro, un alto productor, alto consumidor de energía y con grandes vertimientos de residuos al medio, está urgido de trabajos investigativos para disminuir esos consumos y continuar con altas producciones pero que las mismas sean cada vez mas limpias.

PROBLEMA CIENTIFICO

¿Cómo contribuir a mejorar la eficiencia energética y económica del CAI arrocero Sur del Jíbaro mediante un estudio de potenciales de ahorro y alternativas de producción más limpia por aprovechamiento energético de residuos?

OBJETIVO GENERAL:

Determinar las posibilidades de mejorar la eficiencia energética y económica del CAI arrocero Sur del Jíbaro mediante un estudio de potenciales de ahorro y alternativas de producción más limpia por aprovechamiento energético de residuos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar diagnostico retrospectivo de la situación energética del CAI Arrocero Sur del Jíbaro hasta el año 2009. Prueba de necesidad.
2. Evaluar y proponer mejoras basado en la TGTEE al sistema de gestión energética de la empresa.
3. Caracterizar la producción de arroz y residuos de la empresa con enfoque retrospectivo y prospectivo.
4. Proponer y estimar ventajas económicas y para el consumo de energía por la utilización energética de los residuos de la empresa.

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.

La investigación esta plenamente justificada a partir de la situación energética mundial. El consumo desmedido del petróleo a nivel mundial, sobre todo en la última mitad del pasado siglo y en lo que va de este, ha llevado a un acelerado agotamiento de las reservas probadas y probables del mismo, provocando esto conflictos bélicos, provocados por los imperios del mundo, en las zonas del planeta con mejores reservas de este yacimiento. Eso ha traído aparejado alzas sustanciales en los precios con consecuencias fatales, sobre todo para los países del tercer mundo. Ahora, lo mas grave del irresponsable consumo del petróleo radica en la afectación ambiental que se ha creado por la emanación creciente de gases de efecto

invernadero que han provocado el llamado calentamiento global. Entonces las generaciones que hoy en día habitan el planeta deben buscar alternativas urgentes para detener el acelerado ritmo de consumo de los combustibles fósiles e introducir en su lugar el uso de aquellas fuentes energéticas que sean renovables y a su vez menos contaminantes para la madre naturaleza.

Valor práctico: teniendo en cuenta el gran consumo de fuentes no renovables de energía en el proceso de producción del arroz que pueden ser sustituidas por otras renovables y que son resultado del mismo proceso.

Valor teórico: por la posibilidad de aportar conocimientos en el uso fuentes renovables de energía.

Valor social: por la disminución de los costos de producción, lo que puede repercutir en mayores niveles productivos.

Valor ambiental: por la reducción de la carga contaminante que se vierte al medio ambiente.

Viabilidad: es viable ya que se cuenta con suficiente información y datos económicos, estadísticos y productivos de la empresa que hacen posible realizar estudios, comparaciones e investigaciones de esta índole.

Objeto de estudio: Producción y uso de energía en la Empresa Arrocería Sur del Jíbaro.

Campo de Acción. Gestión energética en la Empresa Arrocería Sur del Jíbaro.

Hipótesis:

Es posible mejorar la eficiencia energética y económica del CAI arrocero Sur del Jíbaro si se realiza un estudio de potenciales de ahorro y alternativas de producción más limpia por aprovechamiento energético de residuos

CAPITULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Situación energética mundial

En el mundo polarizado, hoy en día existen grandes tensiones por la disputa de los recursos energéticos. Los imperios del planeta, creyendo ser dueños del mundo, llevan a cabo guerras contra aquellos países que poseen grandes yacimientos petrolíferos con el fin de apoderarse de ellos. Estas potencias imperiales tratan de tener en sus manos esas reservas debido a que el descontrolado consumo de estos combustibles ha llevado a un acelerado agotamiento de las fuentes mundiales y el consiguiente aumento de los precios a nivel mundial. O sea que el agotamiento de los combustibles fósiles es inminente en un futuro relativamente no muy lejano y desde ya se sufren las consecuencias, entiéndase guerras y elevados precios con efectos terribles para los pueblos, sobre todo en los países con menos desarrollo. Tal es así que en los últimos tiempos se ha venido suscitando año tras año un acelerado incremento en los precios de los portadores energéticos en el mercado mundial, provocado por varios factores, destacándose entre ellos los conflictos bélicos que han tenido lugar en las zonas de los grandes yacimientos de hidrocarburos.

Se plantea en el Informe Energético de la **Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) 2003**, que las reservas mundiales de energía continuaron en ascenso y se cuenta con reservas de petróleo para cubrir la demanda actual de energía por 40 años y en gas natural por 60 años. Existen indicios, para sostener que los descubrimientos continuarán en los años venideros por lo cual la seguridad energética de los países pasa más por un análisis de la **distribución y geopolítica** de las mismas que por una escasez en la oferta. Aunque esta fuente plantea que la seguridad energética de los países no depende de la oferta, es una realidad que 40 o 60 años es un tiempo demasiado corto como para no preocuparse, desde ya, por el agotamiento de los recursos energéticos que más se utilizan hoy en día.

La misma fuente refiere que el consumo mundial de petróleo, se incrementó con relación a su promedio histórico de 10 años en 2.1%. El consumo de gas natural se incrementó en 2%, a pesar de la contracción en 5% del mayor demandante de este energético que es Estados Unidos de Norteamérica (USA). Las ventas que más se incrementaron fueron las de LNG, las cuales este año crecieron en alrededor de

12% lideradas por USA, Japón y Corea del Sur. Por su parte la producción mundial de petróleo se vio afectada por acontecimientos ocurridos como la guerra en Irak y el paro petrolero de Venezuela, sin embargo la producción de los demás países de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) contrarrestaron estas disminuciones. Asimismo, la producción de los países no miembros de la OPEP también se incrementó de manera importante, principalmente en Rusia. Con relación a otros energéticos, el consumo de carbón registró un notable aumento de 6.9% especialmente por el consumo de China y USA. La generación de energía nuclear se contrajo en 2% y la generación hidroeléctrica se incremento en apenas 0.4% especialmente por el consumo de América Latina y Asia.

Finalmente, se espera que en los siguientes años el consumo de energía siga liderado por la demanda de petróleo aunque seguida muy de cerca por la demanda de gas natural, que pasará a ser el segundo energético más demandado.

De seguir en aumento la demanda de petróleo y gas natural es probable que el agotamiento de las reservas se acelere.

En el contexto regional de América Latina y el Caribe, según el [Informe Energético de la OLADE](#), el crecimiento energético en la Región estuvo liderado particularmente por la producción de gas natural, con un 3,21% de crecimiento y de carbón con un importante ascenso en 12.67%, mientras que la de petróleo se redujeron en 1.85%. Así se observa como Venezuela, miembro de la OPEP, se ha mantenido entre los 10 primeros productores de petróleo del mundo, a pesar de problemas ocurridos en el 2003. El país es por tanto, clave para los mercados energéticos mundiales, con sus reservas probadas de petróleo estimadas en más de 77 mil millones de barriles. Las reservas de gas natural de Venezuela son las mayores de la región, estimadas en unos 147 Trillones de pies cúbicos (TPC). México también tiene grandes reservas de crudo con reservas de más 14 mil millones de barriles, mientras que sus reservas probadas de gas natural se estiman en aproximadamente 15 TPC. Argentina, con unos 3,2 mil millones de barriles de reservas probadas de petróleo, es también un importante participante en el mercado de hidrocarburos en Latinoamérica. Sus exportaciones se hacen principalmente a Chile, Brasil, Uruguay y Paraguay, con

pequeñas cantidades que también van a la Costa del Golfo de los Estados Unidos. Las reservas probadas de gas natural del país son de aproximadamente 27 TPC.

Viendo estos datos, aparentemente todo está resuelto. Varios países del mundo poseen grandes reservas probadas y probables de hidrocarburos. Pero cuando se observan los datos de los incrementos en la demanda de la mayoría de los países del mundo en los últimos tiempos entonces comienzan las preocupaciones.

Encontrar soluciones viables al problema energético global, constituye un gran reto para la humanidad. La explotación a gran escala de las fuentes renovables de energía, podría ser en gran medida una solución a mediano plazo. Dentro de las fuentes renovables se destaca el uso de la biomasa cañera, forestal, arroceras, excretas de diversa naturaleza, residuos industriales, entre otras.

Es de notar que a nivel mundial ha existido un importante crecimiento en el consumo. Todo lo anterior ha hecho que en la mayoría de los países se haya adoptado una política energética no solo con el objetivo de disminuir los costos sino además como parte de una política ambiental.

1.1.1 Políticas seguidas por diferentes países e instituciones

La [OLADE](#), por tanto, ha emitido la Guía para la Formulación de Políticas Energéticas para los países de América Latina y el Caribe con el objetivo de presentar los elementos básicos necesarios en los procesos de identificación y formulación de políticas energéticas conducentes a una mayor sustentabilidad del desarrollo, así como también discutir sobre los instrumentos y enfoques que permitan mejorar las condiciones de viabilidad de las políticas que se formulen.

Ya en 1998 en el diálogo entre Europa y América Latina y el Caribe para la Promoción del uso Eficiente de la Energía se manifiesta la posición que ha adoptado el viejo continente respecto a adopción de políticas energéticas en varios de los países de la unión europea.

Por ejemplo en **España** las previsiones energéticas para el período 1991-2000 están recogidas en el Plan Energético Nacional (PEN-91) aprobado por el Gobierno en julio de 1991. Dentro del mismo se encuentra desarrollado el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) como marco dentro del cual se fijan los criterios y medidas a tener en consideración durante esta década, con el fin de asegurar un menor

consumo de energía para los mismos niveles de actividad económica y bienestar social, al tiempo que se promocionan nuevas modalidades de oferta energética. El Ministerio de Industria y Energía mediante el PAEE, promueve y apoya la política de eficiencia energética como instrumento para conseguir que el crecimiento económico se consiga sin mayor consumo energético. En **Francia** se planteó mejorar la eficiencia energética de los usuarios finales, sobretodo de los generadores de energía, se comenzó a poner de manifiesto que debía haber una relación más estrecha entre la política energética y la preservación del medio ambiente, sobretodo debido a los compromisos internacionales asumidos para disminuir las emisiones de CO₂. Se puede decir ahora que la conservación de la energía es una característica integral y específica de la política energética francesa. Los tomadores de decisiones, públicos y privados, están convencidos de que el uso eficiente de energía va de la mano con la eficiencia económica global. Al desarrollar el enfoque de eficiencia energética en el contexto del combate al efecto invernadero, el punto de vista del **Reino Unido** es:

- i)* No existe una sola respuesta “correcta”. Ningún programa, individualmente, podrá garantizar el cumplimiento de reducción de emisión de gases invernadero.
- ii)* Es necesario explorar una gama de enfoques complementarios: regulación, esquemas de donaciones, iniciativas de transformación de mercados, campañas de información, etc. Debe tratar de constituirse una sinergia entre ellos productores y consumidores.
- iii)* Se deben desarrollar programas que estimulen y respondan a las necesidades de los consumidores de energía.
- iv)* Debemos construir una cultura de promoción del éxito. Este es un paso esencial pues crea modelos de eficiencia que luego estimulan a otras personas a invertir en medidas de eficiencia energética.

El punto de partida de la política energética en **Alemania** se basa en que los cambios climáticos amenazan el futuro de la humanidad. Por lo tanto, la política energética tiene un importante componente en impulsar la eficiencia energética, la misma que debe ser considerada ser una estrategia ganadora. Desde 1990, Alemania ha reducido en 14% sus emisiones de CO₂. Alemania ha ratificado que

cumplirá con las metas establecidas en el Protocolo de Kioto para el año 2010. La política de eficiencia energética considera actores y estrategias múltiples. En lo fundamental, existe una política de descentralización para promover la eficiencia energética, la misma que considera los Estados Federales (Lander), los Condados, las Municipalidades, la Industria, las ONG y los consumidores individuales. A nivel de los Estados Federales existen 13 agencias energéticas; la mayoría de ellas con una participación directa o indirecta de los estados. Existe un alto grado de autonomía de los 16 Estados Federales. En particular, la legislación del sector de energía es de responsabilidad del Gobierno Federal, así como de los Gobiernos de los Estados Federales. Por consiguiente, existen varias instituciones (y leyes) dedicadas al uso eficiente de la energía y a las energías renovables al nivel de los Estados Federales, regiones y municipalidades. En **Italia** la organización: Ente para la Nueva Tecnología de la Energía y del Medio Ambiente (ENEA) tiene como objetivos: *a)* mejorar la eficiencia energética en el país, respetando la política europea y los nuevos compromisos ambientales asumidos en el Protocolo de Kioto; *b)* alentar el uso eficiente de energía en la industria, el sector residencial, de transporte y la administración pública; y *c)* promover la producción de tecnologías y productos con alto contenido de eficiencia energética.

La estrategia diseñada por el ENEA para cumplir con estos objetivos es:

- Desarrollar iniciativas con alto potencial de diseminación;
- Integración de los diferentes objetivos energéticos y del medio ambiente;
- Alta calidad de servicios y productos;
- Puesta en marcha de proyectos de largo plazo;
- Promover sinergias con iniciativas regionales y locales.

[\(Campodónico 1998.\)](#)

Se aprecia que en Europa hay serias intenciones de llevar a cabo políticas de desarrollo de la gestión energética así como de implementación de políticas de desarrollo de fuentes energéticas renovables.

En América Latina y El Caribe también se han dado pasos importantes en materia de política energética y de desarrollo sustentable. El año 2000, en el marco del Programa Cono Sur Sustentable, se inicia un trabajo con ONG´s e investigadores de

Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay, para elaborar una propuesta de sustentabilidad energética para el Cono Sur. El 2001, con apoyo de la Fundación Heinrich Böell de Alemania, se diseñó y realizó el seminario “**Las fuentes renovables de energía y el uso eficiente: Opciones de política energética sustentable**”, dando inicio a las discusiones, difusión y colaboración para iniciativas concretas en el ámbito de la eficiencia energética y las fuentes renovables no convencionales. Ambas dimensiones se establecen como pilares de una política energética sustentable. En este primer seminario, además de priorizar un intercambio con Alemania -debido a su liderazgo en los cambios de la política energética y su actitud de vanguardia en la respuesta a los desafíos de los cambios climáticos, el apoyo de la Fundación Böell fue fundamental en la identificación de autoridades gubernamentales y parlamentarias alemanas activas en estas líneas de trabajo, así como de los académicos y empresas líderes en estas estrategias energéticas. [\(Maldonado y Larraín 2002\)](#)

1.2 Situación energética en Cuba

Cuba importa alrededor del 50% de su consumo de petróleo, principalmente de Venezuela, con quién tiene un acuerdo (Acuerdo de Caracas). Cuba es el mayor productor de energías renovables del Caribe. Cuba ha mostrado un importante crecimiento en su producción petrolera, la cual alcanzó los 80.000 barriles por día (bbl/d). Sin embargo, sigue siendo un importador neto de petróleo, con un consumo promedio de unos 209.000 bbl/d. Por consiguiente, Cuba debe cubrir su déficit de petróleo y de productos petroleros de otros países; y al igual que algunos otros países de la región, Cuba, a través del Acuerdo de Caracas, compra unos 78.000 bbl/d de petróleo y de productos petroleros a Venezuela. Para fines del 2003, las reservas probadas de crudo de Cuba eran de unos 74.5 de millones de barriles, mientras que sus reservas de gas natural eran de 2,5 TPC.

La producción de crudo y gas creció alcanzando niveles de extracción de 3 108 360 toneladas equivalentes de petróleo (tep) y 1 075 060 tep respectivamente. Actualmente el país consume un total de 10 764 000 tep de las cuales produce solo el 50.21 % y el 49.79 % restante es importado.

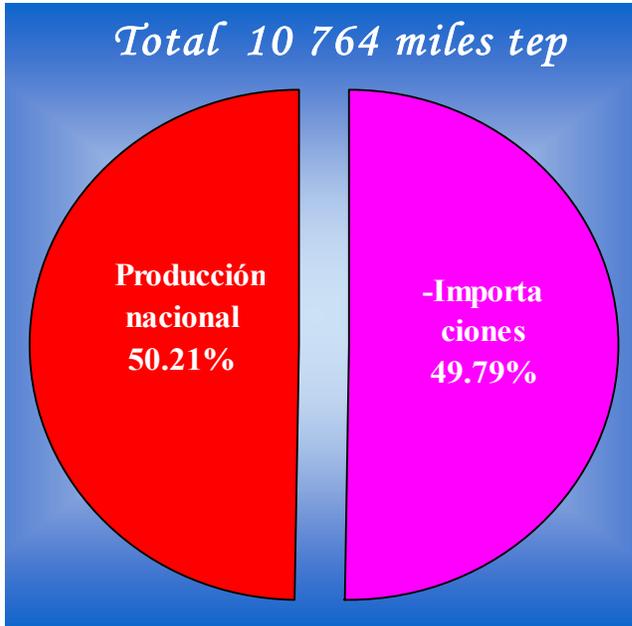


Figura 1.1 Relación entre producción nacional e importaciones de combustibles 2007
Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2007.

La producción de energía primaria en el 2007 llegó hasta los 5 211 000 tep siendo el crudo nacional con el 57 % el valor mas significativo, seguido por los productos de la caña 28.5 %, el gas con 10.2 % y la leña con 4.2 %, mientras que la hidroenergía solo aporta el 0.2 % del total.

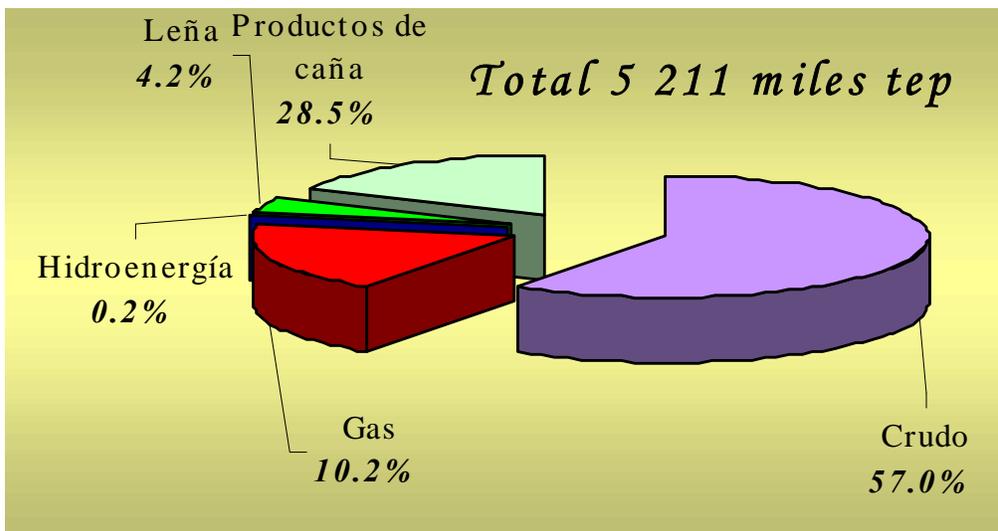


Figura 1.2 Producción de energía primaria 2007 Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2007.

1.2.1 La producción de energía eléctrica en Cuba

La primera experiencia de generación de electricidad en Cuba se remonta a 1877 y en 1889 se instaura un sistema eléctrico por primera vez en el país. Antes del triunfo de la Revolución, el esquema energético nacional era típico de un país capitalista subdesarrollado. A principios de 1959 había una potencia instalada de 397 MW, la electricidad llegaba apenas a 56% de la población, existían dos sistemas eléctricos independientes: uno para la zona centro occidental y el otro para la oriental.. La gran mayoría de los campos de Cuba, y más aún las montañas, desconocían la electricidad.

Con los programas desarrollados por el gobierno, la capacidad instalada ha ido progresivamente aumentando, ya en el año 1989 existía una potencia instalada de 2 967,5 MW, que era seis veces mayor con respecto al año 1959. Con un suministro de energía a través del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) al 95 % de la población, adicionalmente las líneas eléctricas se incrementaron de 13 000 a más de 35 000 Km. ([El SEN cubano, sus antecedentes, desarrollo y situación en los últimos años. Medidas para reducir las afectaciones eléctricas](#)).

Desde la década del 70, además se viene trabajando en incrementar el aprovechamiento de las fuentes energéticas autóctonas, las que aportan un 17 % de la oferta energética por cogeneración y un 4 % por productores aislados ([Romero y Contreras](#)).

En los 90 la situación energética del país se recrudece, por el incumplimiento de la entrega de combustible convenidos con la desaparecida Unión Soviética y el recrudecimiento del Bloqueo económico por parte del Gobierno de los Estados Unidos. En 1994 la producción de energía eléctrica disminuyó en un 25 por ciento con respecto a 1989. Creando una situación difícil en el SEN que obligo a utilizar el crudo cubano, de alta viscosidad por el azufre que contiene, cuestión que con el paso de los años se hizo insostenible y provocó que en septiembre del 2004 el SEN colapsara.

1.2.2 Soluciones alternativas a la situación energética del país

A raíz de este problema la dirección de la Revolución tomó una serie de medidas encaminadas a atenuar dicha situación. Entre las medidas tomadas se encuentra la

instalación de **grupos electrógenos** de forma descentralizada en todo el país y la utilización de fuentes renovables de energía donde se destaca la instalación de parques eólicos, celdas fotovoltaicas, usos de la biomasa, entre otros. La utilización de gas acompañante en la generación de energía eléctrica, inversiones en las líneas eléctricas públicas y el desarrollo de programas intensivos de investigación y desarrollo con amplia participación de las universidades, constituyeron también medidas adoptadas para mejorar la situación energética.

Debido a estos programas en Cuba se han instalado en los últimos años cerca de 1 200 MW de potencia eléctrica en instalaciones descentralizadas por todo el país, y se instalan grupos de emergencia en centros priorizados de servicio a la población con una capacidad que debe ser cercana a los 700 MW de potencia.

Con el paso del tiempo se han ido buscando varias fuentes primarias de energía en aras de ir disminuyendo el uso de combustibles fósiles, aunque todavía son los mayoritarios.

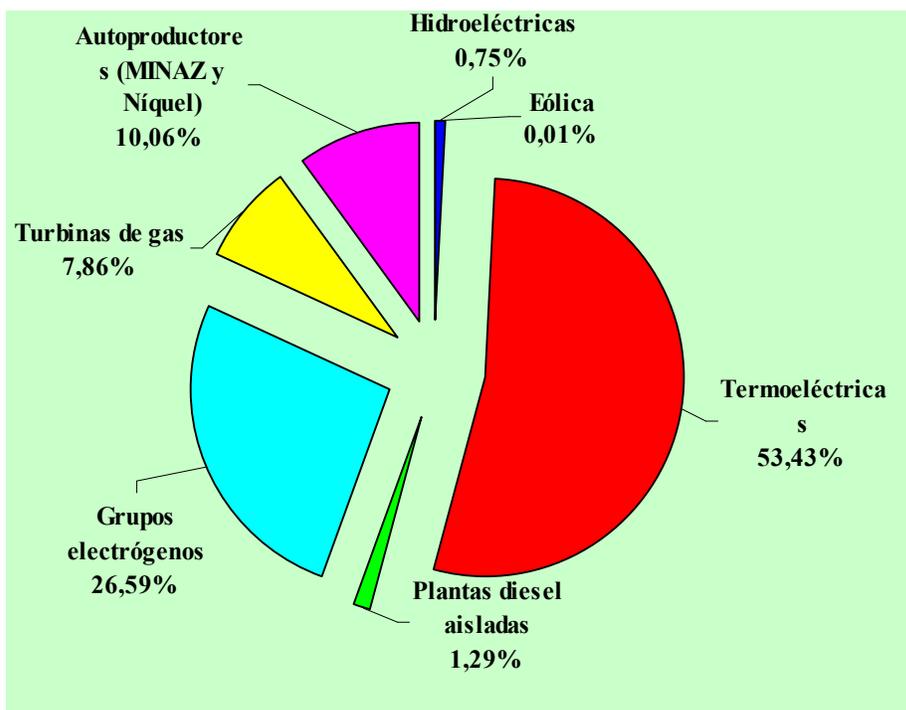


Figura 1.3 Distribución de la potencia instalada 2007 Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2007.

Por otra parte el estado ha dirigido un importante programa de ahorro de energía en todos los sectores, mediante la entrega gratuita o con facilidades de pago de bombillos eficientes, equipos de refrigeración y aire acondicionados domésticos, cambio de ventiladores rústicos por otros más eficientes, así como la sustitución de cocinas eléctricas rústica por equipos industriales más eficientes, en este último caso se persigue también eliminar totalmente el uso de la kerosina como combustible doméstico, ofreciendo así un importante aporte social al desarrollo de la familia cubana (Romero y Contreras).

Aún antes en el país, según se plantea en el artículo [Evolución y Cambios en Sector Energético en Cuba](#), se adoptaron un grupo considerable de medidas respecto a la política energética, como son, la política de precios, la asignación centralizada de los energéticos, las medidas en la industria y el transporte, las directrices emprendidas sobre el ahorro de energía sobre todo en el sector estatal, acciones para alcanzar un superávit operativo en las empresas energéticas, la política de gestión administrativa, la política de autofinanciamiento por ahorros obtenidos. (Rodríguez Castellón 2002).

El tema de la energía y la eficiencia energética han estado dentro de los principales objetivos del Partido a sus diferentes instancias y en varios documentos del comité Central se ha orientado darle la máxima prioridad y un trato especial.

Por otra parte, la introducción y desarrollo de fuentes renovables de energía reviste gran importancia en la política energética que se ha trazado el país y sobre todo en estos momentos que se encuentra enfrascado en una gran revolución energética. Esto ha incentivado la búsqueda de soluciones fundamentalmente, en el aprovechamiento de la biomasa y las posibilidades de esta para la fermentación anaerobia de desechos orgánicos.

1.2.3 La gestión energética en Cuba

La crisis en el suministro energético a la economía nacional ha repercutido en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas fue severo. Esta situación ha obligado a la dirección del país a tomar diversas medidas y

programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance ha sido global y sectorial (Rodríguez Castellón 2002).

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización; actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización (Aníbal Borroto y otros 2006). La gestión energética, como parte de la gestión empresarial, está encaminada a mejorar el control de los recursos energéticos así como hacer un uso más racional y eficiente de los mismos, garantizando un mejoramiento continuo de la eficiencia y la competitividad de la empresa.

En Cuba se han dado pasos importantes para lograr mejoras sustanciales en la gestión energética empresarial.

En primer lugar, un grupo de científicos de universidades cubanas han creado un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa, conocido como Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE).

La TGTEE ha tenido una amplia generalización en empresas del país, demostrando su efectividad para crear en las empresas capacidades permanentes para la administración eficiente de la energía, alcanzando significativos impactos económicos, sociales y ambientales, y contribuyendo a la creación de una cultura energético ambiental (Aníbal Borroto y otros 2006).

Para la implementación de la tecnología, es necesario, primero realizar la prueba de necesidad, en base a la cual los directivos y especialistas de una empresa deciden si es factible o no continuar con la aplicación de la tecnología, ya que dicha prueba le suministra elementos técnicos y económicos para tomar dicha decisión.

Como se planteó anteriormente, la TGTEE se ha venido aplicando en gran cantidad de empresas en el país y en otras ya al menos se ha realizado la prueba de necesidad. La misma ha logrado que las administraciones se hayan dado cuenta de lo que significa un correcto manejo de los portadores energéticos para la eficiencia económica y la competitividad de la empresa así como para la protección del medio ambiente.

1.3 Producción y uso de los residuos en Cuba

La utilización de la biomasa como combustible es muy antigua, lo que había sido relegada a un segundo plano con la aparición del petróleo. **La biomasa** es la principal fuente de energía renovable en Cuba por el hecho de que carece de grandes ríos y zonas con altas velocidades del viento.

Con la biomasa se puede generar energía eléctrica, para lo cual se utilizan dos técnicas: **-Combustión:** Consiste en quemar materiales leñosos, paja o cultivos energéticos, en parrillas o por el sistema de lechos fluidos (según la materia prima utilizada). En ambos casos, el proceso consiste en una combustión integrada en un ciclo de vapor. Con la tecnología actual, se obtienen rendimientos que pueden llegar al 30%, y potencias de generación eléctrica de hasta 50 MW. La electricidad obtenida puede utilizarse en aplicaciones aisladas o volcarse a la red. **-Gasificación.** A partir de la fermentación natural de determinados materiales (por ejemplo, las basuras de un vertedero) se produce biogás. Este es canalizado hasta una central térmica próxima, donde se transforma en energía eléctrica que, a su vez, puede conectarse a la red general eléctrica. ([El periodismo de las energías limpias http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp](http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp)). No obstante estas dos formas de generar electricidad a partir de la biomasa, el autor considera que la gasificación tiene ciertas ventajas sobre la combustión ya que esta última presupone la utilización de un ciclo de vapor y la segunda pudiera ser utilizada directamente en grupos electrógenos que tienen mayor eficiencia y menores costos de instalación.

El tratamiento de los residuos agrícolas para obtener energía posee ventajas medioambientales como: · El balance neutro en emisiones de CO₂. Es decir, el CO₂ de la biomasa viva forma parte de un flujo de circulación natural entre la atmósfera y la vegetación, por lo que no supone un incremento del gas invernadero en la

atmósfera (siempre que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada). · No produce emisiones sulfuradas o nitrogenadas, ni apenas partículas sólidas. Como una parte de la biomasa procede de residuos que es necesario eliminar, su aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso. También posee ventajas socioeconómicas como que, disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles, favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola, ya que permite sembrar cultivos energéticos en sustitución de otros excedentarios, abre oportunidades de negocio a la industria, favorece la investigación y el desarrollo tecnológicos, e incrementa la competitividad comercial de los productos. (El periodismo de las energías limpias <http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp>). El autor no considera tan ventajoso el hecho de la oportunidad agrícola de sembrar cultivos con fines netamente energéticos cuando existen millones de seres humanos hambrientos en el planeta.

Comparación entre la energía producida por la biomasa y la producida por otros dispositivos en el 2007:

Tabla 1.1: Energía producida por la biomasa y por otras fuentes en 2007. Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2007.

Energía	Eólica	Biogás	Hidroenergía	Solar	Biomasa	Total
Cantidad	10,60	1,10	14,00	3,40	1025,5	1054,6
%	1,01	0,10	1,33	0,32	97,24	100

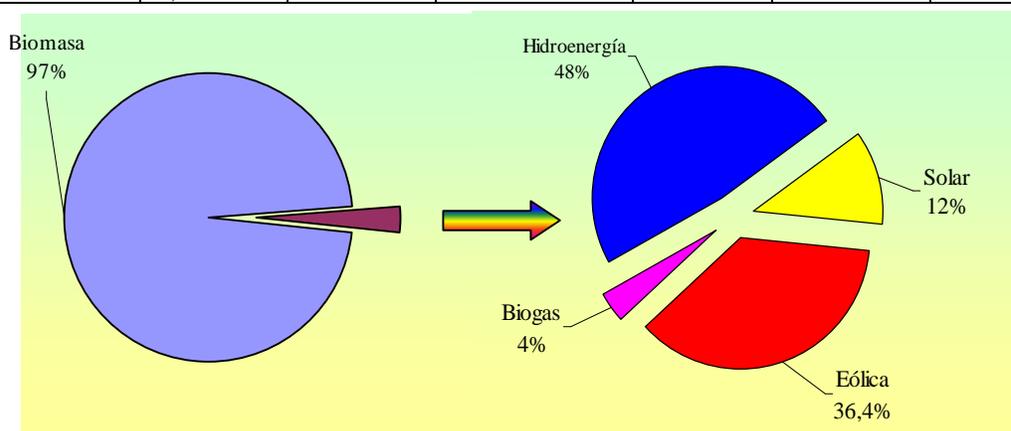


Figura 1.4 Energía producida por la biomasa y por otras fuentes en 2007. Fuente: Anuario Estadístico de Cuba 2007.

Si bien el mayor potencial energético lo tiene la biomasa cañera, existen otras fuentes de importancia social o que su aprovechamiento es conveniente desde el punto de vista ambiental. Ese es el caso de los *bosques naturales* y las *plantaciones energéticas* en desarrollo, los *residuos agroindustriales* y los *urbanos*.

Una fuente importante para ello son los residuos que se producen en las industrias, en las que contribuyen a la contaminación ambiental por las dificultades para su degradación biológica, aunque pueden ser utilizados como combustibles en la generación eléctrica tanto en ciclos térmicos como mediante el servicio de gas.

La producción de residuos en Cuba es bastante amplia, liderada por la agroindustria azucarera que produce residuos sólidos como cachaza, bagazo y residuos agrícolas cañeros (RAC), residuos líquidos como las aguas residuales y la vinaza de las destilerías. Un peso importante en la producción de residuos lo tiene además la agricultura no cañera, unos procedentes de la ganadería, fundamentalmente vacuna, porcina, ovino caprina y avícola, otros procedentes de la actividad forestal y por último los residuales procedentes de la actividad agrícola y agroindustrial de otros cultivos, entre los residuales de mas volumen se encuentran los producidos por la actividad agroindustrial arroceras que genera grandes cantidades de cascarilla, residuos de limpieza de los secaderos y los residuos propios de la cosecha, entiéndase los restos de tallos y hojas de la planta.

Otras biomásas combustibles no cañeras se manifiestan localmente con variado potencial, siendo el más significativo la **cáscara de arroz** y en menor medida el aserrín y la viruta, los conos de pino, el afrecho de café, las cáscaras de coco y otras. En cuanto al arroz, en su secado y molinado se consumen importantes cantidades de energía eléctrica y diesel. Sólo en el secado se consumen anualmente entre 4500 y 6000 toneladas de este combustible. Como desperdicios sólidos de la cosecha, la cáscara, la paja y los tallos constituyen un potencial energético de consideración. La cáscara, que representa más del 20% de la biomasa que llega a los secaderos y molinos, sólo tiene una utilización parcial como piso en la avicultura, aunque en las plantas de producción de arroz precocido ya se utiliza una pequeña parte como combustible en las calderas. (**Cuba Energía**

<http://www.energia.inf.cu/programa/obiomasas.htm>)

1.4 Tecnologías para convertir la biomasa en energía

La actual crisis energética ha llevado a considerar las posibilidades tecnológicas que ofrecen como sustitutivos del petróleo las llamadas energías renovables dentro de las cuales la energía de la biomasa constituye una importante opción como fuente acumuladora de energía solar ([Doria, A. 2001](#)). La utilización de energía solar por métodos biológicos puede desempeñar un importante papel, particularmente si se tiene en cuenta que, a pesar de su baja eficiencia, el proceso fotosintético se puede considerar potencialmente como la fuente perenne más económica de energía química o sea de combustibles ([Vallejos, 1976](#)).

1.4.1 El biogás

La tecnología de transformación de materiales orgánicos a biogás ha existido desde hace centenares de años. Las primeras personas que descubrieron el tipo de gas inflamable generado de pudrimiento de los materiales orgánicos son Van Helmont (1630) y Shirley (1667); el que descubrió el gas de los pantanos es Volta (1766) a través de los estudios y observaciones, dio el resultado de que la cantidad de gas generados de los pantanos depende estrictamente en la cantidad de plantas podridas en el fondo. Hasta el 1804-1810, Dalton, Henry y Davy han encontrado la fórmula química de Metano y demostraron que la naturaleza de gas de pantanos en el experimento de Volta es idéntica al gas en las minas de carbón.

Biogás es un compuesto de gas generado en el proceso de fermentación (descomposición) anaerobia de los compuestos orgánicos como: estiércol de animales, cuerpos de animales y otros elementos...El elemento principal de biogás es el metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y otros gases. El metano es el gas inflamable y ocupa de 50% a 70% de la mezcla, por eso, se puede aprovechar el metano como un tipo de combustible. ([Ban Hoan Chinh](#))

La transformación de los componentes orgánicos es el proceso de descomposición con la participación de los microorganismos, principalmente los microorganismos invisibles a la vista normal.

El proceso de fermentación anaerobia ocurre en un medio sin oxígeno. Se clasifica este proceso en 2 formas:

- En la naturaleza, este proceso ocurre en el fondo de charcos estancados o pantanos.
- De modo artificial, el biogás es producido desde las plantas construidas por diferentes procedimientos y los denominamos como plantas o equipos de biogás.

En 1859, el primer equipo de biogás fue construido en Bombay, India para tratamiento de estiércol humano, el gas producido fue utilizado para iluminar.

Hasta el final de los años 1920, los estudios químicos sobre la descomposición de anaerobia son reforzados. Buswell empezó a investigar el papel de los elementos químicos en el proceso de fermentación anaerobia, evolución de proceso de generación de biogás desde residuos de las granjas y aplicación de este proceso en la escala industrial.

En Cuba se ha desarrollado un importante movimiento nacional para la promoción de biogás, en el que están involucrados investigadores, académicos, empresarios y productores individuales, por este concepto el país que tuvo su primera experiencia en biogás en el año 1940 con la construcción de dos biodigestores en una cervecería en la Habana, en la década de los 80 se construyeron algunos cientos de estas plantas que no funcionaron adecuadamente y solo una pequeña minoría se mantiene aún en operación, a partir de los años 90 se han montado otras 500 plantas en todo el país, la mayoría son pequeñas y con el objetivo de suministrar energías a cocinas de viviendas y empresas.

Las investigaciones han cambiado de estudios básicos de proceso de descomposición de los materiales orgánicos semejantes con el contenido de elemento orgánico sólido de 5% a 10% a la fermentación de los materiales más complejos con necesidad de los estanques de descomposición modernos y más efectivos.

Según [Guardado 1999](#), el Biogás es un combustible que tiene un valor calórico de 4700 a 5500 Kcal/m³ y puede ser utilizado para la cocción de alimentos, para la iluminación de las naves y viviendas; puede ser quemado en calderas de procesos

industriales, así como para la alimentación de motores de combustión interna en el transporte, bombeo o generación de electricidad.

La mayoría de los autores que abordan la digestión anaerobia, (proceso bioquímico, mediante el cual se produce el biogás a partir de los residuales de origen orgánico), dividen el proceso en tres etapas: la hidrólisis, la formación de ácidos o acidogénesis y la producción de metano o metanogénesis; y señalan que participan cuatro grupos de bacterias: las hidrolíticas, las acidogénicas, las acetogénicas y las metanogénicas. (Sánchez Rodríguez).

En el siguiente esquema se representan las etapas antes mencionadas por las que transita la producción de biogás.

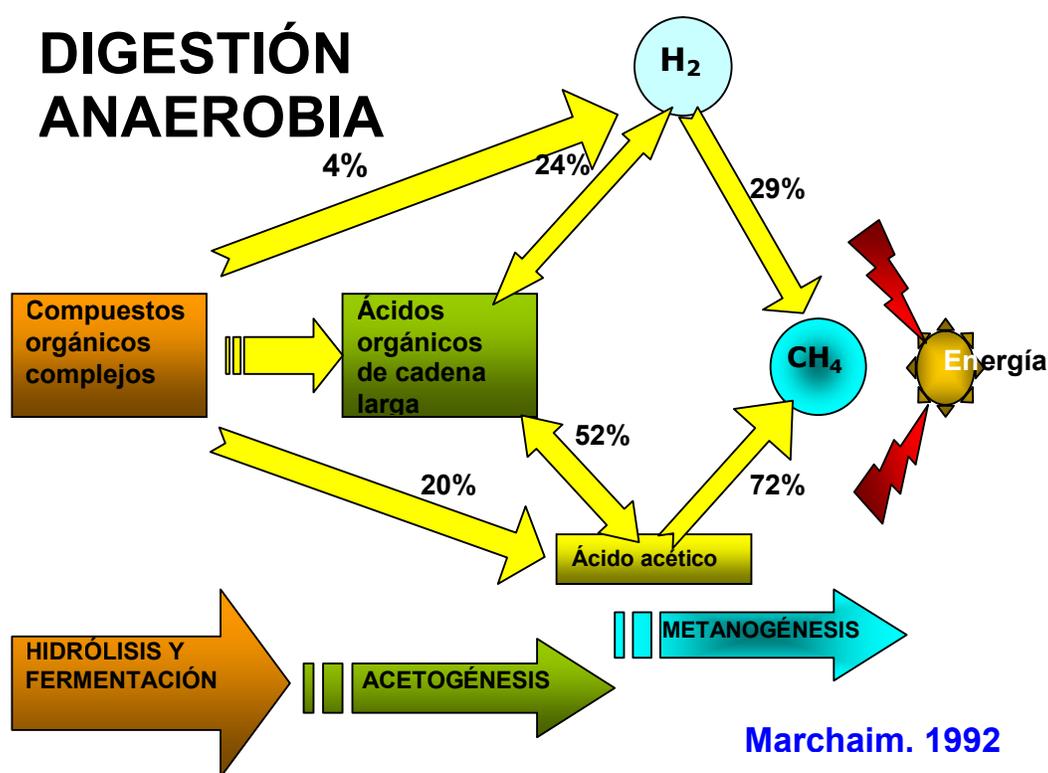


Figura 1.5: Etapas de la producción de biogás. Fuente: Marchain, U., (1992). *Biogas Processes for Sustainable Development*. Bull.FAO Agric. Services, Rome, 95. 165-193.

Existe un grupo de factores que influyen decisivamente en la digestión anaerobia (proceso de formación del biogás), los que son de especial interés y se señalan a continuación:

- Temperatura.
- pH (grado de acidez del medio).
- Ácidos volátiles.
- Sustancias tóxicas.

En estudios realizados se han obtenido las equivalencias del biogás con otros portadores energéticos. En la siguiente tabla se exponen dichas equivalencias.

Tabla 1.2: Equivalencias del biogás: Fuente: Fuente: Marchain, U., (1992). *Biogas Processes for Sustainable Development*. Bull.FAO Agric. Services, Rome, 95. 165-193.

Equivalencias de 1m³ de biogás (70% CH₄) con poder calórico aprox. 6000 kcal

Electricidad	----- 1,5 kWh
Gasolina	----- 0,60 l
Fuel Oil	----- 0,50 l
Madera	----- 1,33 kg
Carbón	----- 0,07 kg
Gas de ciudad	-----0,33 m³
Butano	----- 0,05 m³
CO₂ dejado de emitir a la atmósfera	--21 m³

Es necesario de finir algunos términos que se usan en el trabajo con de la producción de biogás.

Biogás: es un compuesto de gas producido en el proceso de descomposición de los elementos orgánicos en forma de anaerobia.

Planta de biogás: es el equipo utilizado para el tratamiento de anaerobia, generar el biogás y residuos.

Materiales para la producción: son los elementos orgánicos depositados en el equipamiento para producir biogás.

Material seco: es el resto de material después de secar hasta la temperatura de 105°C y el peso fijo.

Materiales de entrada: es el compuesto de material de entrada disuelta en agua para obtener el contenido de material seco adecuado con los elementos activos de bacteria.

Residuo: es el compuesto de líquido residual y lodo sacado del equipamiento de biogás.

Productividad de producción de gas: Cantidad de gas producido sobre la cantidad de material de entrada en un día.

Ventajas del Biogás

Aparte del valor energético que se obtiene del tratamiento de residuos vegetales y estiércoles, la digestión anaeróbica ofrece las ventajas siguientes:

- Producción de fertilizante estable mineralizado y concentrando en nutrientes.
- Destrucción de semillas de malas hierbas y reducción de patógenos en más del 99%.
- Reducción de Olores y de emisiones de gases de efluentes aplicados al terreno en más del 75%.
- Mejora de la capacidad de separación de sólidos en los residuos.
- Reducción del 60-75% de sólidos volátiles.
- Reducción de la carga contaminante DBO5 en más del 90% y del DQO en un 60-70%.
- Reducción de costos de transporte al reducir los sólidos en un 70-95% de volumen.
- Reducción de la atracción de moscas y ratones.
- Disminuyen las emisiones de CO2 ayudando a cumplir los objetivos del protocolo de Kyoto.

Mediante el uso del biogás se pueden transformar grandes cantidades de residuos en energía, primero transformándolos en gas metano y después en alguna de las formas de la energía, calor, electricidad, u otro. A continuación se presenta una tabla con los valores estimados de la energía que se puede generar con los residuos de varias frutas y vegetales, así como con los desechos de la cría de animales, expresado en Kwh/ton de residuo.

Tabla 1.3 : Conversión de residuos en energía mediante biogás.

Fuente:http://www.revistamercados.com/articulo.asp?Articulo_ID=1076

Residuos	kWh/tonelada de residuo
Residuos de banana	2654
Residuos de tomate	2368
Residuos de mango	3157
Residuos de piña	4341
Residuos de limón	4059
Residuos de naranja	3552
Residuos de coliflor	3364
Paja de trigo	2100
Residuos cítricos	5473
Residuos de comino	2856
Residuos de cebolla	3758
Residuos de granadas	3486
Residuos de paja de arroz	1973
Residuos de cáscaras de arroz	183
Estiércol vacuno	2819
Excrementos de pollos	3758
Purines de cerdo	4698

En la tabla anterior se han destacado los residuos de paja de arroz y cáscara de arroz, por ser los que tienen una presencia total en la empresa aunque representan los valores mas bajos de energía/ tonelada dentro de todos los residuos mostrados.

En Cuba los principales residuos para aplicaciones de biogás, son los provenientes de la industria azucarera, las destilerías de alcohol y las empresas de cría de cerdo. En el país existe una amplia experiencia en el diseño y construcción de pequeños digestores y se realizan trabajos de investigación desarrollo dirigidos a posibilitar el diseño y explotación de plantas de segunda generación. En este campo se siguen con mucho interés los trabajos que se realizan para evaluar la aplicación de turbinas aéreo derivativas que utilicen biogás como combustible (Curbelo 2002).

En experimentos realizados en La India, donde cada año se producen mas de 100 millones de toneladas de arroz, un científico en el instituto de la investigación en materias energéticas de Tata (TERI), Nueva Deli, trabajando con un microbiólogo en el instituto de investigación agrícolas han demostrado que la paja del arroz es de hecho una fuente muy rica de biogás y se puede utilizar para producir suficientes cantidades de metano y de fertilizante orgánico. (www_teri_res_in-teriin-news-terivsn-issue13-newsbrk.htm)

1.4.2 La combustión

La combustión es el proceso de oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor y frecuentemente de luz. La mayoría de los procesos de combustión liberan energía (casi siempre en forma de calor), que se aprovecha en los procesos industriales para obtener fuerza motriz o para la iluminación y calefacción domésticas. La combustión también resulta útil para obtener determinados productos oxidados, como en el caso de la combustión de azufre para formar dióxido de azufre y ácido sulfúrico como producto final. Otro uso corriente de la combustión es la eliminación de residuos. Al usar la combustión en la eliminación de residuos también se desprende calor que puede ser utilizado en varios procesos productivos o en la producción de electricidad.

En la industria arrocera el principal desecho que se genera es la cascarilla que recubre el grano de arroz. La cascarilla del arroz, tiene una utilización restringida en el campo de la elaboración de alimentos concentrados para animales, debido a su alto contenido de sílice (SiO_2) elemento que disminuye notablemente su digestibilidad. Debido a su constitución físico-química, la cascarilla es además un desecho de muy difícil biodegradación, esto sumado al hecho de que en las plantas procesadoras de arroz la cantidad de cascarilla generada oscila en cifras cercanas al 20% en peso de la producción total, y considerando el muy bajo peso específico de la cascarilla a granel (100 kg/m^3) ocasiona que la evacuación y el transporte de la cascarilla represente un problema considerable que implica unos costos elevados y un impacto perjudicial para el medio ambiente al contaminar las fuentes de agua ([Diago Ramírez](#)).

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, elementos que ayudan a su buen rendimiento como combustible. Además, el residuo obtenido después de quemarla, puede ser utilizado en la fabricación de cementos. El uso de la cascarilla de arroz como combustible representa un aporte significativo a la preservación de los recursos naturales y un avance en el desarrollo de tecnologías limpias y económicas en la producción de uno de los principales cereales la canasta familiar ([artículo Internet http://www.colciencias.gov.co/web/guest/home](http://www.colciencias.gov.co/web/guest/home)) (2001).

En Cuba se elaboró un proyecto que consiste en satisfacer las demandas energéticas de la industria arrocera utilizando como fuente de energía la cáscara de arroz, que permita aprovechar las cenizas de su combustión.

La eliminación del consumo del fuel oil en el secado se realiza por medio de un horno en lecho fluidizado. Este horno es diseñado a partir de resultados obtenidos a nivel de planta piloto en el país y alcanza una eficiencia de la combustión de un 95%. En el calentamiento del aire para el secado se asume una eficiencia térmica del 80%. En este proceso se utilizaría el 22% de la cáscara de arroz producida.

La producción de electricidad se realiza utilizando un gasogenerador en lecho fluidizado integrado a un motor de combustión interna. Considerando una eficiencia en la generación de electricidad del 20%, se requeriría el 13% de la cáscara de arroz producida para la producción de la electricidad consumida en el secado y el 23% en el molinado. Las evaluaciones realizadas en el proyecto indican que sólo es necesario el 58% de la cáscara de arroz producida para generar toda la energía térmica y eléctrica consumida en el procesamiento industrial del arroz ([Curbelo 2002](#)). Esta tecnología pudiera mejorar en gran medida la eficiencia energética de la producción arrocera del país aunque habría que analizar los costos de instalación de la misma.

En Tailandia se ha montado una planta experimental capaz de generar una potencia de 9.8 Mw de energía eléctrica utilizando la cascarilla de arroz como combustible mediante un ciclo termoeléctrico ([Chungsangunsit, Gheewala, Patumsawad 2002](#)).

Según [Boccone](#) la cáscara de arroz tiene las siguientes características:

- Alto contenido de sílice (20 %)
- Estructura cerrada que dificulta la combustión.

- Material abrasivo.
- Poder calorífico tres veces menor que el fuel oil.

El mismo autor plantea los usos de la cáscara de arroz en Uruguay:

- Utilización como combustible para generar energía eléctrica.
- Utilización como combustible para generar vapor.
- Utilización como combustible para generar calor.
- Utilización para conversión en productos químicos.
- Utilización para conversión en alimentos para animales.
- Utilización como complemento en la fabricación de ladrillos.
- Utilización como rellenos varios.

En Cuba, hasta el momento, los usos han sido mas limitados; se ha utilizado como combustible para producir vapor y calor, principalmente en las plantas de arroz precocido, sus cenizas han sido usadas para la industria de la siderurgia y mayormente se ha utilizado para relleno en las empresas avícolas.

Conclusiones capítulo I

- En el mundo actual existe un ritmo acelerado de explotación de los recursos energéticos no renovables a corto plazo, lo que traerá consigo un agotamiento de las reservas en un período de tiempo relativamente corto.
- En la mayoría de los países del mundo se han adoptado políticas energéticas para lograr una mayor sustentabilidad del desarrollo, no solo para disminuir costos sino también para minimizar impactos ambientales.
- El consumo energético cubano con un alto nivel de electrificación depende en gran medida de las importaciones de combustible por lo que se necesitan soluciones de utilización de fuentes renovables de energía.
- En Cuba se produce una gran variedad de residuos industriales y de la agricultura que pueden utilizarse como fuente de energía por digestión anaerobia, dentro de estos los residuos de la agroindustria del arroz.
- Existen diferentes vías ampliamente estudiadas para convertir la biomasa residual de la agroindustria arrocera en energía, destacándose la combustión, gasificación y digestión anaerobia.
- Aunque existe un amplio número de trabajos para analizar las posibilidades energéticas de las biomásas, no se encontró ninguno que expusiera experiencias en mejoramiento de la eficiencia energética en empresas arroceras cubanas por utilización de residuos como fuente de energía.

CAPÍTULO II: Materiales y métodos

La incesante búsqueda de fuentes energéticas, unido al ahorro de las ya existentes es una tarea primordial para las generaciones presentes, debido a que, con el pasar del tiempo la humanidad se ha hecho cada vez mas dependiente de la energía y al mismo tiempo, el uso desmedido de la energía, ha llevado al hombre a romper el equilibrio existente en la naturaleza, provocando efectos negativos en la misma como lo es sin dudas el efecto invernadero provocado por la emanación de gases procedentes de la combustión de los hidrocarburos.

Dentro de las fuentes energéticas mas asequibles de usar por la humanidad se encuentra la biomasa que se produce como residuo de la producción agrícola. Además de ser una fuente renovable, su uso beneficia al medio ambiente no solo por la sustitución de un recurso energético no renovable sino además por el uso de un residuo.

La provincia de Sancti Spíritus se caracteriza por su producción agrícola y en espacial, el CAI Arrocero es una de las empresas mayores productoras de la agricultura, pero también es de las mayores consumidoras de energía y gran generadora de desechos orgánicos.

En este capítulo se expondrán los materiales y métodos utilizados para llevar a cabo la investigación. En el siguiente esquema se representa el procedimiento utilizado para realizar la investigación.

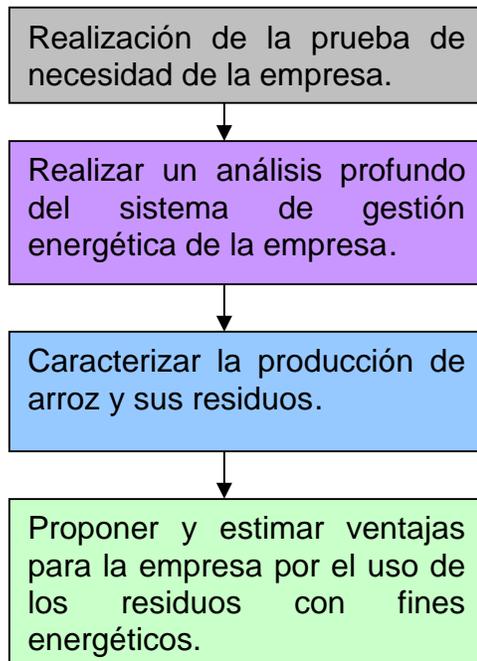


Figura 2.1: Procedimiento para la investigación. Fuente: Elaboración propia.

2.1 Realización de la prueba de necesidad de la empresa

Como parte de la implementación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) en cualquier empresa, se realiza en primera instancia la prueba de necesidad, la cual consiste en la determinación y análisis de índices globales, las curvas de comportamiento de consumos, diagnóstico energético-ambiental preliminar, diagnóstico general al sistema de administración e identificación de potenciales y evaluación de impactos.

Para la realización de la prueba de necesidad, primeramente se realiza una detallada descripción de las dimensiones y la ubicación de la empresa. Seguidamente se contacta con el departamento de contabilidad para obtener los datos referentes a los gastos fundamentales en que se incurre para llevar a cabo el proceso productivo. Se tomaron los datos desde el año 2004 hasta el 2008 y se sumaron por partidas. Estos datos son llevados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se confecciona un diagrama de Pareto, pudiendo determinar así el impacto de cada una de las partidas en el total de gastos de la empresa, donde se reflejan, dentro de los mismos, los

asociados a los portadores energéticos como elemento principal del estudio a realizar.

También, se realizan otras comparaciones para lo cual se investigó lo que le cuestan los portadores energéticos a la empresa y lo que le cuestan a la economía nacional, para ello fue preciso auxiliarse de la información económica emitida por el Banco Central de Cuba.

En el departamento energético se obtienen los datos referentes a los volúmenes de cada portador energético consumido en cada uno de los esquemas productivos de la empresa, en el período 2004 – 2008. Los datos se totalizan, presentando todos los portadores en forma de toneladas equivalentes de petróleo (tep) utilizando el Microsoft Excel y con esa misma herramienta se realiza un gráfico de Pareto para identificar que esquema productivo lidera los consumos energéticos de la empresa. Se realiza también otro esquema similar pero con cada uno de los portadores, con el objetivo de determinar los portadores mayoritarios dentro del total consumido.

Atendiendo a los postulados de Pareto, se decide en lo adelante, dedicar el estudio al esquema productivo de arroz. En cuanto a los portadores también atendiendo al resultado obtenido de la aplicación del esquema de Pareto, se decide continuar con el estudio solamente del diesel y la electricidad como portadores mayoritarios.

En un esquema energético productivo de la empresa confeccionado en este trabajo, se pueden apreciar cada una de las etapas del proceso de producción arrocero así como las materias primas y recursos fundamentales que se utilizan, los portadores energéticos que se consumen en cada etapa, las producciones intermedias, los residuos y la producción final. Este esquema da una visión general del esquema productivo arrocero de la empresa.

2.1.1 La producción de arroz: diesel y electricidad

Usando también el sistema Microsoft Excel, se confecciona un diagrama de Pareto con los consumos energéticos del esquema arroz en el período estudiado, el cual comparándolo con los anteriores, corrobora de nuevo, primero, que la producción de arroz es la mayor consumidora y segundo, que el diesel y la energía eléctrica son los que llevan el peso fundamental en los consumos de la empresa.

Como parte de la prueba de necesidad se exponen los índices fundamentales que se controlan en la empresa tanto de diesel como de electricidad, para ello se realizó una revisión de la información estadística que se rinde a los organismos superiores.

Como el consumo de portadores dentro de la producción arrocerá se puede dividir en dos partes, los utilizados en la parte agrícola y los utilizados en la industria, se confeccionan sendas tablas en una hoja de cálculo de Excel para darse cuenta de los por cientos de cada portador que se consumen en cada una de las actividades, la agrícola y la industrial.

Del área energética entonces se obtienen los datos del total de arroz producido y de diesel y electricidad consumidos desde el año 2004 hasta el 2009 para realizar sus respectivos gráficos de dispersión con el objetivo de observar la correlación que existe entre la producción final y los portadores consumidos, comprobándose que un índice tan global no ofrece información valiosa para la realización de estudios. Por tal motivo se decide profundizar un poco mas en los índices de las producciones intermedias.

En la parte agrícola se investiga sobre las principales tecnologías utilizadas para la preparación de tierra, para ello se busca información con los especialistas que atienden la actividad a nivel de empresa y se realiza entonces, un análisis comparativo de cada una.

Seguidamente se obtienen los datos relacionados con cada uno de los índices que se controlan en el departamento energético que tienen que ver con la actividad agrícola y la forma en que los mismos se manejan para realizar la demanda mensual de combustible.

2.2 La gestión energética en la empresa

Como se plantea en la bibliografía, la gestión energética forma parte de la gestión empresarial y en la misma toma parte toda la estructura de dirección. Por tal motivo se realiza una investigación sobre la estructura organizativa y de dirección de la empresa, obteniendo dicha información en entrevista con la dirección de recursos humanos y en especial con el departamento de perfeccionamiento empresarial. Con esa información y el auxilio de los medios informáticos se confecciona el organigrama de dirección actualizado de la empresa.

Para el estudio de la gestión energética en la empresa se utilizaron diferentes herramientas matriz DAFO y diagrama causa efecto.

La matriz DAFO consiste en evaluar las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades, dándoles valores numéricos según el nivel de acción que ejerza cada categoría sobre la otra. Con el resultado de la misma se puede llegar al problema estratégico general, la solución estratégica general y a las acciones para responder a dicha solución estratégica.

Mediante la realización de entrevistas con el departamento energético a nivel de CAI y con los responsables del control energético en las unidades se pudo conocer tanto las dificultades como las oportunidades que existen en la realización de dicho trabajo. Se corroboró además, el grado capacitación de los de los energéticos y los análisis que se realizan acerca de los índices de consumo en la base productiva. Con la información obtenida se confeccionó la matriz DAFO y se determinó el problema estratégico general y la solución estratégica general acerca de la gestión energética de la empresa; a partir de los cuales se confeccionaron las acciones para responder a la solución estratégica general.

Con esa misma información se pudo confeccionar un diagrama causa – efecto el cual consiste en la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto), fue desarrollado en 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa. Algunas veces es denominado diagrama Ishikawa o diagrama de espina de pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado como se muestra en la siguiente figura.

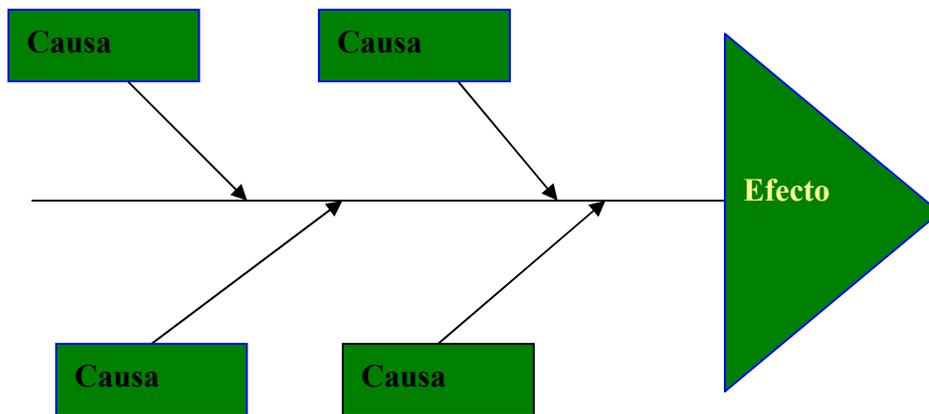


Figura 2.2: Representación de un diagrama causa-efecto. Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de Ishikawa confeccionado se aprecian las causas fundamentales que dan al traste con una deficiente gestión energética en la empresa. Al mismo tiempo se posibilita exponer los elementos fundamentales que caracterizan la gestión energética en la empresa.

2.3 Los residuos de la producción arrocerá

Realizando un análisis del proceso productivo se pudieron conocer los residuos mas importantes que, desde el punto de vista energético, emanan del proceso de producción arrocerá.

Se encontraron tres desechos fundamentales:

- Paja de arroz (restos de la planta). (Anexo 3)
- Impurezas procedentes de la limpieza del arroz en la industria. (Anexo 5)
- Cascarilla de arroz.

Se procedió entonces a determinar las cantidades que se producen anualmente de cada uno de los residuos con el objetivo de conocer las cantidades de biomasa que constituyen desechos convertibles en fuentes de energía.

En cuanto a la paja de arroz, se indagó acerca de los índices de producción de la misma respecto al área cosechada o a la cantidad de producto recolectado, y no se encontró dato ninguno al respecto ni en el CAI Arrocerá, ni en la Estación Territorial de Investigación Arrocerá aledaña a la empresa. Por tanto fue necesario realizar un experimento el cual se realizó con un muestreo probabilístico intencional.

2.3.1 Descripción del muestreo

En el proceso de recolección del arroz se utilizan máquinas cosechadoras que van segando la planta a una altura algo por debajo de donde brota la espiga. En el interior de la máquina ocurre un proceso donde se separa el grano del resto de la planta cercenada. El grano se recolecta hacia un depósito en el interior de la cosechadora y el resto es expulsado nuevamente al terreno. Sobre la superficie del campo queda entonces tendida una capa compuesta por los restos de la planta, llamado comúnmente paja de arroz.

La cosechadora o combinada realiza el corte y recolección por la parte delantera y por la parte trasera expulsa los desechos. El aditamento de corte delantero cubre mas espacio que la parte trasera por lo que la camada de paja que va quedando en la parte trasera de la máquina ocupa un área menor que donde fue cosechada. Esto fue necesario tenerlo en cuenta al realizar el experimento.

Para el muestreo se escogió entonces un área cuadrada de 25 m², midiendo 5 m de ancho coincidiendo con la longitud de la pala frontal de la máquina y 5 m de forma longitudinal al área cosechada, como se muestra en la figura y en la foto del anexo 3.

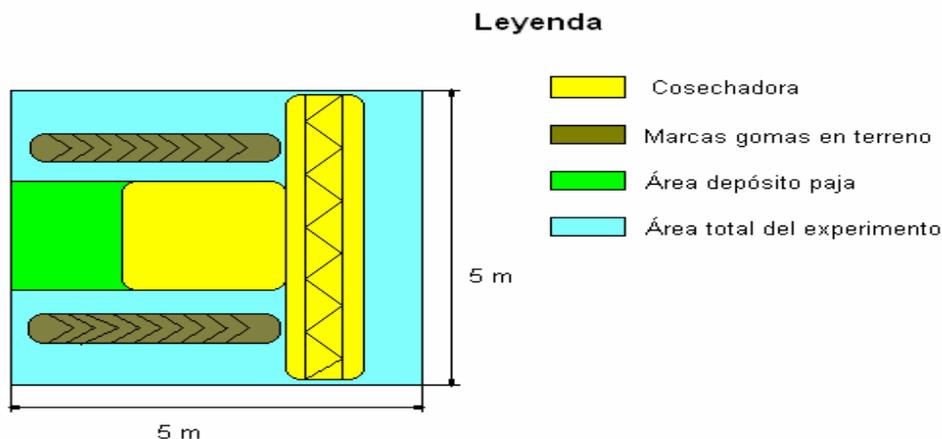


Figura 2.3: Esquema que muestra el área de realización del muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se recogió toda la paja depositada en el área marcada y se embasó en sacos, a los que posteriormente se le determinó la masa neta en una báscula digital de alta precisión. Con este valor se pudo determinar un valor aproximado de la

cantidad de paja seca que se produce por unidad de área durante la cosecha de arroz. Se usa el término paja seca ya que la muestra no se recogió inmediatamente después de cosechado el campo sino que se esperó varios días hasta que los restos de la planta estuvieran bien secos. Además la recogida de la muestra se realizó después de las 10.00 AM para evitar recolectarla con humedad.

El resultado obtenido se comparó con datos encontrados en la bibliografía y se pudo comprobar la similitud de los mismos.

Una vez obtenido el índice de la generación de este desecho, se le aplicó al área cosechada en los años desde 2004 hasta 2009 así como al área planificada a sembrar en los años venideros hasta el 2015, obteniéndose así las cantidades de paja de arroz producidas o a producir cada año. Con esos datos se confeccionó un gráfico de barras para ilustrar mejor el resultado obtenido.

Para conocer la cantidad de cascarilla que resulta del proceso de molinación, se revisaron los datos estadísticos de las producciones industriales, obteniéndose los datos de los volúmenes de los productos, subproductos y desechos producidos en el período 2004-2009. Utilizando nuevamente, una hoja de cálculo de Excel, se calcula el por ciento que representa cada uno del total de arroz cáscara molinazo. Para ilustrar mejor el resultado, se confecciona un gráfico de pastel.

Los desechos producidos en los secaderos no son más que las impurezas que trae el arroz húmedo que llega a los mismos proveniente del campo. Las impurezas es todo aquello que no constituye arroz en cáscara como son:

- Cáscara, pajas y vanos.
- Granos pelados y no pelados partidos.
- Granos verdes lechosos.
- Residuos vegetales.
- Tierra y piedra.

Son extraídas en el proceso de secado mediante varios pases por las máquinas de limpieza. Una vez extraídas, las impurezas son impulsadas por una corriente de aire, procedente de un ventilador, y depositadas en el exterior de la unidad.

Esos volúmenes de desechos fueron calculados a partir de los datos referentes a los niveles de impurezas con que se recibe el arroz, procedente del campo, en las

industrias, dichos datos fueron obtenidos en la dirección de economía del CAI. Se obtuvieron datos también de trabajos realizados anteriormente sobre este tema. Del trabajo revisado se tomaron datos de las impurezas totales con que se recibe el arroz y específicamente de cada uno de los tipos de impurezas en el período comprendido de 2004 a 2006. En la dirección de economía se recogieron los datos desde 2004 hasta 2009 pero solo de las impurezas totales y no especificadas por tipos. No se encontró los por cientos de cada tipo de impureza en el período 2007–2009 en ninguna otra dependencia de la empresa.

Por otra parte se indagó, en el departamento de calidad, sobre los niveles de impurezas con que sale el arroz de los secaderos, no se encontraron datos productivos que ilustraran el comportamiento de los mismos pero se obtuvo información de los especialistas sobre los valores históricos de impurezas que se reciben en los secaderos.

Con todos estos datos y utilizando el Excel, se pudo llegar a los valores aproximados, de producción de impurezas cada año en la empresa.

Se realizó un análisis del uso actual de los desechos fundamentales de la empresa para conocer de las cantidades que se dispone y que puede ser utilizada con fines energéticos. En el caso de la cascarilla, se encontró en la bibliografía, sus principales usos, los que se muestran en tabla y gráfico de pastel.

2.4 Uso de los residuos con fines energéticos

Las ventajas del uso de los residuos en un proceso productivo deben ser vistas con la óptica de las producciones mas limpias.

La producción más limpia significa la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, producciones y servicios, para incrementar su eficiencia, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico. Como enfoque global de la actividad productiva, esta estrategia abarca tanto a los productos y procesos, como a las prácticas y actitudes.

Para los procesos de producción: Incluye el uso eficiente de las materias primas, energía y recursos naturales, la eliminación de materias primas y sustancias tóxicas,

así como la reducción de los volúmenes y toxicidad de las emisiones y residuos durante un proceso.

Para los productos: Incluye la reducción de los impactos negativos a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final.

Para las prácticas: Incluye la aplicación de conocimientos científico-técnicos, el mejoramiento de las tecnologías, una rigurosa disciplina tecnológica y una adecuada educación ambiental que posibilite cambios de actitudes en los individuos ([Tabloide medio ambiente](#)).

Como parte de esta estrategia se estudian entonces, las formas de utilización de los residuos de la producción arroceras con fines energéticos.

Se toman de la bibliografía los índices de producción energética de los diferentes residuos arroceros con el objetivo de aplicarlos a las cantidades de ellos que se generan en el proceso productivo del CAI Arrocero Sur del Jíbaro.

Primeramente se realiza un análisis basado en los índices energéticos usando la biomasa residual para la producción de biogás. Estos índices se le aplican a las cantidades tanto de paja de arroz como de cascarilla que como promedio se obtuvo en el período 2004-2009. Para realizar los cálculos se empleó el programa informático “Transformaciones” del [manual de la CONAE](#). (Ver anexo 2).

Se realizó entonces una comparación de los resultados obtenidos del cálculo anterior con los consumos energéticos de la empresa en el mismo período estudiado.

Posteriormente se analizó el uso de la cascarilla de arroz usada como combustible para generar tanto electricidad como calor. Para realizar el análisis se confeccionó una tabla de cálculo de Microsoft Excel en la que se comparan los valores del consumo energético anual en el período 2004-2009, expresados en Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), con los valores calculados de energía producida debido a la combustión de la cascarilla usando para ello los datos obtenidos anteriormente y los datos del valor calórico de la misma encontrados en la bibliografía. Para la realización de los cálculos se utilizó además el programa informático “Transformaciones” del [manual de la CONAE](#). (Ver anexo 2).

En un gráfico de columnas se muestran los resultados, en forma comparativa, de la energía consumida y posible a producir si se empleara todo el poder calorífico de la cascarilla de arroz.

Como la cascarilla es un desecho totalmente industrial y ante la dificultad tecnológica de utilizarla en equipos de transporte y maquinaria agrícola, se realiza entonces un estudio comparativo de la energía eléctrica consumida por la industria arrocera en el período 2004-2009 con la energía posible a producir usando la cascarilla como combustible en un ciclo térmico.

Usando nuevamente el sistema Excel, se confecciona una tabla de cálculo en la que se comparan los consumos de electricidad en el proceso industrial con la electricidad posible a producir usando la cascarilla como combustible, atendiendo al índice de Kg/Mwh encontrado en la bibliografía. Se confecciona el correspondiente gráfico ilustrativo de los resultados de dicha comparación, con el fin de mostrar con mas claridad las diferencias existentes entre lo consumido y lo que se pudiera producir.

Se realiza otra comparación para determinar si es posible, con la quema de la cascarilla, además de abastecer la electricidad consumida, proveer el calor que se necesita en la fábrica para el secado del grano. Se utilizó además del Excel, el programa informático "Transformaciones" del [manual de la CONAE](#). (Ver anexo 2).

Conclusiones capítulo II

- A partir de las fuentes bibliográficas y la experiencia del autor, se realizó un diseño para la investigación que permite a partir del diagnóstico y la evaluación del sistema de gestión, proponer alternativas de mejoramiento de la eficiencia energética en la empresa, que incluye el uso de los residuos.
- Con los datos obtenidos en los departamentos de economía y de energía de la empresa fue posible realizar la prueba de necesidad de la empresa, para lo cual se usaron fundamentalmente los diagramas de Pareto, empleando para ello las bondades del sistema Microsoft Excel.
- Con el uso de herramientas de calidad como la matriz DAFO y el diagrama causa-efecto, se analizó la gestión energética en la empresa.
- Se buscaron y analizaron los datos referentes a la producción uso de residuos y se realizó una investigación experimental al respecto.

Capítulo III: Resultados obtenidos

3.1 Situación económico - energética del CAI Arroceros Sur del Jíbaro

3.1.1 Descripción general de la empresa

El CAI. Arroceros “Sur del Jíbaro”, esta situado en la parte sur de la provincia de Sancti-Spíritus en el municipio La Sierpe, tiene una extensión de 6250 caballerías, equivalente a 83875 hectáreas, de las cuales dedica al cultivo del arroz 27217 ha, 20130 ha a la ganadería mayor y menor y 2050 ha a los cultivos varios, el resto es superficie no agrícola entre ellas canales de riego, viales e instalaciones.

Sus producciones fundamentales son el arroz, los productos de la ganadería y las producciones de cultivos varios.

El CAI Arroceros esta conformado por 17 Unidades Empresariales de Base (UEB) que aplican el Perfeccionamiento Empresarial desde el año 2002. De estas unidades, 6 se dedican al beneficio industrial del arroz, 2 a la producción ganadera y el resto de apoyo a la producción. Aunque hay que decir que la ganadería y los cultivos varios se han extendido a la mayoría de las unidades de la empresa.

Su base productiva está estructurada en 5 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) productoras de arroz, ganadería y cultivos varios; así como 8 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) fortalecidas.

La empresa cuenta con una plantilla de 3293 trabajadores, de ellos 1286 pertenecen a las UBPC, 1946 al sector estatal y 61 a las (CCS).

La extensión de tierra dedicada al cultivo de arroz está ubicada hacia el sur de la provincia de Sancti Spíritus y específicamente al sur del poblado de El Jíbaro.

Los principales macizos arroceros están ubicados en tres regiones fundamentales, una está ubicada en el sureste de los poblados de Mapo y Natividad, otra que se extiende desde el poblado de Peralejo hasta El Jíbaro por la parte sur de los mismos, llegando aproximadamente hasta el litoral costero y un tercero ubicado en el suroeste del poblado de Las Nuevas.

En cuanto a las unidades industriales la mas céntrica dentro del CAI es la UEB Los Españoles que se encuentra ubicada a 4 Km al suroeste de El Jíbaro, la cual cuenta con tres plantas de secado de tecnología discontinua con una capacidad total de 368 ton diarias de arroz húmedo.

Alrededor de 15 Km hacia el sur, o sea del otro lado del macizo que se encuentra entre El Jíbaro y Peralejo, y a solo 4 Km hacia el oeste de ese último poblado, se encuentra enclavada la unidad industrial UEB Tamarindo el cual cuenta con dos plantas de secado, una de tecnología por pases o discontinua con capacidad de 128 ton diarias de arroz húmedo y otra planta de tecnología continua, o sea de un solo pase, con una capacidad de 257 ton diarias de arroz húmedo. También cuenta con un molino de arroz capaz de procesar 240 ton diarias de arroz cáscara seco.

Por otra parte hacia el norte de Las Nuevas a aproximadamente 9 Km se encuentra ubicado otro gran combinado industrial arrocero, la UEB Las Nuevas, la cual cuenta con dos plantas de secado, una de tecnología por pases discontinuos con una capacidad de 257 ton diarias de arroz húmedo. La otra planta de secado con que cuenta la unidad es del tipo de secado continuo con una capacidad de 128 ton diarias de arroz húmedo.

Esta unidad posee además una gran base de almacenes con capacidad total de 18000 toneladas y cuenta con un molino de arroz capaz de procesar 240 ton diarias de arroz cáscara seco.

El resto de las unidades industriales se encuentran ubicadas en la capital provincial, una de ellas la UEB Ángel Montejó cuenta con una planta de precocido y un molino con capacidad de 30 ton diarias de arroz cáscara seco. La otra unidad solamente cuenta con un molino arrocero de 80 ton diarias de capacidad. (Ver anexo 1)

La producción fundamental del CAI Sur del Jíbaro es el arroz. El arroz (*Oryza sativa*), pertenece a la familia gramíneas y es originario del sudeste de Asia. Es una planta que alcanza una altura de 60-120 cm. El tallo es hueco, redondo, erguido, glabro, con nudos y entrenudos alternos., del tallo principal nace el tallo secundario (macollo primario) y de este el tallo terciario (macollo secundario). El macollamiento depende del cultivar, manejo, clima, entre otros factores y finaliza en la floración. Las raíces son delgadas, fibrosas, fasciculadas. Las hojas son lanceoladas y nacen en forma alterna en cada nudo, cada hoja cubre una yema axilar que puede desarrollar un macollo a partir de los 20 días después de la siembra. Las hojas presentan dos partes: la vaina foliar que envuelve al tallo y el limbo o lámina. En la unión de la vaina y el limbo se encuentra la lígula que es de forma triangular y de estructura

membranosa. En la base del limbo, se encuentran las aurículas que son pequeñas, arqueadas, coloreadas e incoloras. La presencia de la lígula y las aurículas permiten diferenciar las plantas de arroz de las especies de *Echinochloa* . spp. maleza conocida como "moco de pavo" ([Artículo anónimo de INTERNET](#)).

El procesamiento de este producto, lleva implícito un gran consumo de portadores energéticos tanto en las unidades agrícolas como en las instalaciones industriales, en las primeras de diesel y en las otras de diesel y electricidad. También se consumen otros en menor cuantía como se verá mas adelante.

3.1.2 Análisis comparativo de los gastos de la empresa. Impacto de los portadores energéticos

A continuación se muestran los resultados obtenidos del estudio comparativo de las partidas de gastos, donde se aprecia lo que significan los portadores energéticos dentro de los gastos totales de la empresa. Se tomaron los gastos de 5 años, desde el 2004 hasta el 2008.

Tabla 3.1: Partidas de gastos de la empresa consolidado de 2004 a 2008. Fuente: Elaboración Propia.

Descripción de los gastos	Total 5 años (2004 a 2008)		
	Total 5 años	%	% acum.
Materias primas y materiales	187728441,1	66,81	66,809
Salario	51700213,46	18,4	85,2081
Otros Gastos monetarios	20710993,53	7,371	92,5787
Otros Gastos fuerza de trabajo	10000611,42	3,559	96,1378
Amortizaciones	5628120,13	2,003	98,1407
Portadores energéticos	5224514,34	1,859	100
TOTAL	280992894	100	

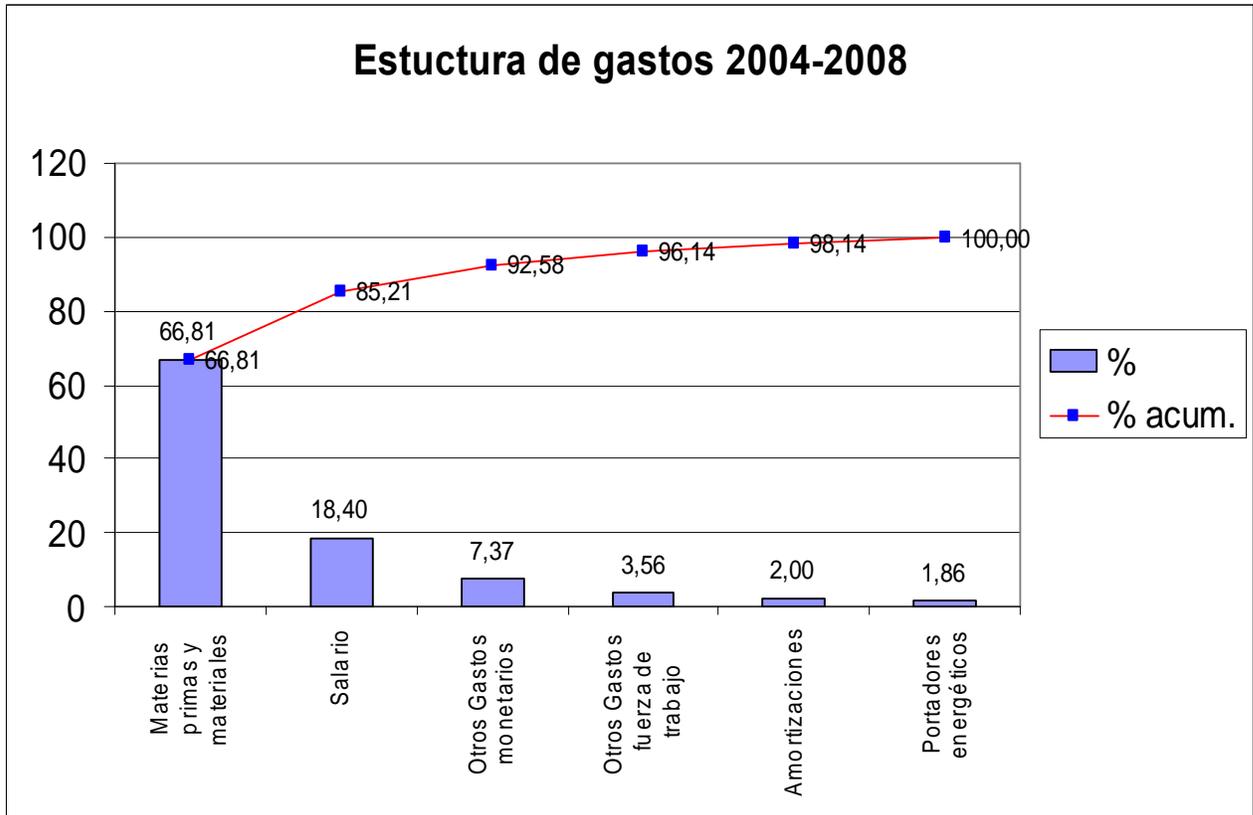


Figura 3.1: Gráfico de la estructura de gastos de la empresa, años 2004 a 2008.

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar, en el gráfico anterior, que los mayores gastos de la empresa radican en las materias primas y materiales, seguido, aunque muy distante, por los gastos salariales y otros gastos monetarios. Aún mas distantes del primero se encuentran el resto de los gastos, entre ellos los asociados a los portadores energéticos que están en el orden de 1.86 % en los años analizados. Si bien, desde el punto de vista comparativo, es un valor pequeño dentro de los gastos totales de la empresa, hay que tener en cuenta que se trata de \$5224514,34 en los últimos 5 años. Por otra parte, dentro de la provincia, esta empresa está considerada una de las mayores consumidoras de portadores energéticos. Hay que tener en cuenta además, que los portadores energéticos para las empresas nacionales, son subsidiados ya que al país le cuesta más su importación y/o producción que lo que le cuesta a las empresas. Por ejemplo a los precios actuales del diesel en el mercado internacional al país le cuesta a 634.85 USD/t ([Información económica del BCC 18/03/10](#)) y a la empresa le cuesta 822.18 CUP/t, valor que aunque numéricamente

es superior, se conoce que la moneda CUP carece de valor adquisitivo internacional. Otro tanto ocurre con la electricidad la cual cuesta su producción y transmisión hasta los consumidores en la empresa alrededor de 0.11039 USD/Kwh y a la empresa le cuesta, como promedio 0.26 CUP/ Kwh, que si bien es numéricamente superior, uno es en USD y el otro en CUP.

Otro aspecto de interés resulta el impacto ambiental que provocan los consumos energéticos de la empresa toda vez que se derivan del uso de combustibles fósiles y la consiguiente emanación de CO₂ a la atmósfera, los que contribuyen al efecto invernadero y por tanto al calentamiento global.

3.1.3 Los portadores energéticos en la estructura productiva de la empresa

Aunque la Empresa Arrocería Sur del Jíbaro por su nombre parece una empresa solo productora de arroz, lo cierto es que en la misma se produce una variada gama de productos agropecuarios. Entiéndase además del arroz; las viandas, hortalizas y granos agrupados como producciones de cultivos varios; la carne y leche vacunas, la carne porcina, avícola y ovino - caprina agrupada como producción ganadera. Por tanto se puede notar que existen tres esquemas productivos; arroz, cultivos varios y ganadería.

En la siguiente tabla y gráfico se muestra el consumo energético asociado a cada uno de ellos.

Tabla 3.2: Consumos energéticos por esquemas productivos en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

TOTAL PORTADORES ENERGETICOS

Consolidado años 2004 al 2008

ACTIVIDAD	INDICADORES	U/M	ACUMULADO	TCC	COEFIC	%
ARROZ	Electricidad	Mwh	13137,02	4600,32306	0,35018	23,34
	Diesel	Tm	13518,99	14240,9058	1,0534	72,24
	Gasolina	Tm	317,00	429,245455	1,3541	2,18
	Lubricantes	Tm	442,02	442,02485	1	2,24
SUBTOTAL ARROZ				19712,4991		100,00
GANADERIA	Electricidad	Mwh	681,74	238,730663	0,35018	19,58
	Diesel	Tm	909,15	957,6992	1,0534	78,55
	Gasolina	Tm	5,72	7,7481602	1,3541	0,64
	Lubricantes	Tm	15,04	15,042	1	1,23
SUBTOTAL GANADERIA				1219,22		100,00
CULTIVOS VARIOS	Electricidad	Mwh	151,67	53,1114504	0,35018	6,92
	Diesel	Tm	669,24	704,978443	1,0534	91,79
	Gasolina	Mwh	0,63	0,8571453	1,3541	0,11
	Lubricantes	Tm	9,10	9,0972	1	1,18
SUBTOTAL CULTIVOS VARIOS				768,044239		100,00
PORTADORES	Electricidad	Mwh	13970,4	4892,16518	0,35018	22,54
	Diesel	Tm	15097,4	15903,5834	1,0534	73,29
	Gasolina	Tm	323,4	437,850761	1,3541	2,02
	Lubricantes	Tm	466,2	466,16405	1	2,15
	Otros		0,0	0		0,00
TOTAL PORTADORES CAI			TCC	21699,7634		100,00

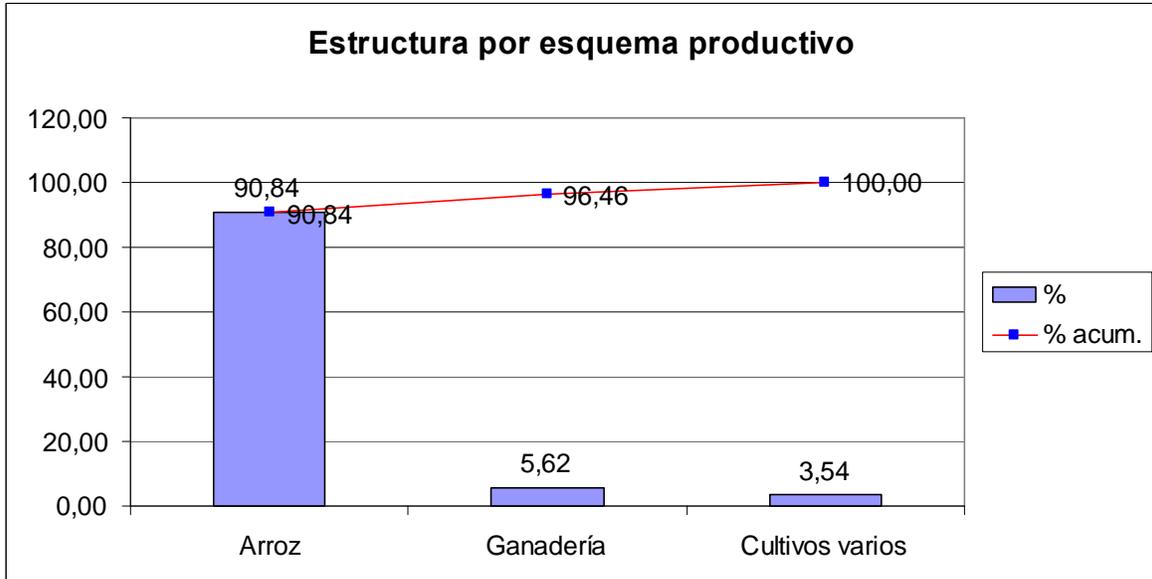


Figura 3.2: Gráfico de la estructura de consumo por esquema productivo en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar un análisis de la tabla y el gráfico anteriores, se puede apreciar, con solo pasar la vista, que el esquema de producción de arroz es, con un gran margen, el mayor consumidor de portadores energéticos de la empresa. En el quinquenio analizado el consumo respecto al total se encuentra en un 90.84 %.

Por tal razón, atendiendo a los postulados de Pareto, como la producción arrocería representa mas del 80 % de los consumos, en lo adelante, se centrará la atención solamente en el estudio de la misma.

Primeramente se analizará la estructura de consumo general de la empresa con el objetivo de compararla, mas adelante con la estructura del esquema arroz.

Tabla 3.3: Estructura de consumo de los portadores energéticos de la empresa en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Portador	UM	Consumido	Coefficiente	TCC	%	% acum.
Diesel	Ton	15097,4	1,0534	15903,60	73,29	73,29
Electricidad	Mwh	13970,4	0,35018	4892,15	22,54	95,83
Lubricantes	Ton	466,2	1	466,20	2,15	97,98
Gasolina	Ton	323,4	1,3541	437,92	2,02	100,00
Total	TCC			21699,87		

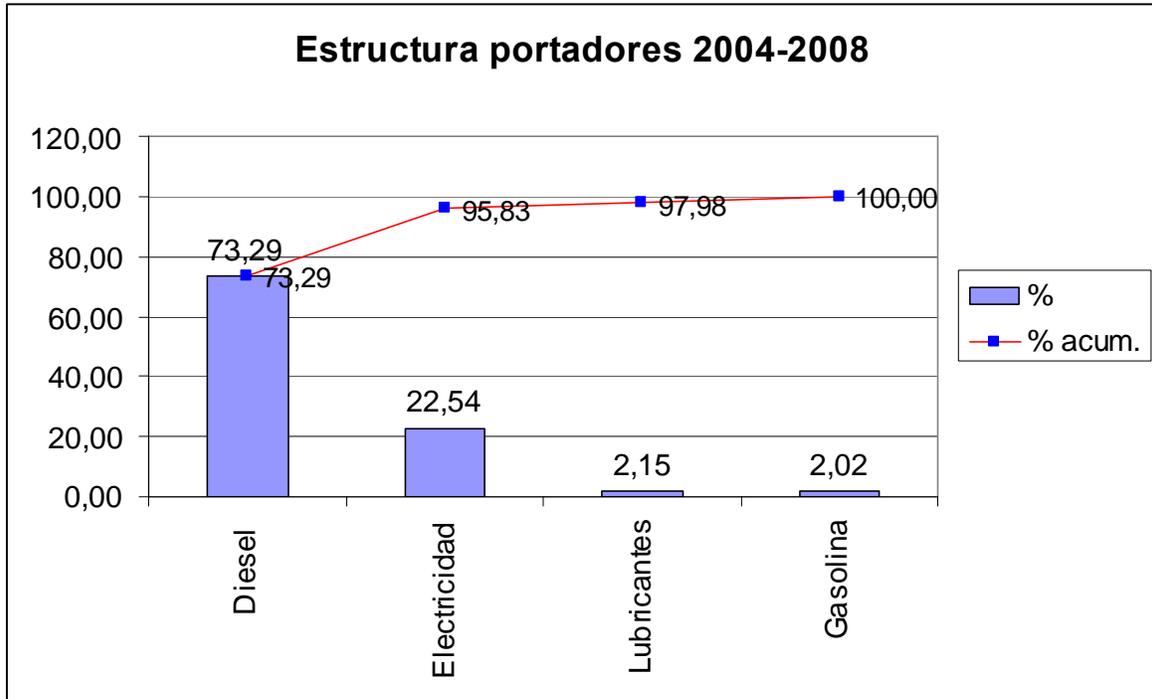


Figura 3.3: Gráfico de la estructura de consumo de los portadores energéticos de la empresa en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4 Esquema energético productivo de la rama arrocera de la empresa.

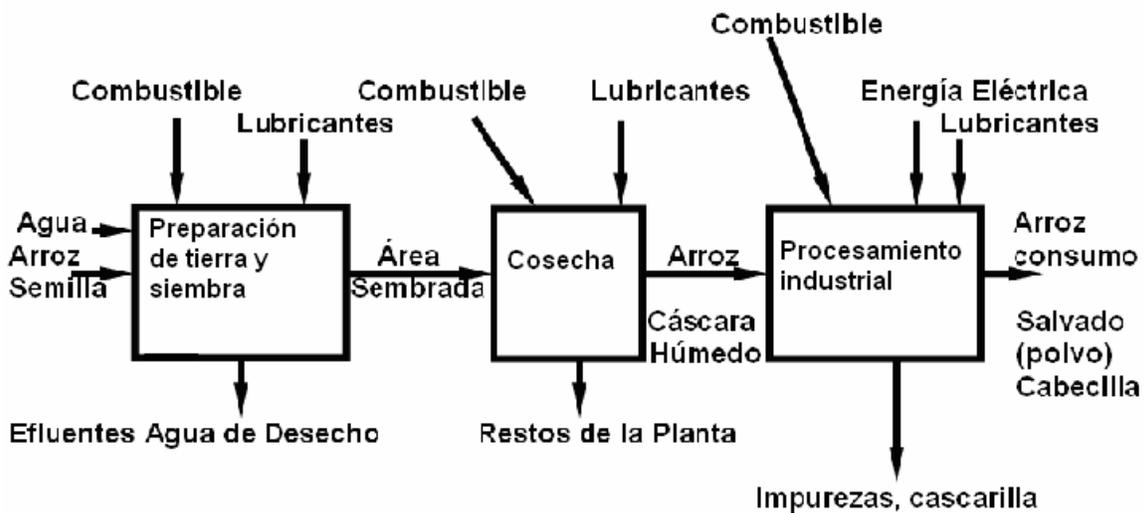


Figura 3.4: Esquema energético productivo de la empresa. Fuente: Elaboración Propia.

En el diagrama anterior se representa el flujo energético productivo del esquema arrocero de la empresa, en el cual se aprecian los consumos energéticos fundamentales. Como se puede apreciar, en todas las etapas de este renglón productivo existe consumo de combustibles y lubricantes a lo que hay que agregar que son altos consumos como se verá en las tablas y gráficos mas adelante. En el caso de la energía eléctrica, su consumo es mas significativo en la etapa de procesamiento industrial aunque hay que agregar que en las demás etapas existe un consumo indirecto de este portador usado en talleres, oficinas y otros de apoyo a la producción. Existen además otras actividades de apoyo a la producción arrocera que inciden indirectamente en ella y que implican un gran consumo de portadores, tanto de combustibles y lubricantes como de electricidad, entre ellas se encuentran el mantenimiento a los sistemas de riego, mantenimiento a los viales, atención al hombre (producción de hielo, villa vacacional) y otras de menor cuantía como es la actividad administrativa.

3.1.5 Los consumos energéticos de la producción de arroz

En la tabla y gráfico siguientes se muestra la estructura de consumo de los portadores energéticos que intervienen en la producción arrocera propiamente dicha. Los datos son una consolidación de los consumos del período 2004 al 2008.

Tabla 3.4: Estructura de consumo de la producción arrocera solamente, en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Portador	UM	Cantidad	TCC	%	% acum.
Diesel	Ton	13518,99	14240,90	72,24	72,24
Electricidad	Mwh	13137,02	4600,32	23,34	95,58
Lubricantes	Ton	442,02	442,02	2,24	97,82
Gasolina	Ton	317	429,25	2,18	100,00
Total	TCC		19712,50		

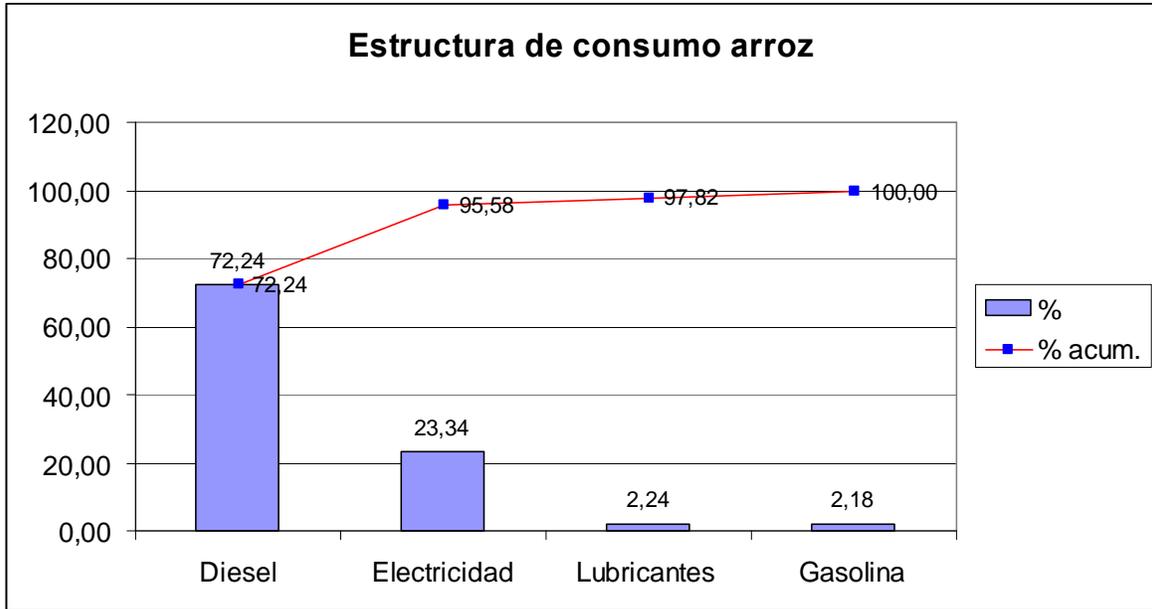


Figura 3.5: Gráfico de la estructura de consumo de la producción arrocera solamente en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar los portadores mayoritarios que intervienen en la producción arrocera son el diesel y la electricidad ya que representan entre ambos más de un 95 % del total de los portadores en el período analizado. Por este motivo, en lo adelante, el estudio se centrará en los consumos de diesel y electricidad, debido a que al centrar los esfuerzos en el ahorro de estos se estaría actuando sobre más del 95 % del consumo de energía.

3.1.6 El diesel y la electricidad

Véase entonces, dentro de la producción de arroz, donde específicamente están los consumos de diesel y electricidad.

Los índices fundamentales de la producción de la empresa desde el punto de vista **eléctrico** radican en el de molinado de arroz, tanto de blanco como de precocido, que se expresa en Kw-h/t de arroz producida y el índice de secado de arroz, que se expresa en Kw-h/t de arroz seco. El valor aproximado de estos es:

- Molinado de arroz blanco: 30 Kw-h/t.
- Molinado de precocido: 38 Kw-h/t.
- Secado de arroz: 21 Kw-h/t.

Los índices fundamentales de la producción de la empresa desde el punto de vista del consumo de **diesel** están en:

- Preparación de tierra: de 52 a 90 l/ha. (en dependencia de la tecnología de siembra utilizada)
- Cosecha: de 9.34 a 13 l/t. (en dependencia de los rendimientos agrícolas)
- Secado: de 12 a 14 l/t. (en dependencia del grado de impurezas y la humedad de arribo del grano)

Los consumos energéticos tanto de diesel como de electricidad se pueden dividir además en dos grandes grupos: los que se usan en la actividad industrial y los que se usan en las actividades agrícolas o de apoyo a la producción agrícola. En la actividad industrial los consumos energéticos se utilizan concentradamente en estas instalaciones, mientras que en la actividad agrícola, en el caso del diesel, se consume diseminado en la maquinaria y la electricidad está diseminada por los talleres, oficinas, regadíos, entre otros. A continuación se muestran las estructuras de consumo de cada portador en ambas actividades en cada uno de los años.

Tabla 3.5: Estructura de consumo de la electricidad del esquema arrocero de la empresa en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Concepto	UM	2004		2005		2006		2007		2008	
		Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
EE secado	MWH	445,99	15,95	381,54	22,88	916,89	26,82	894,12	30,1	964,16	42,2
EE molinado	MWH	513,17	18,35	508,91	30,52	1137,18	33,26	1239,19	41,7	771,11	33,75
EE otras activ.	MWH	1836,74	65,69	776,85	46,59	1365,03	39,92	836,79	28,2	549,354	24,05
EE total	MWH	2795,9	100	1667,3	100	3419,1	100	2970,1	100	2284,624	100

Tabla 3.6: Estructura de consumo del diesel del esquema arrocero de la empresa en el período 2004-2008. Fuente: Elaboración Propia.

Concepto	UM	2004		2005		2006		2007		2008	
		Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Diesel act agrícolas	t	2374,5	89,26	2031,557	88,31	2649,06	90,1	2157,05	85,4	2513,07	81,28
Diesel secado	t	285,6	10,74	269,043	11,69	290,99	9,897	369,45	14,6	578,67	18,72
Diesel total	t	2660,1	100	2300,6	100	2940,05	100	2526,5	100	3091,74	100

Como se puede observar en el caso del diesel su uso mayoritario es en la actividad agrícola en la cual representa mas de un 80 %, al igual que la electricidad, que

depreciando los datos del año 2004 que no parecen fidedignos, la utilizada en la actividad industrial representa mas del 50 % de toda la utilizada en la empresa. Cuando se refiere actividad industrial, se trata de dos actividades fundamentales, el secado y el posterior molinado del producto.

Se realizará, a continuación, un análisis de la correlación que existe entre la producción y el consumo de los portadores mayoritarios del esquema productivo arrocero como se verá en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 3.7: Producción de arroz y consumo de diesel y electricidad por años. (2004 a 2009) Fuente: Elaboración Propia.

Años	Producción (t)	Consumos arroz	
		Diesel (t)	Electricidad (Mwh)
2004	21220	2795,9	2660,1
2005	9810	2300,6	1667,3
2006	31348,5	2940,05	3419,1
2007	29554,7	2526,5	2970,1
2008	18788	1765,05	2281,49
2009	29568,4	2688,69	1750,44
Total	140289,6	15016,79	14748,53

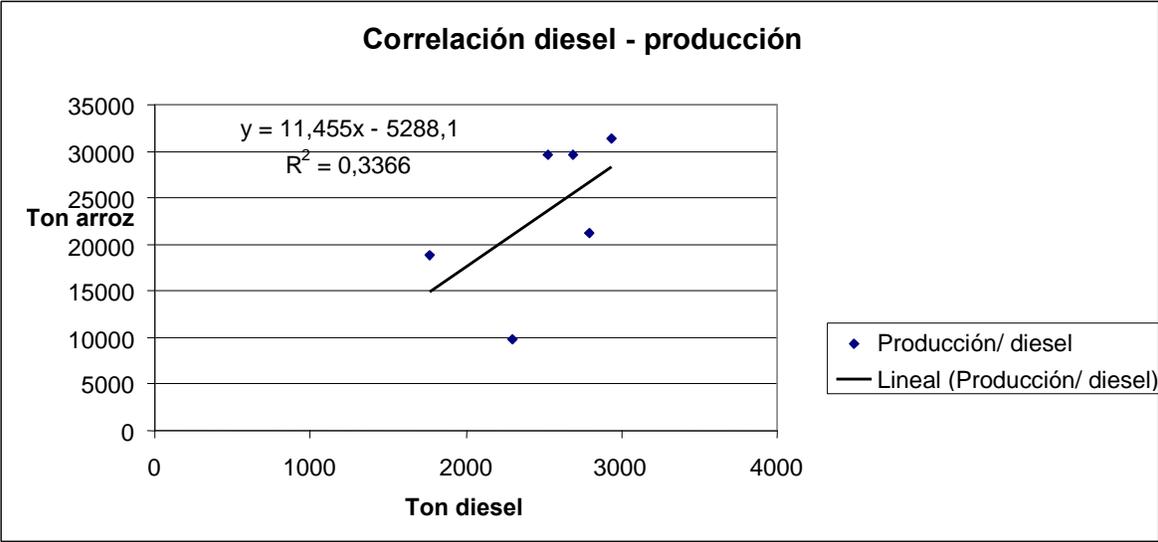


Figura 3.6: Gráfico de correlación entre el diesel consumido y el arroz producido. (Años 2004 a 2009) Fuente: Elaboración Propia.

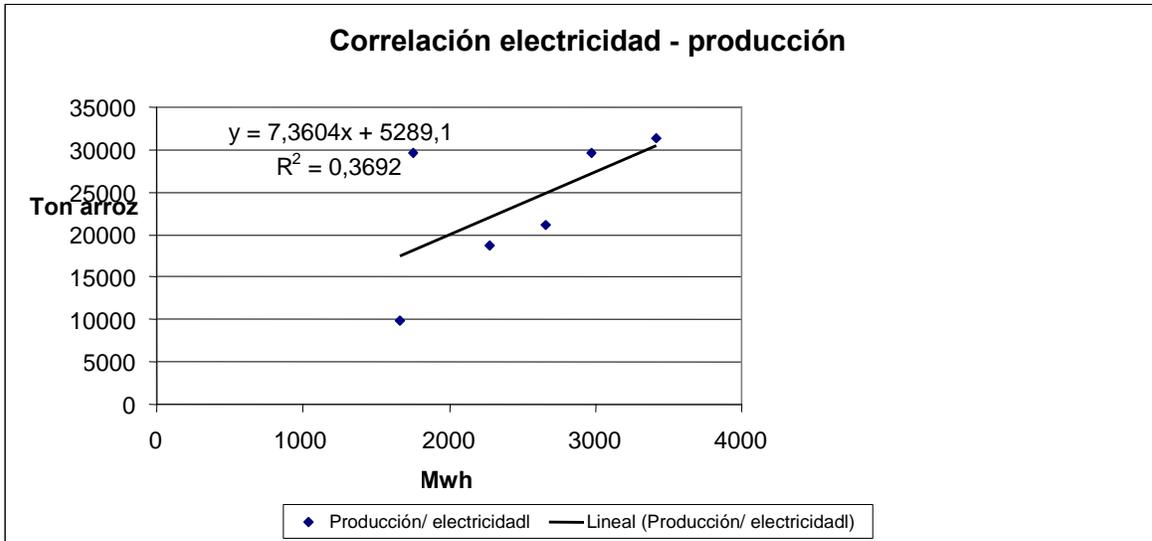


Figura 3.7: Gráfico de correlación entre la electricidad consumida y el arroz producido. (Años 2004 a 2009) Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla y gráficos anteriores se puede apreciar que existe una baja correlación entre los consumos de ambos portadores y la producción de arroz, pues los dos gráficos muestran una $R^2 < 0.4$. Tal resultado demuestra que para hacer cualquier análisis hay que recurrir a los consumos específicos en cada una de las actividades, tanto agrícolas como industriales.

En lo que a preparación de tierra se refiere, se pueden utilizar varias tecnologías en dependencia de las condiciones del terreno, del nivel de combustible de que se dispone y de la premura con se necesite realizar la actividad.

1. Tecnología de fangueo directo.
2. Tecnología de herbicida – fangueo.
3. Tecnología seco – fangueo.

Se utiliza el fangueo directo cuando se trata de un terreno donde se ha terminado de cosechar recientemente y el suelo aún tiene algo de humedad, está libre de malas hierbas lo que hace que se pueda anegar con poca agua, facilitando así la acción de las ruedas fanguadoras, y ganando tiempo en el alistamiento del campo en cuestión. El herbicida – fangueo se utiliza en campos que están totalmente secos y enyerbados pero que por disponer de escasos recursos energéticos y poco tiempo es necesario obviar la roturación en seco. Por último, la tecnología de seco – fangueo, la de mejores resultados productivos, se utiliza en campos secos y

enyerbados o que llevan tiempo sin roturarse y se dispone de recursos y tiempo suficientes para llevar a cabo la roturación en seco, mas beneficiosa para el terreno y para los resultados productivos.

Además de los índices de consumo globales de preparación de tierra y cosecha, en los modelos de demanda mensual, se registran datos de producción y consumo más específicos de cada una de estas actividades según la tecnología utilizada. Estos índices son:

- Rotura: 0.016 t/ha.
- Primera grada: 0.017 t/ha.
- Segunda grada: 0.017 t/ha.
- Cruce: 0.018 ton/ha.
- Primer fanguero: 0.013 t/ha.
- Segundo fanguero: 0.012 t/ha.
- Levante de diques: 0.004 t/ha.
- Entronque: 0.004 t/ha.
- Cadena: 0.016 t/ha.
- Tablón: 0.012 t/ha.
- Lenteja: 0.002 t/ha.

A continuación se muestra un ejemplar de modelo de la demanda para las labores de preparación de tierra.

Tabla 3.8: Ejemplo de modelo 6003 de demanda mensual de combustible. Fuente: Departamento energético CAI.

Labor	Índice de Cons.	Hectáreas	Cons. de Comb.
Rotura	0,016	2792,23	45,67
Primera Grada	0,017	332,79	5,54
Segunda Grada			
Tercera Grada			
Cruce	0,018	2648,31	46,834
Primer Fangueo	0,013	2120,29	27,343
Segundo Fangueo	0,012	6,71	0,08
Tercer Fangueo			
Levante de Dique	0,004	1099,96	4,172
Entronque	0,004	2126,57	8,7
Cadena	0,016	123	2
Tablón	0,012	736,76	9,2
Lenteja	0,002	1097,45	2,555
Total	0,0114	13084.07	152,1

En la cosecha solo se maneja un índice que consiste en cantidad de combustible por cantidad de producto depositado en la industria sin tener en cuenta las actividades por separado como son el corte de arroz y el posterior traslado.

El transporte, como gran consumidor de combustible, también es controlado en sus diferentes actividades. En el CAI Arrocero existe una variada gama de productos a transportar entre los cuales se destacan:

- El ganado.
- Producciones para el turismo.
- Productos químicos y fertilizantes.
- Piezas y accesorios.
- Combustible.
- Arroz seco.
- Traslado de personal.

En la mayoría de los casos se usa el índice de MtonKm/ Ton de combustible consumido.

3.2 Gestión energética en la empresa

La Gestión Energética o Administración de Energía, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas (Aníbal Borroto y otros 2002). O sea que la misma, a juicio de este autor, debe estar encaminada a proveerle a la administración las herramientas de control para que la empresa pueda llevar a cabo su proceso productivo haciendo un uso más racional de los portadores energéticos y con ello mejorar la eficiencia económica y la competitividad de sus producciones en el mercado.

El tema de la eficiencia energética se ha abordado en las empresas de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de extravío, y posteriormente definir medidas de ahorro y de seguridad. Estos métodos, obvian parte de las causas que provocan baja eficiencia energética en las empresas, generalmente tienen baja efectividad por realizarse muchas veces sin la integralidad y los procedimientos requeridos, por no contar la empresa con la cultura ni las capacidades técnico administrativas necesarias para realizar el seguimiento y control requerido y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas.

3.2.1 Esquema organizativo de la empresa

El CAI Arroceros Sur del Jíbaro es una empresa de subordinación nacional, se supedita directamente al Grupo Agroindustrial Arroceros (GAIA) y este a su vez al Ministerio de La Agricultura, la empresa aplica el perfeccionamiento empresarial desde el año 2001 y según las bases del mismo está constituida su estructura organizativa y de dirección. A partir de entonces la entidad se organiza quedando conformada por diecisiete Unidades Empresariales de Base, dos de las cuales se dedican a la actividad ganadera, seis al beneficio del arroz y el resto funcionan como unidades de apoyo, aseguramientos y comercialización.

En el siguiente organigrama se puede apreciar la estructura de dirección de la empresa la que está compuesta por un director general al cual se subordinan los

demás directores de los diferentes departamentos así como los 17 directores de las Unidades Empresariales de Base (UEB). Al director general se le subordinan además un grupo de especialistas independientes que no llegan a tener rango de director. En orden jerárquico después del director general se encuentran:

- Director adjunto.
- Director técnico y de desarrollo.
- Director contable financiero.
- Director de recursos humanos.
- Director técnico y de desarrollo industrial.

Los especialistas y/o departamentos subordinados al director son:

- Asesor jurídico.
- Auditoría.

La empresa además rectorea directamente el funcionamiento en las 5 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) aunque estas no formen parte de la empresa estatal ya que son la esencia fundamental de la existencia de la empresa. Pues las UBPC son las productoras agrícolas del arroz, los cultivos varios y la ganadería. Se controla también, desde la empresa estatal, el funcionamiento de las cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) ubicadas en el territorio.

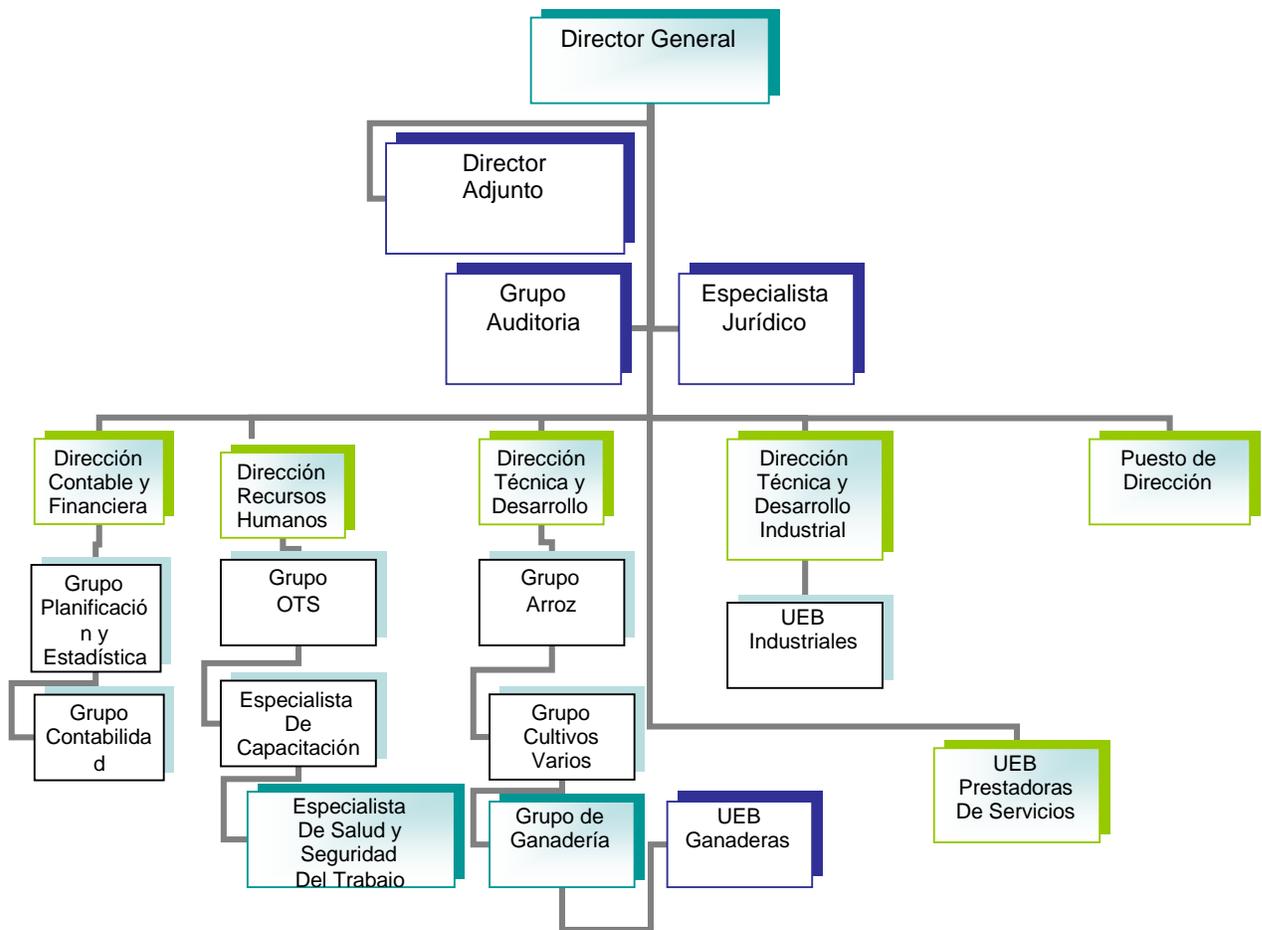


Figura 3.9: Organigrama de dirección de la empresa. Fuente: Dirección de recursos humanos CAI.

El especialista energético y el de inversiones si bien una vez fueron subordinados directos del director, debido a un redimensionamiento empresarial, pasaron a formar parte de dos de las UEB. El especialista energético se desempeña en la UEB Aseguramiento por ser esta unidad la encargada de las gestiones de adquisición de los combustibles y lubricantes.

El personal encargado de la gestión energética está disperso por todo el CAI, pues en cada UEB y UBPC existe un responsable de la actividad, encargado de controlar el uso correcto de los portadores energéticos, velar por el cumplimiento de las orientaciones emitidas al respecto, recopilar los datos primarios de las normas de

consumo para realizar los análisis pertinentes en el consejo de dirección de la unidad, del cual es miembro, así como

A la gestión energética en el CAI Arrocero se le presta gran atención, pero solo se limita a las exigencias de los organismos superiores pues se llevan los controles y los registros de consumos establecidos por los mismos para dar cumplimiento a cada una de las orientaciones emitidas. Los datos e informaciones relacionadas con los portadores energéticos fluyen desde la base hacia las instancias superiores de la empresa como parte del flujo de información que después continúa hacia los niveles superiores, entre ellos figuran los partes diarios de consumo, la información estadística mensual y el cierre mensual de energía que solicita el grupo nacional. Hay que aclarar que en la base productiva si se recopilan diariamente los datos para elaborar, al final del mes, la información solicitada y tienen bien elaborada la documentación que responde a las exigencias de los programas de chequeo y auditoria a todas las instancias.

Análisis diagnóstico de la gestión energética del CAI Arrocero mediante matriz DAFO.

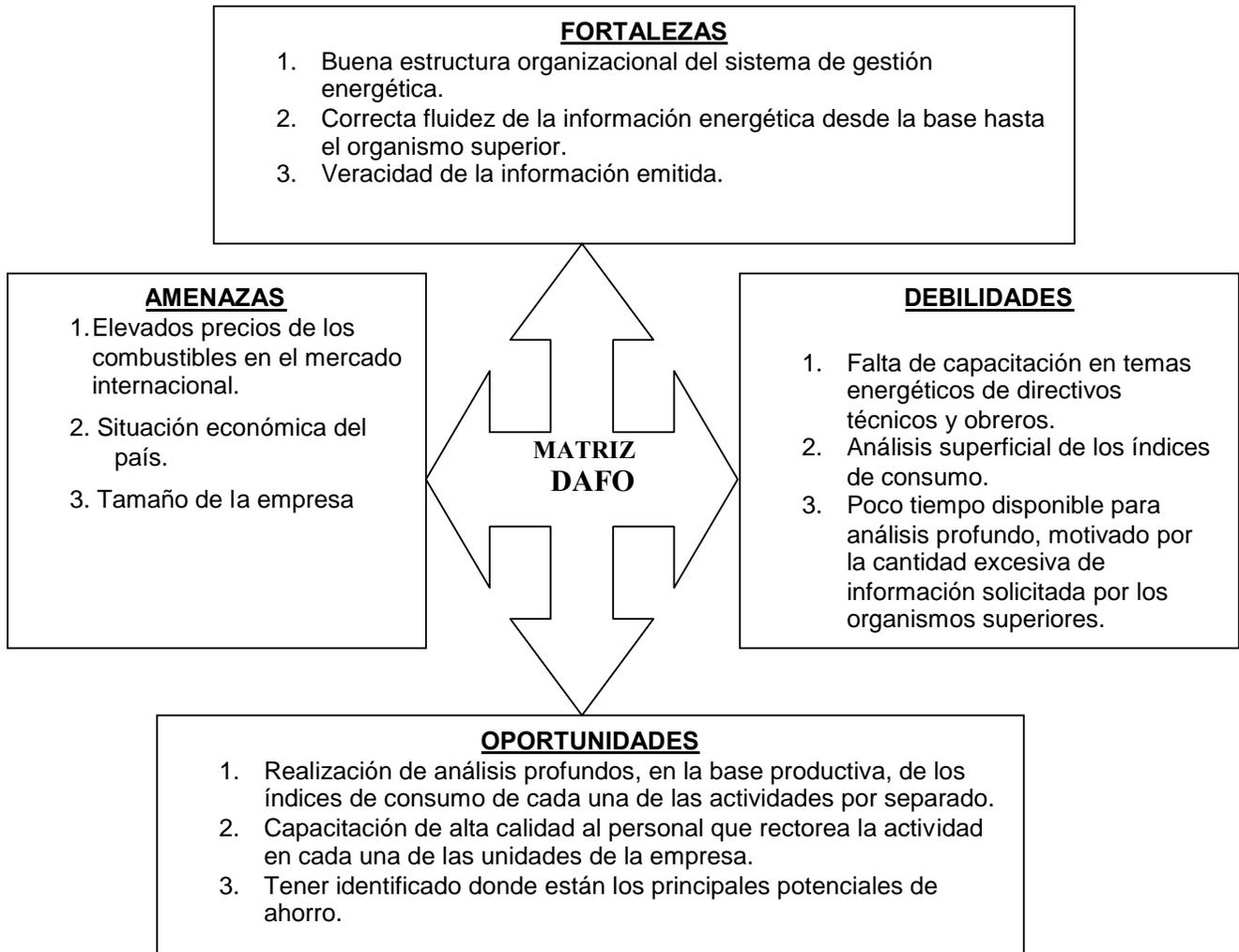


Tabla 3.9: Matriz DAFO para el diagnóstico de la gestión energética. Fuente: Elaboración Propia.

	Oportunidades				Amenazas			
Fortalezas		1	2	3		1	2	3
	1	3	1	2		1	2	3
	2	1	1	1		1	2	2
	3	2	1	2		1	1	2
Total	14				15			
Debilidades	1	3	3	2		1	2	2
	2	3	1	1		1	2	1
	3	3	1	3		1	1	3
	20				14			

Problema estratégico general

La falta de capacitación en temas energéticos de directivos, técnicos y obreros, la realización de análisis superficiales de los índices de consumo, unido a la escasa disponibilidad de tiempo que tienen los especialistas encargados de los controles energéticos, debido a la cantidad excesiva de información solicitada, limita la realización de análisis profundos de los índices de consumo de cada una de las actividades en la base productiva, objetivo que además se pudiera lograr con una capacitación de alta calidad al personal que controla la actividad energética en cada una de las unidades de la empresa, haciendo además que se puedan tener bien identificados los principales potenciales de ahorro.

Solución estratégica general

Para disminuir los efectos que provocan los elevados precios del combustible en el mercado internacional, para paliar la situación económica del país y para contrarrestar los efectos negativos que sobre los controles energéticos pudiera causar el gran tamaño de la empresa, es necesario, aprovechar al máximo la buena estructura organizacional del sistema de gestión energética de la empresa, emplear adecuadamente la correcta fluidez de la información desde la base y lograr la realización de análisis profundos de los índices y de toda la información que goza de gran exactitud y veracidad, logrando además con una buena capacitación del personal, tener identificados los potenciales de ahorro en cada unidad de la empresa para poder actuar sobre ellos mas directamente.

Acciones para responder a la solución estratégica general

1. En cada unidad de base se deben hacer análisis, debates, intercambios sobre los consumos de portadores energéticos, su relación con los niveles de producción y proponer medidas de carácter específico con cada índice en particular.
2. Lograr una correcta capacitación de todo el personal y sobretodo aquellos que tienen que ver directamente con el uso eficiente de los portadores energéticos para lograr que se tomen medidas que mejoren la eficiencia energética, allí, en la base productiva que es donde se consume la energía.

3. Que en cada unidad de base se realice la prueba de necesidad para la implementación de la TGTEE, identificando así los principales potenciales de ahorro y saber hacia donde dirigir los mayores esfuerzos.

A continuación se presenta un diagrama causa efecto con los principales elementos que afectan el desarrollo de una buena gestión energética.

En el se aprecia que el procesamiento frío de la información, registrando, en no pocos casos, solo los datos que se solicitan desde niveles superiores, además de la falta de mecanismos que motiven el ahorro así como la falta de capacitación en el tema debido a que ningún encargado de la energía en la base es de nivel superior y en algunos lugares ha sido fluctuante esa fuerza de trabajo unido a la limitación de tiempo de trabajo para realizar estudios profundos de las desviaciones presentadas en los índices de consumo, debido al gran cúmulo de informes solicitados; ha traído como resultado una deficiente gestión energética en la empresa.

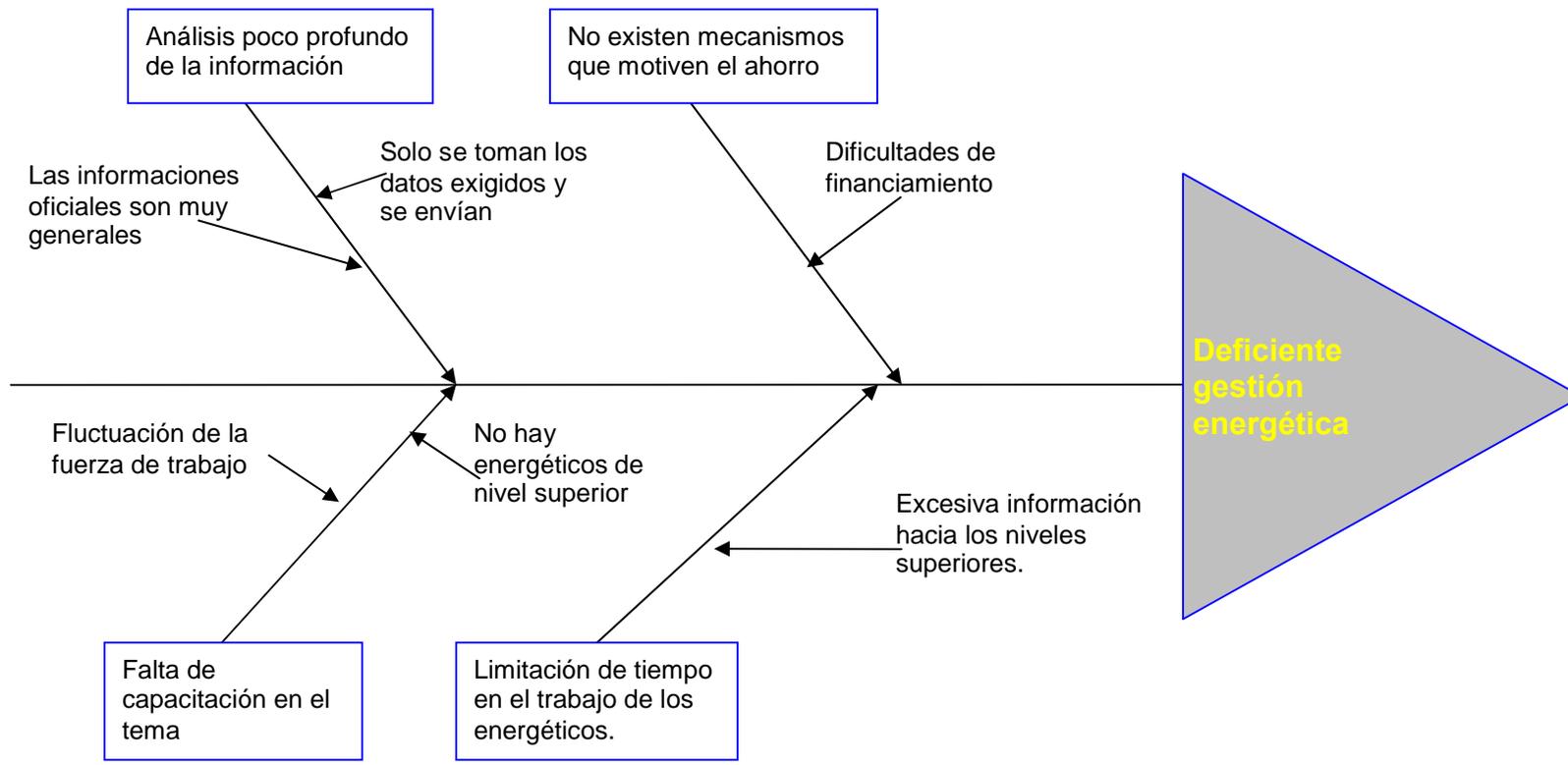


Figura 3.10: Diagrama causa-efecto. Fuente: Elaboración Propia.

Existen, entonces, varios elementos que caracterizan la gestión energética en la empresa, como son:

- Existe un Energético en cada unidad de base o una persona encargada de la actividad energética.
- Se lleva el registro diario de los consumos de diesel, gasolina, lubricantes y de electricidad en cada uno de los centros.
- Se observan bajos niveles de análisis de índices de consumo, existiendo sólo preocupación por la cantidad de combustible asignado.
- Aunque existen actualmente mecanismos para motivar el ahorro de portadores, estos aún son insuficientes para lograr los resultados esperados en materia de política de ahorro y eficiencia energética.
- Aunque están relacionados los llamados puestos claves y los trabajadores que más inciden en los consumos energéticos, no hay atenciones diferenciadas con ellos que estimulen el ahorro, ni están identificados los potenciales reales de ahorro. Es un hecho meramente formal.
- Falta de capacitación en el tema, de directivos, técnicos y obreros.
- Aunque existe una estructura para el control de los portadores (un energético en cada entidad del CAI), se dedica más tiempo a la gestión de adquisición de los combustibles que a los análisis profundos de los índices de consumo y las posibilidades de ahorro.
- El sistema de información estadística energética (oficial) es muy global por lo que se hace poco efectivo para los análisis.

En entrevista con el personal que atiende la actividad energética en las unidades de base se pudo conocer que les falta capacitación en el tema, pues a la preguntas el costo real del Kwh de electricidad en su entidad, el comportamiento del factor de potencia, la pérdida de transformación, no hay respuesta; en muchos casos, tampoco se conocen los métodos para atenuar los efectos que causan los mismos sobre la facturación eléctrica.

Propuesta de mejoras al sistema de gestión energética

- ✚ Realización de un plan de capacitación continua para todo el personal que labora en cuestiones relacionadas con el control de los portadores energéticos.
- ✚ Impartir una capacitación de alto nivel a todo el personal de dirección tanto de la empresa como de las unidades con el objetivo de lograr análisis mas profundos de la eficiencia energética en los consejos y consejos de dirección.
- ✚ Pasar la tarea de las gestiones de adquisición de los combustibles al personal de aseguramiento en cada unidad; para que los encargados del control de los portadores energéticos dediquen la mayor parte del tiempo a la realización de estudios encaminados a la búsqueda de oportunidades ahorro.
- ✚ Tener identificado en cada unidad los principales potenciales de ahorro para poder darle un seguimiento mas intenso a los mismos.
- ✚ Crear mecanismos o sistemas que motiven al personal a emprender tareas encaminadas al ahorro de portadores energéticos y a la posible sustitución por otros de carácter renovable.

3.3 Producción y uso de residuos

La producción arrocerá, como se puede ver en el esquema energético productivo de la empresa, genera una gran cantidad de desechos algunos de los cuales afectan en, gran medida, el medio ambiente.

Según los antecedentes el proceso de producciones mas limpias tiene sus prioridades en cuanto a niveles de aplicación por lo que las prioridades para eliminar los contaminantes deben ir en el orden de: primeramente, evitar y reducir, seguido de reutilizar y reciclar, después valorar y por último tratar y disponer.

El primer nivel de aplicación, en este caso, implicaría fundamentalmente reducir los niveles de producción, que no sería conveniente tratándose de la producción de un alimento fundamental de la dieta en Cuba. Sería provechoso entonces estudiar la posibilidad de reutilizar o reciclar los residuos procedentes de la producción arrocerá.

Dado que dichos residuos son procedentes del reino vegetal de la naturaleza, se cuenta entonces con residuos orgánicos en forma de biomasa con un gran contenido energético.

3.3.1 Tipos y cantidades de residuos

El primer residuo orgánico que se produce en el proceso productivo del arroz es en la etapa de la cosecha del grano donde, al realizar la operación con las máquinas cosechadoras va quedando sobre el terreno una capa de residuos compuesta por los restos de la planta.

Posteriormente, en el proceso de beneficio industrial es donde se genera una variada gama de residuos, unos que constituyen subproductos de la producción principal, por el alto valor que tienen para la alimentación animal y otros que constituyen desechos que tienen muy poco o ningún uso hasta el momento. En el proceso industrial, de donde sale el arroz para el consumo humano, se produce además el salvado o polvo de arroz y la cabecilla para el consumo animal y los desechos compuestos por las impurezas que se extraen en los procesos de limpieza y la cascarilla que surge en el proceso de molinado propiamente dicho. La cascarilla resulta un material muy estable, de alto contenido de lignina, de baja tasa de mineralización y un buen valor calórico. Posee baja densidad (128 Kg/m^3), es muy ligero y de buen drenaje.

No existe en la empresa ninguna información relacionada con la cantidad de residuos que se produce en el proceso de recolección del grano. Ni en la dirección técnica y de desarrollo, ni en el departamento de cosecha, ni en la Estación Territorial de Investigación del Arroz existen datos o información alguna sobre las cantidades de desechos que quedan en los campos de arroz una vez cosechados. Si se pudo conocer que la misma varía en dependencia de varios factores como son, la variedad de arroz que se haya sembrado, la población del campo en cuestión, la altura a que se produce el corte de la planta entre otras. Al no encontrar dichos datos, se realiza un muestreo probabilística intencional con el objetivo de determinar la cantidad de residuos por unidad de área que se producen en la actividad de cosecha.

Dicho experimento dio como resultado que se producen, aproximadamente **4.86 toneladas por hectárea** cosechada.

Comparando este resultado con los datos que aparecen en la bibliografía se puede corroborar la validez del mismo. Por ejemplo según [California Straw Building Association \(CASBA\) \(2008\)](#) la producción de paja de arroz en California es de 5.43 toneladas por hectárea, resultado cercano al obtenido en el muestreo realizado.

En la siguiente tabla se presenta el área sembrada desde el 2004 hasta el 2009 y la cantidad de residuos agrícolas producidos, utilizando el índice antes mencionado. Se muestra también un estudio prospectivo de la misma producción.

Tabla 3.11: Área sembrada y residuos agrícolas generados en el período 2004-2009.

Fuente: Elaboración Propia.

Años	Área (ha)	Paja (t)
2004	12172	59156,2806
2005	6715	32636,0363
2006	13179	64049,8272
2007	16116	78323,4869
2008	13433	65286,4212
2009	15279	74255,94

Tabla 3.12: Área a sembrar y residuos agrícolas posibles a generar en el período 2010-2015. Fuente: Elaboración Propia.

Años	Área (ha)	Paja (t)
2010	11702	56871,72
2011	20130	97831,8
2012	20801	101092,86
2013	21472	104353,92
2014	22009	106963,74
2015	22143	107614,98

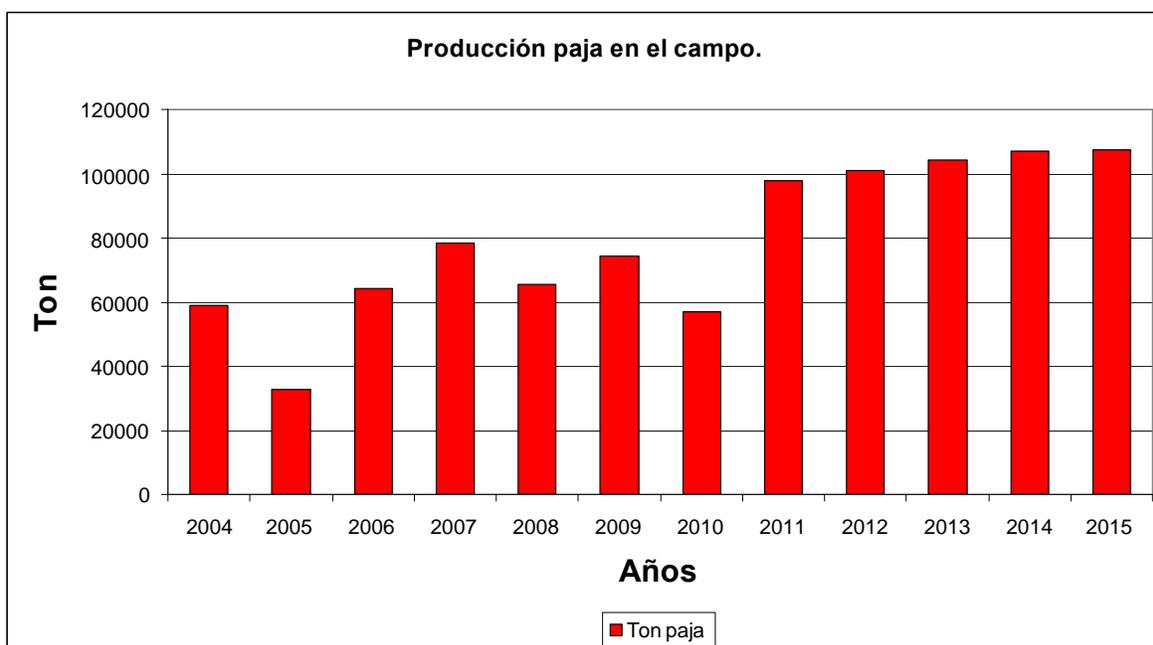


Figura 3.11: Gráfico de la paja producida y a producir en el período 2004-2015.

Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico anterior se puede observar la producción de paja de arroz, la real que debe haberse producido hasta el 2009 según los niveles de siembra, que si bien no sobrepasa las 80000 toneladas, a partir de 2011 se prevé, si las condiciones naturales lo permiten, un incremento que ronda las 100000 toneladas. En el 2010 no se estiman incrementos en la siembra debido a la intensa sequía por la que atraviesa el territorio.

A diferencia de lo anterior, de las producciones industriales si existen datos suficientes para realizar cualquier tipo de estudio. A continuación se muestra una tabla con las producciones y la generación de desechos consolidados, desde 2004 hasta 2009.

En la misma se puede apreciar la fracción que representan los productos, subproductos y desechos con relación al arroz en cáscara que entra al proceso de molinación. En primer lugar se encuentra el arroz limpio que sale del proceso, que está compuesto por el grano entero, el medio grano y el cuarto grano, que en su conjunto representan, en este caso, un 66.9%. Este por ciento es la expresión del rendimiento industrial de la empresa. Los subproductos, el polvo y la cabecilla, representan el 9.31% y 1.91% respectivamente. Por último la cascarilla, que hasta el

momento constituye un desecho, es el 21.8% de la producción. Tomando como base estos 6 años se puede decir que cada año se producen en el CAI Arrocerero, como promedio, 8068.24 t de cascarilla.

Tabla 3.13: Producción de arroz, subproductos y desechos en el período 2004-2009.

Fuente: Elaboración Propia.

Concepto	UM	Total (2004-2009)	
		Producción	%
Cáscara molinada	t	221553,6	100
Arroz limpio	t	148289,6	66,9
Polvo	t	20622,2	9,31
Cabecilla	t	4241,4	1,91
Cascarilla	t	48409,46	21,8

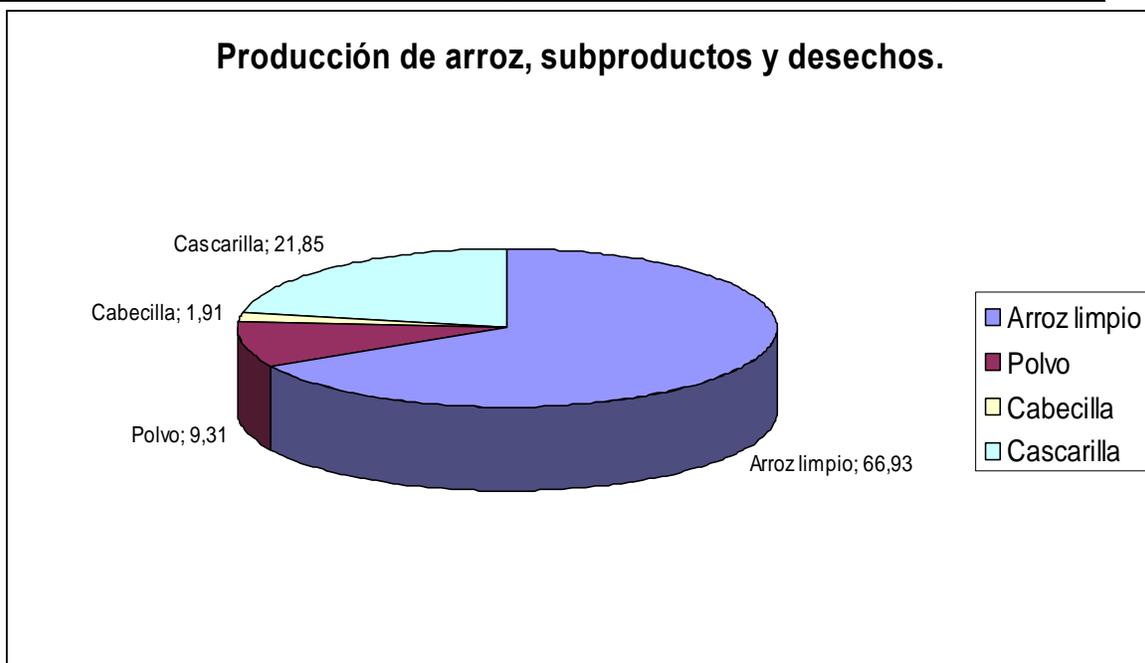


Figura 3.12; Gráfico de la producción de arroz, subproductos y desechos en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración Propia.

Aunque faltan los datos de los planes prospectivos de industria, que aún no se han confeccionado, si se conoce que los mismos registraran un incremento de 5 % anual, exceptuando el año 2010 que será atípico por la presencia de tan cruda sequía.

Con relación a los residuos generados producto de la limpieza del arroz en los secaderos, los mismos se deben a que el producto húmedo que entra a la industria proveniente del campo viene con una determinada cantidad de materias extrañas que oscilan entre un 10 y un 15 % del arroz húmedo. Estas materias extrañas o

impurezas, como comúnmente se le conoce, están compuestas por todo aquello que acompaña al arroz húmedo cosechado, pero que no tiene que ver botánicamente con la planta de arroz, además de restos vegetales presentes tales como paja, tallos, hojas y granos vanos y semivanos, granos verdes lechosos, granos pelados partidos y no pelados partidos. (Mirabal 2007)

Tabla 3.14: Por ciento de impurezas contenido en el arroz húmedo totalizado desde 2004 hasta 2009. Fuente: Elaboración Propia.

Conceptos	Total años 2004 al 2009	
	Producción (t)	%
Total de arroz húmedo cosechado.	264970,6	
Impurezas totales.	37089,1	14.0

Como se puede apreciar al analizar los datos de la tabla anterior, anualmente es trasladado a los secaderos, como promedio, más de 6000 toneladas impurezas, representando, en el período analizado, el 14 % del arroz húmedo cosechado. Lógicamente el contenido total de impurezas no es extraído de la masa de arroz. Las máquinas de limpieza de las industrias solo llevan este valor de impurezas hasta aproximadamente un valor que oscila alrededor del 8 %. Entonces, las máquinas son capaces de extraer un 6 % de las impurezas totales. Por tanto en el período 2004-2009 se han vertido al medio ambiente, aproximadamente 15898.2 toneladas de residuos procedentes de la limpieza de la materia prima que arriba desde los campos de arroz.

En la siguiente tabla se muestra la composición de las impurezas en tres de los años estudiados. En el análisis de la misma se aprecia que casi todo lo que compone dichas impurezas es de origen orgánico, exceptuando la tierra y las piedras, pero estas no son extraídas por las máquinas de limpieza de los secaderos, además de que representan un bajo por ciento de la materia prima.

Tabla 3.15: Por ciento de impurezas contenido en el arroz húmedo por años. Fuente: Mirabal, R., (2007). *Diseño e implementación de una estrategia en la utilización de los residuales de los procesos de secado y molinado del arroz para proteger el medioambiente*. Tesis en opción al grado de master. La Sierpe.

Conceptos	2004		2005		2006	
	%	t	%	t	%	t
Total de arroz húmedo cosechado.		27729.0		25603.2		34162.2
Impurezas totales.	13.2	3660.2	14.3	3661,2	13.8	4714.4
Cáscara, pajas y vanos.	6.6	1830.1	7.2	1843.4	6.9	2357.2
Granos pelados y no pelados partidos.	1.6	443.7	1.7	435.2	1.4	478.3
Granos verdes lechosos.	1.4	388.2	1.8	460.8	1.3	444.1
Residuos vegetales.	3.4	942.8	3.3	844.9	3.7	1264.0
Tierra y piedra.	0.2	55.4	0.3	76.8	0.5	170.8

3.3.2 Uso actual de los residuos

El primer residuo producido en el proceso productivo, la paja de arroz, se utiliza en pequeñas cantidades, no contabilizadas, como alimento del ganado en las épocas de sequía.

Una vez realizada la cosecha en los campos, se recogen los restos de la planta tendidos sobre el suelo mediante una máquina especializada que convierte la misma en pacas en forma de ortoedro que mas tarde se recoge y se transporta hacia las vaquerías, estabulados y pastoreos con el fin de suministrárselas al ganado vacuno.

El uso de la paja de arroz para alimento del ganado varia de acuerdo a las necesidades, dadas estas fundamentalmente por las condiciones impuestas por el clima, por tanto no se tienen datos específicos las cantidades utilizadas.

Los residuos del secadero, en unos casos se transportan, mediante la impulsión por medio de un ventilador y a través de una tubería, hasta las afueras de la unidad industrial formando una montaña que, casi siempre, se quema al aire libre sin

ninguna utilidad y con la consiguiente emanación de gases contaminantes al medio ambiente. En otros casos se recolecta y posteriormente se transporta por medios motorizados a algún lugar donde también se incinera al aire libre.

Por ultimo, a la cascarilla de arroz en la empresa se le da un uso muy reducido, según Mirabal 2007, la misma es utilizada como combustible en la planta de arroz precocido, como cobertor en las plantaciones plátano y es vendida al CAN quien la utiliza como cobertor en el piso de las naves de cría de aves. En la siguiente tabla se aprecian las pequeñas cantidades utilizadas en años anteriores.

Tabla 3.16: Utilización de la cascarilla en el período 2004-2006. Fuente: Mirabal, R., (2007). *Diseño e implementación de una estrategia en la utilización de los residuales de los procesos de secado y molinado del arroz para proteger el medioambiente*. Tesis en opción al grado de master. La Sierpe.

UTILIZACIÓN DE LA CASCARILLA	AÑO 2004	AÑO 2005	AÑO 2006
Producción de cascarilla (t).	7191.0	4986.5	10469.0
Cascarilla utilizada como combustible (t).	860.0	593.0	372.0
Cascarilla utilizada como cobertor (t).	580.0	543.0	620.0
Cascarilla vendida al CAN (t).	500.0	535.0	425.0
Cascarilla no utilizada (t).	5251.0	3315.5	9052.0

Graficando los datos totalizados de la anterior tabla, se aprecia que solo se le da uso al 22 % de la cascarilla generada en el proceso productivo arrocero.

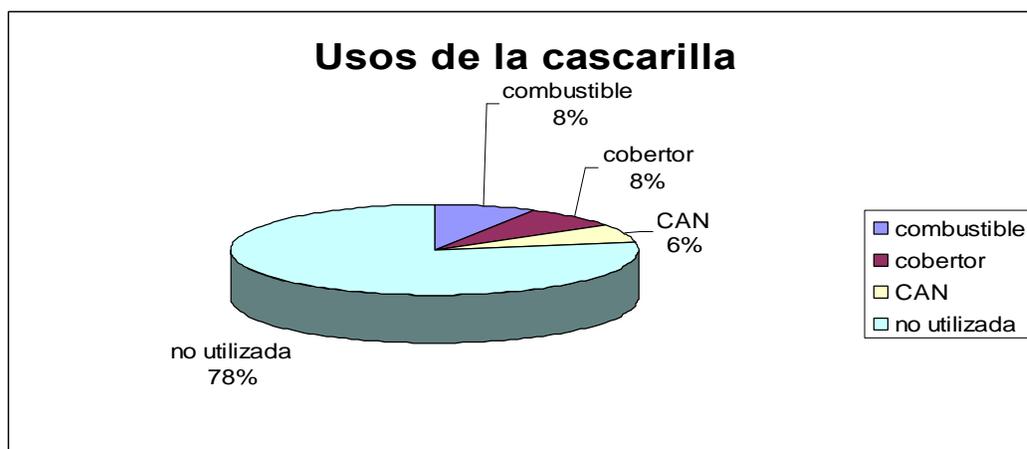


Figura 3.13: Gráfico de la utilización de la cascarilla en el período 2004-2006.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Posible utilización de los residuos de la empresa con fines energéticos

Como se explicó en el epígrafe anterior, en la empresa se producen tres tipos de residuos que prácticamente no se utilizan y se vierten al medio. Los restos de la planta que quedan tendidos en los campos después de cosechados, las impurezas que se derivan del proceso de limpieza en los secaderos y la cascarilla que emana del proceso de molinado del arroz.

Todos estos desechos constituyen un gran potencial de biomasa para la producción de energía en la provincia y en particular en el CAI Arrocero

El uso de la biomasa aporta beneficios que son no sólo energéticos, sino que su transformación se convierte en beneficiosa y necesaria para el entorno. Puede llegar a constituir un sistema idóneo de eliminación de residuos, con la subsiguiente mejora del ambiente rural, urbano e industrial. Puede ser además, un modo de equilibrar determinados excedentes agrícolas convirtiéndolos en fertilizantes ecológicos. (Doria, A. 2001)

Como se expuso en el capítulo 1, para convertir la biomasa en energía existen dos vías fundamentales, la combustión y la gasificación. Uno de los modos de llevar a cabo la gasificación es mediante la digestión anaerobia de la materia seca, o sea convertirla en biogás.

Según estudios realizados se ha podido llegar a conocer el valor energético que se obtiene al convertir en biogás los residuos arroceros. Los siguientes datos muestran la energía que se puede generar utilizando los residuos arroceros, dados en Kwh/ton de residuo seco.

Tabla 3.17: Potencial energético de los residuos del arroz usándolos para producir biogás. Fuente:

Tipo de residuo	Potencial energético (Kwh/t)
Paja de arroz	1973
Cascarilla de arroz	183

(http://www.revistamercados.com/articulo.asp?Articulo_ID=1076)

Como se ha podido comprobar anteriormente, el CAI Arrocero puede producir anualmente alrededor de 80000 ton de paja de arroz y 8068.24 t de cascarilla, por

tanto si ambos residuos se convirtieran en biogás, se pudieran generar 157840 Mwh y 1476.48 Mwh respectivamente por cada residuo, para un total de **159316.48 Mwh** de energía.

Este volumen de energía convertido a toneladas equivalentes de petróleo (tep) equivale a 13710.54 tep. ([Manual CONAE](#)). (Ver anexo 2)

En la tabla 3.2 se muestra que el CAI en los 5 años comprendidos entre 2004 y 2008 consumió un total de 21699,7634 tep que da un promedio anual de 4339.9 tep. Comparando este valor de consumo anual con el valor de energía posible a generar, se puede decir que, con los residuos de un año se puede generar mas del triple de la energía anual demandada por la empresa. Nótese que en este análisis no se ha incluido los residuos resultantes de la limpieza de los secaderos porque el artículo consultado no ofrece datos referentes a dicho residuo.

La producción de biogás a partir de la cascarilla de arroz es muy pobre por lo que es mas factible que sea utilizada como combustible.

Usando la cascarilla como combustible directamente, también es posible la sustitución de combustibles fósiles, pues la misma tiene un alto valor calórico. En la siguiente tabla se muestra un análisis de la composición de la cascarilla de arroz según [Chungsangunsit, Gheewala, Patumsawad 2002](#).

Tabla 3.18: Composición de la cascarilla de arroz. Fuente: Chungsangunsit, T., Gheewala, S. y Patumsawad, S. (2007). *Environmental Assessment of Electricity Production from Rice Husk: A Case Study in Thailand*.

Parámetro	UM	Valor	Observaciones
C	%	38.23	Seco
H	%	5.80	Seco
O	%	40.50	Seco
N	%	1.21	Seco
S	%	0.041	Seco
Humedad total	%	11.94	Como se recibe
Contenido de cenizas	%	14.22	Seco
Valor calórico bajo (LHV)	KJ/Kg	13158.7	Como se recibe
Valor calórico alto (HHV)	KJ/Kg	15217.2	Seco
Materias volátiles	%	59.87	Seco
Fijación del carbono	%	18.56	Seco

Los mismos autores refieren que se consumen 1233 Kg/MWh de cascarilla de arroz en una planta instalada en Tailandia, la que basa su funcionamiento en un ciclo termoeléctrico.

En otro artículo procedente de la Universidad de la Sabana en Colombia se refiere que el poder calórico de la cascarilla es de 15000 KJ/Kg, valor que corrobora lo expuesto en la tabla anterior ([García, Hernández, González, Pava](#)).

Tabla 3.19: Comparación entre la energía total consumida y la que pudiera generarse producto de la combustión de la cascarilla en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración propia.

Años	Energía consumida	Cáscara molinada	Cascarilla	Valor calórico	Energía producida		Diferencia	
	(TEP)	(t)	(t)	(MJ/Kg)	(MJ)	(TEP)	(TEP)	(%)
2004	4135,20	31961,9	6983,68	15	104755127	2502,03	1633,17	60,5
2005	3475,85	14705,3	3213,11	15	48196621	1151,16	2324,70	33,1
2006	4833,15	49853,9	10893,08	15	163396157	3902,65	930,50	80,7
2007	4382,43	48569,3	10612,39	15	159185881	3802,09	580,35	86,8
2008	4872,31	27963,5	6110,02	15	91650371	2189,03	2683,28	44,9
2009	4315,81	48499,7	10597,18	15	158957767	3796,64	519,17	88,0
Total	26014,77	221553,60	48409,46	15	726141924	17343,60	8671,16	66,7

En la tabla anterior se muestra una comparación entre la energía total consumida en la empresa y la energía que pudiera producirse usando la cascarilla como combustible expresado ambos en Toneladas Equivalentes de Petróleo, lo mismo se ilustra mejor en el siguiente gráfico.

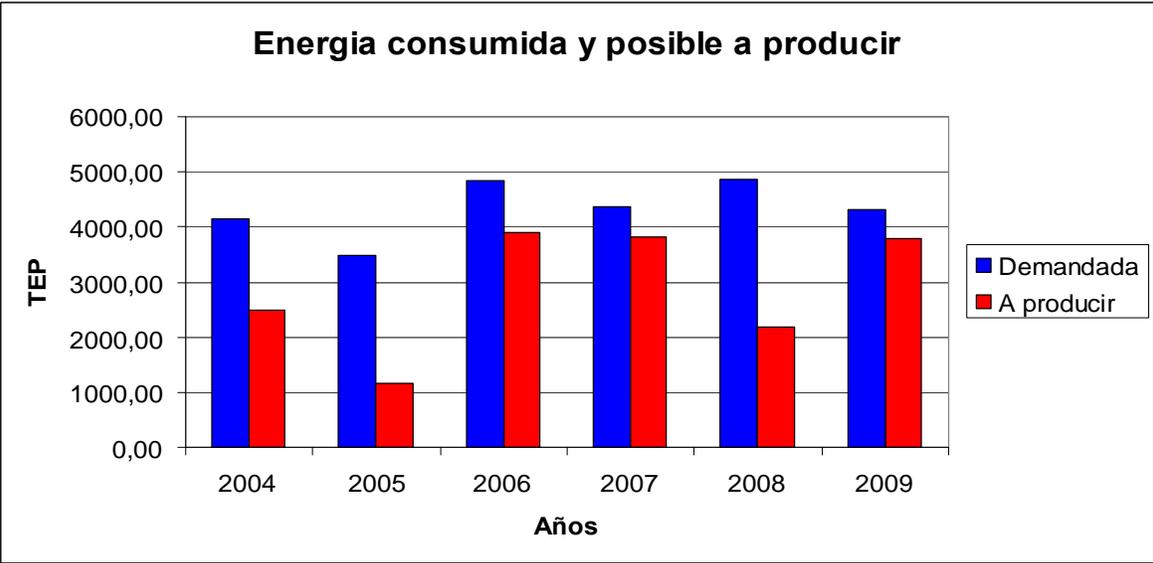


Figura 3.14: Gráfico comparativo entre la energía total consumida y la que pudiera generarse producto de la combustión de la cascarilla en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración propia.

En ambos se aprecia que usando la cascarilla como combustible se hubiera podido cubrir el 66.7 % de la demanda energética total de la empresa. Estos **datos son solo** equivalencias ya que es obvio que no es posible quemar la biomasa en los equipos agrícolas ni en el transporte.

Es mas factible entonces estudiar la posibilidad de generar electricidad y/o calor en los lugares específicos donde se produce este desecho, en la industria arrocera. Para ello se utilizará el índice de consumo de cascarilla por unidad de energía producida que se encontró en la bibliografía.

Seguidamente se presenta una tabla y un gráfico comparativo de la energía eléctrica consumida en las actividades industriales respecto a la que se pudiera generar usando la cascarilla como combustible en un ciclo termoeléctrico con generación de vapor intermedia.

Tabla 3.20: Comparación entre la electricidad consumida en industria y la posible a generar en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración propia.

Años	EE. Industria	Cáscara molinada	Cascarilla	Indice (Kg/MWh)	Energía producida	Diferencia	
	(MWh)	(t)	(t)		(MWh)	(MWh)	%
2004	959,16	31961,9	6983,68	1233	5663,97	4704,81	16,9
2005	890,45	14705,3	3213,11	1233	2605,93	1715,48	34,2
2006	2054,07	49853,9	10893,08	1233	8834,61	6780,54	23,3
2007	2133,31	48569,3	10612,39	1233	8606,97	6473,66	24,8
2008	1735,27	27963,5	6110,02	1233	4955,41	3220,14	35,0
2009	2479,24	48499,7	10597,18	1233	8594,63	6115,39	28,8
Total	10251,50	221553,60	48409,46	1233	39261,53	29010,03	26,1

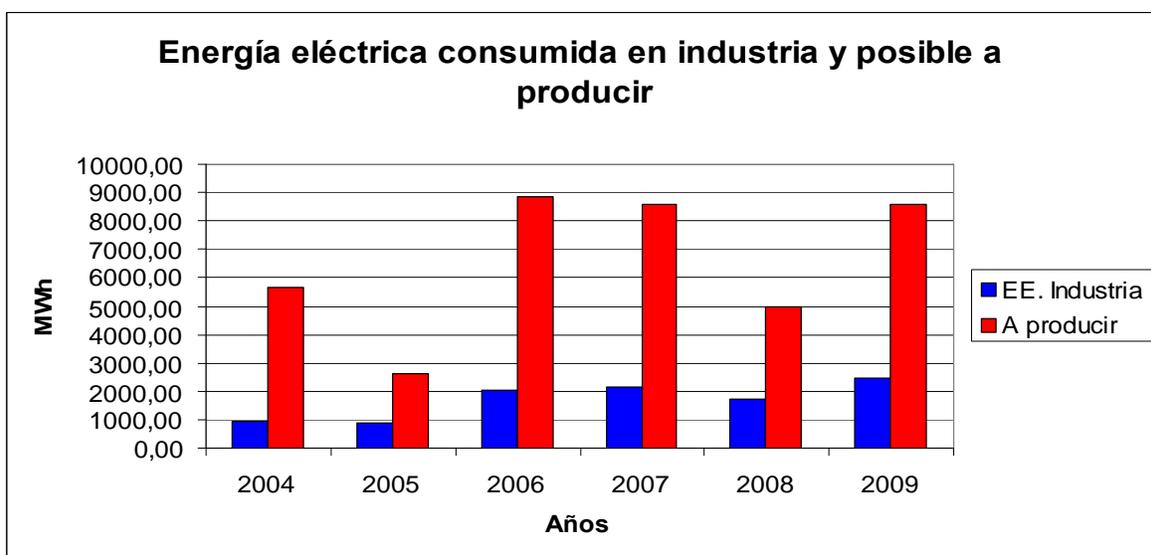


Figura 3.15: Gráfico comparativo entre la electricidad consumida en industria y la posible a generar en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la tabla como en el gráfico se puede apreciar que si se combustionara la toda la cascarilla producida anualmente en la empresa se pudiera producir toda la electricidad que demandan los procesos industriales y quedaría un excedente para volcarlo a la red eléctrica. En el período analizado, de forma total, solo sería necesario utilizar el 26,1 % de la energía posible a producir, o sea se hubiese podido suplir la demanda de electricidad en la industria y además entregar al sistema eléctrico 29010.03 MWh.

Si queda tanta energía disponible, ¿será posible también suplir la demanda de calor en el proceso de secado?

A continuación se muestra una tabla comparativa con las necesidades energéticas en forma de calor, que demandó el proceso de secado en el período evaluado.

Tabla 3.21: Comparación entre el excedente de energía y la que se necesita para obtener el calor en el proceso de secado en el período 2004-2009. Fuente: Elaboración propia.

Años	Energía no utilizada para generar electricidad (MWh)	Calor para secado			Diferencia %
		(t)	(TEP)	(MWh)	
2004	4704,81	285,6	303,7070	3532,11	75.07
2005	1715,48	269,043	286,10	3327,35	193.96
2006	6780,54	290,99	309,44	3598,77	53.07
2007	6473,66	369,45	392,87	4569,11	70.58
2008	3220,14	578,67	615,36	7156,61	222.25
2009	6115,39	589,88	627,28	7295,25	119.29
Total	29010,03	2383,633	2534,76	29479,20	101.62

Según los datos obtenidos, existe una gran variación en los años evaluados en cuanto a la disponibilidad de energía resultante de la combustión de la cascarilla para generar electricidad. Analizando el total en el período evaluado, solo faltaría por cubrir el 1.62 % del total de los portadores energéticos en los procesos industriales.

Se ha analizado en forma independiente el consumo de diesel para generar calor y el consumo de electricidad, será necesario entonces realizar un análisis del proceso de forma integrada en un sistema de cogeneración, solo que este análisis hay que hacerlo de forma puntual en cada una de las industrias, lo cual no es objeto de este trabajo.

Desde el punto de vista económico, con el uso de la cascarilla como combustible, el ahorro está dado por la diferencia entre el costo de la energía eléctrica y el diesel dejado de consumir y los gastos incurridos en la compra de la tecnología y el montaje de la misma.

Por analogía de trabajos similares realizados en otros países, encontrados en la bibliografía, se pudo conocer que el costo de la inversión debe ser aproximadamente de \$ 130000.00 por cada instalación. Si se tiene en cuenta que en el CAI Arrocero se necesitan tres instalaciones similares entonces la instalación total tiene un costo de \$390000.00.

Por otra parte, según la tabla 3.20 de este trabajo, en la industria arrocera se consumen anualmente 1708.58 Mw-h de energía eléctrica y 397.27 t de diesel como promedio. Según los cálculos, con el uso de la cascarilla se evita el consumo de electricidad y el 98.38 % del diesel. Teniendo en cuenta que el costo de la energía eléctrica es de 110.39 USD/Mw-h y del diesel es de 634.85 USD/t.

Valor de la energía eléctrica dejada de consumir.

$$1708.58Mw - h * 110.39\$ / Mw - h = \$188610.14$$

Valor del diesel dejado de consumir.

$$397.27ton * 98.38\% / 100 = 390.83ton$$

Se dejan de consumir 390.83 t de diesel al año lo que equivale a:

$$390.83ton * 634.85\$ / ton = \$248118.42$$

Entonces, cada año, habrá un ahorro para el país, de \$436728.56. Este valor comparado con el costo de la inversión, indica que en menos de un año se recupera la misma.

Conclusiones capítulo III

- Si bien el costo de los portadores energéticos no es representativo dentro de la estructura de gastos de la empresa, estos si tienen un gran peso en la economía nacional debido a que el CAI Arrocerero está considerado una de las empresas mayores consumidoras de energía en la provincia, debido a la gran extensión y a los altos niveles productivos que posee.
- Aunque la empresa se divide en varios esquemas productivos, es el esquema de producción de arroz el mayor consumidor de energía por un amplio margen.
- Dentro del esquema productivo arrocerero, el diesel y la electricidad constituyen los portadores mayoritarios ya que representan más del 90% del total de los consumos, aunque no existe una fuerte correlación entre la producción de arroz y el consumo de portadores a nivel general dentro de la empresa.
- Se han dado pasos importantes para lograr una buena gestión energética pero aún es deficiente debido a varios factores fundamentalmente subjetivos.
- Los análisis realizados demuestran mayor factibilidad si se utiliza paja de arroz en la producción de biogás y la cascarilla solo para la combustión por tener la misma una difícil descomposición anaeróbica.
- En la empresa se genera una gran cantidad de residuos orgánicos que se vierten al medio ambiente con la consiguiente degradación del mismo.
- Existe la posibilidad de disminuir en gran medida los consumos de portadores energéticos de origen fósil de la empresa mediante el uso de la biomasa generada como residuo en el proceso productivo.

Conclusiones.

1. Con la realización de la prueba de necesidad se pudo determinar que la empresa es una de las mayores consumidoras de energía en la provincia, aunque en su estructura de gastos los portadores energéticos representan muy poco debido a los costos de otras materias primas y materiales, así como al subsidio que el país introduce en la venta de los portadores energéticos a las empresas nacionales.
2. Además se comprobó que el esquema productivo arrocero es, por amplio margen el mayor consumidor de energía y a su vez el diesel y la electricidad constituyen los portadores más utilizados.
3. Se demostró una deficiente gestión energética en la empresa que puede mejorarse mediante capacitación sobre eficiencia energética a directivos, técnicos y obreros que permita realizar análisis profundos de los indicadores energéticos a todos los niveles, así como mayor efectividad en la estructura y utilización de la información energética de la empresa.
4. El indicador consumo contra producción que se utiliza actualmente para la gestión energética no mostró correlación en la investigación realizada.
5. La producción arrocera, si bien ha tenido altas y bajas en los últimos años, para los años venideros se planifican incrementos paulatinos a una razón aproximada de 5 % anual, lo que augura un escenario con incremento de la ya abundante disponibilidad de residuos que hoy afectan al medio ambiente.
6. Se proponen alternativas de utilización de la biomasa residual del proceso productivo de la empresa con fines energéticos, que pudiera cubrir toda la demanda de energía eléctrica en el proceso fabril y una gran parte del calor necesario y contribuir así a mejorar la eficiencia económica de la empresa y al cuidado del medio ambiente.

Recomendaciones.

1. No utilizar el indicador de consumo energético contra producto terminado para la realización de estudio alguno. Utilizar los índices específicos de cada una de las actividades del proceso productivo en la realización de estudios y análisis destinados a mejorar la eficiencia energética.
2. Llevar a cabo, en la empresa, un proceso de capacitación, a todos los niveles, sobre eficiencia energética.
3. Realizar un estudio de factibilidad económica para la construcción y/o adquisición de los medios tecnológicos necesarios para la utilización de los residuos arroceros con fines energéticos.

Bibliografía.

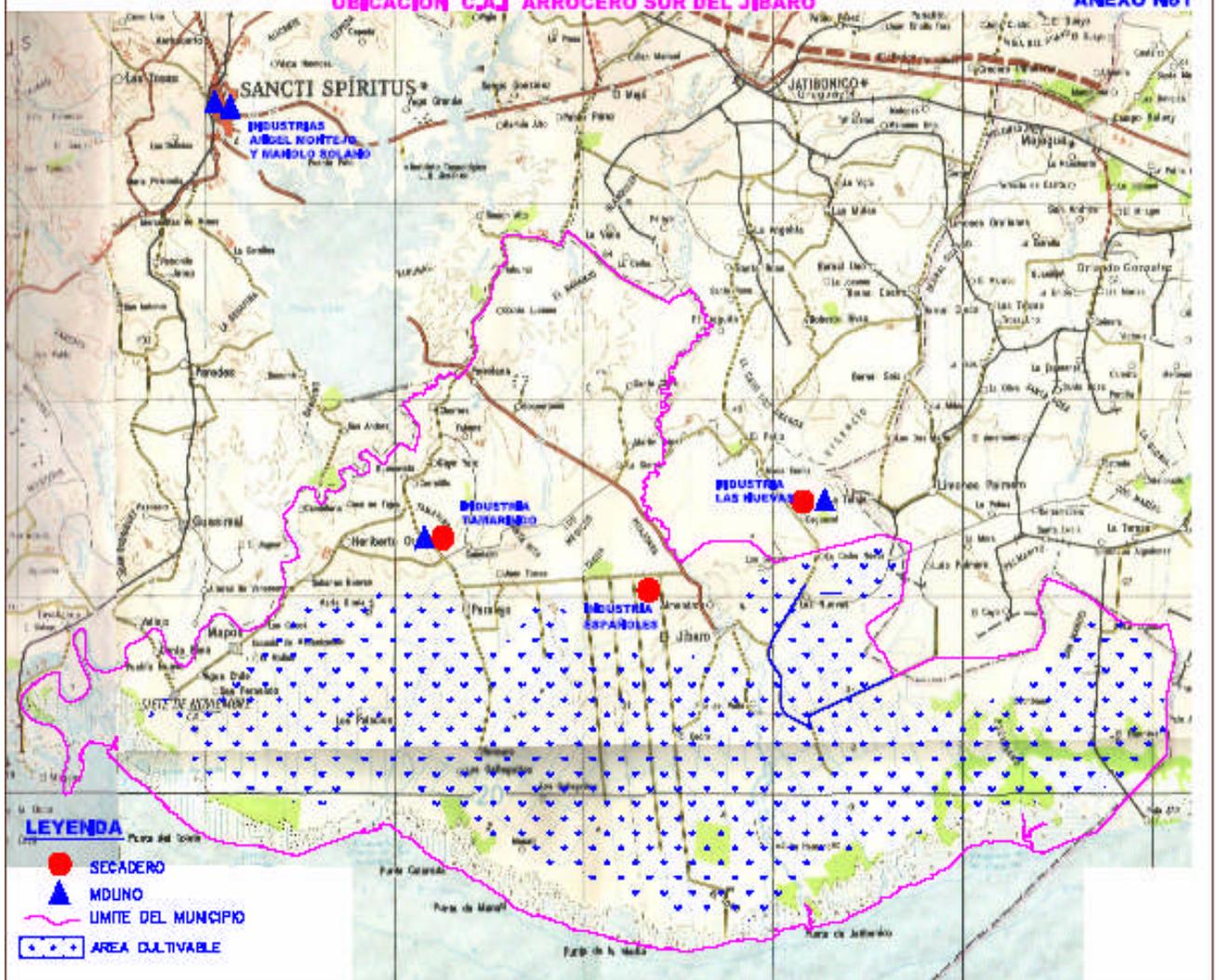
- 1) Ban Hoan Chinh. *Tecnología de biogás*. Vietnam.
- 2) Banco Central de Cuba (BCC), (2010). *Información económica del BCC*. (18 de marzo).
- 3) Boccone, R. (2007). *Generación de energía a partir de arroz*. Laboratorio tecnológico. Uruguay.
- 4) Borroto, A. y colaboradores (2002). *Gestión Energética Empresarial*. Universidad de Cienfuegos.
- 5) Borroto, A., Monteagudo J. P., y colaboradores (2006). *Gestión energética en el sector productivo y los servicios*. Universidad de Cienfuegos.
- 6) Campodónico, H., (1998). *Primer diálogo Europa-América latina para la promoción del uso eficiente de la energía*. Serie medio ambiente y desarrollo 15. Naciones unidas.
- 7) California Straw Building Association (CASBA). (2008). *California rice straw production FAQ*. [en línea]. Disponible en: <http://www.ricestrawmarket.org>.
- 8) Chungsangunsit, T., Gheewala, S. y Patumsawad, S. (2007). *Environmental Assessment of Electricity Production from Rice Husk: A Case Study in Thailand*.
- 9) Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). Sección ahorro de energía. Transformaciones. Programa para transformaciones de unidades de energía. México.
- 10) Curbelo Alonso, A. y Garea Moreda B. (2002) *Contribución de la biomasa no cañera a la generación de electricidad en Cuba*. División de Industria y Energía, Agencia de Ciencia y Tecnología. Cuba.
- 11) Diago, M. (2006). *Hornos quemadores de cascarilla de arroz*. FEDEARROZ. Colombia
- 12) Doria, A., (2001) *Energías alternativas*. Programa con/ciencia. CIC.Ed. Doria, A. Gráfica.
- 13) Energías renovables *El periodismo de las energías limpias*, [en línea]. Disponible en: <http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp>.

- 14) Eliminación del estiércol. [en línea]. Disponible en: (www.teri_res_in-teriin-news-terivsn-issue13-newsbrk.htm). Nueva Delhi.
- 15) García, O., Hernández, M., González, J. y Pava, H. J. (2007). *Formulación y evaluación del programa de producción mas limpia (PML) para la industria arroz Diana del Tolima S.A.*. Universidad de La Sabana. Colombia.
- 16) Guardado J. A., “Curso teórico – practico sobre Diseño, Construcción y Mantenimiento de pequeñas Plantas de Biogás”. Guantánamo, 1999
- 17) Maldonado, P.y Larraín, S. (2002). *Seminario “Las fuentes renovables de energía y el uso eficiente: opciones de política energética sustentable”*. Universidad de Chile.
- 18) Marchain, U., (1992). *Biogas Processes for Sustainable Development*. Bull.FAO Agric. Services, Rome, 95. 165-193.
- 19) Mirabal, R., (2007). *Diseño e implementación de una estrategia en la utilización de los residuales de los procesos de secado y molinado del arroz para proteger el medioambiente*. Tesis en opción al grado de master. La Sierpe.
- 20) ONE (2007). *Anuario estadístico de Cuba*. Cuba.
- 21) Pérez Pallares, D. y colaboradores (2004). *Informe energético 2003 de América Latina y el Caribe*. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). 2004.
- 22) Rodríguez Castellón, S. (2002). Consideraciones sobre el sector energético cubano. *Revista momento económico*, No. 121 Mayo-junio, 2002.
- 23) Romero Romero, O. y Contreras L. M. (2008). *Desarrollo de las energías renovables en Cuba*.
- 24) Sánchez Rodríguez, J. V. y colaboradores. (2006) *Introducción a la producción de biogás*. Centro Cristiano de Reflexión y Diálogo.
- 25) Savran, V. (2005). *Alternativa energético – ambiental para los contaminantes pecuarios, como contribución al ordenamiento territorial de la provincia Sancti Spíritus*. Tesis en opción al grado de master. Sancti Spíritus.

- 26) Un proyecto Universidad-Empresa (2001). *Cascarilla de arroz como combustible*. Bogotá. [en línea]. Disponible en:
<http://www.colciencias.gov.co/web/guest/home>
- 27) Vallejos, R. (1977). *Posibilidades de la explotación biológica de la energía solar en Argentina*. Cefobi. Ed. Vallejos, R. 44pp.
- 28) (2009, abril). *Conversión de residuos agrícolas en energía*. [en línea]. Disponible en: http://www.revistamercados.com/articulo.asp?Articulo_ID=1076

UBICACION C.A. ARROCERO SUR DEL JIBARO

ANEXO No1



Anexo 2

Vista de la ventana del software de la CONAE utilizado para las transformaciones de unidades de energía.

COGENERACION - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección D:\Armando\Maestría\Cogeneración\CONAELIBRO\Conae3\trnsformaciones.htm Ir Vinculos >>

Principal
¿Qué es Conae?
Desde el Hogar
Desde la Empresa
Desde un gobierno Estatal o Municipal
Puertos de Atención
Administración Pública Federal
Normas Oficiales Mexicanas
Pemex
Transporte
Energías Renovables
Cogeneración
Financiamiento y Precios de energía
Eventos, educación y capacitación
Horario de Verano
English Section

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

Principal
Ahorro ¿Qué es? Renovables Cogeneración Normas Caja Herram. Precios Eventos Pres. Nal.

Sección: Ahorro de Energía

Este programa permite hacer transformación de unidades de energía.

726141924 M Joules = 17343.60189 TPE

Calcula Reset

k = kilo(10^3); M = Mega(10^6); G = Giga(10^9); T = Tera(10^{12}); P = Peta(10^{15});
BEP = Barril Equivalente de Petróleo; BTU = British Thermal Units;
TPE = Tonelada de Petróleo Equivalente; TCE = Tonelada de Carbón Equivalente;

Si requiere más información, favor de enviar correo electrónico o llamar a la [Dirección de planeación y medio ambiente](#) Tel. 5322-1000 ext. 1216 y 1225

Anexo 3.

Combinada cortando arroz donde se aprecia la disposición de los residuos por la parte trasera.



Anexo 4

Quemador de diesel del secadero de arroz.



Anexo 5

Desechos procedentes de la limpieza del secadero vertidos al medio ambiente, y quemados al aire libre.

