

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA



Tesis para aspirar al título de Ingeniería Agrícola

Uso de la energía renovable como una alternativa para el mejoramiento alimenticio de los animales en la Estación de Experimental de Zootecnia.

Autor: Lester Cárdenas Sánchez

Tutor: Dr. C. Raúl Olalde Font

Curso: 2011 - 2012.

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a:

A mi mamá por haberme sabido guiar por el camino correcto y apoyarme en los momentos difíciles.

A mis abuelos, a mis todos mis tíos y familia en general.

A mi prima Sairis por ayudarme tanto.

A mis amigos, a mi tutor por ayudarme a la realización de este trabajo y hacer posible que el mismo se estuviese exponiendo en este momento.

Agradecimientos

A todas aquellas personas que de una manera u otra hicieron posible que el trabajo se desarrollara en tiempo y forma.

RESUMEN

En el presente trabajo tiene como objetivo proponer una alternativa energética que propicie un aumento de las capacidades alimentarias para los animales sin afectar el plan de consumo energético universitario, se aborda el estado del arte de las tecnologías y las fuentes de energía renovables y su utilización tanto en el contexto internacional como el cubano, caracterizándose la estación Experimental de “Zootecnia” donde se analizaran las potencialidades o disponibilidad de recursos orgánicos existentes en la misma para la implantación de una planta de biogás que tendría como fin beneficiar, para el consumo de los animales, los desperdicios de alimentos de los comedores de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, se exhiben procedimientos para el cálculo y dimensionamiento del biodigestor de cúpula fija y se realiza su cálculo y dimensionamiento para tres posibles escenarios técnicos por los cuales se podrían optar para la implementación de un biodigestor.

SUMMARY

Presently work has objective to propose an energy alternative that proprieties an increases of the alimentary capacities for the animals without affecting the plan of consumption energy in the university, it is approached the state of the art of the technologies and the renewable energy sources and its use so much in the international context as the Cuban, being characterized the Experimental station of "Zootecnia" where the potentialities or availabilities of existent organic resources were analyzed in the same one for the installation of a biogas plant that would have as end to benefit, for the consumption of the animals, the waste foods of the dining rooms of the Central University "Marta Abreu" of the Villas, procedures are exhibited for the calculation and dimension of the biodigestor of fixed dome and it is carried out its calculation and dimension for three possible technical option for which could be opted for the implementation of a biodigestor.

INDICE

Introducción.....	1
Capitulo I.....	6
Capitulo II.....	28
Capitulo III.....	51
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
Fuentes bibliográficas.....	58
Anexos.....	61

INTRODUCCIÓN.

Las crisis cíclicas del sistema capitalista repercuten con mayor impacto en las economías de los países en vías de desarrollo. El incremento de los precios de los combustibles actúa sobre todo el planeta de forma violenta, pero para los pobres se conjuga con el alza de precios de los alimentos, la crisis financiera internacional y el debilitamiento de sus perjudicadas economías. Para la mayoría de la humanidad no le queda otra alternativa que modificar los patrones de consumo de portadores energéticos establecidos por la sociedad capitalista, (ONE, 2010).

Resulta imprescindible un conjunto de transformaciones que ofrezcan una alternativa aceptable y en particular para las naciones de escasos recursos energéticos, que convoque al uso racional y eficiente de los combustibles fósiles y al empleo de energías más limpias que ayuden a aminorar los efectos ya apreciables del cambio climático.

Un control más estricto sobre el consumo de combustible y electricidad ha sido una de las medidas adoptadas dentro de la nueva estrategia energética. La promoción de la generación eléctrica basada en unidades que queman gas acompañante del petróleo en ciclos simples y combinados teniendo una mayor penetración de las fuentes renovables de energía, también están desempeñando un papel clave en el marco de la transición de Cuba a un nuevo paradigma energético.

La Revolución energética de Cuba también ha significado un acelerado despegue en la aplicación de las tecnologías energéticas renovables en todo tipo de proceso productivo. La creación del Grupo Nacional para la atención a las Fuentes Renovables de Energía, la Eficiencia Energética y la Cogeneración, llevó a la implementación de programas para el desarrollo de la generación de electricidad basada en la energía eólica, el uso de la energía solar para el calentamiento de agua de uso doméstico, social y con fines industriales agrícolas y ganaderos, el desarrollo de la capacidad hidroeléctrica y el aprovechamiento de los desechos sólidos con fines de valorización energética, en este caso el biogás no solo con fines energéticos sino como cocción de alimentos ya sea con destino humano o animal, así como la investigación sobre la

energía geotérmica, energía oceánica y otras tecnologías, demuestra todos los avances del país en favor de una inclusión cada vez mayor de tecnologías energéticas renovables dentro del modelo de la generación distribuida.

La falta de energía, en adición a otros factores, impide mejorar la calidad de vida de las comunidades y otros procesos productivos como lo es el caso de la alimentación humana y animal y en este caso el suministro de energía, mediante tecnologías limpias, podrían contribuir a solucionar esta problemática de manera sostenible y en armonía con el ambiente.

Al respecto, se ha observado que existe potencial para el posible uso de energías renovables en diferentes zonas, en particular aquellas relacionadas con el aprovechamiento de la energía solar y energía a partir de la biomasa con una acción directa basada en la creación de plantas de biogás o plantas gasificadoras para la generación de electricidad.

Por otro lado la caracterización del sistema energético permite apreciar el impacto de cada componente en los aspectos tecnológicos y económicos del sistema. Así mismo, es posible establecer criterios de impacto ambiental asociado con las diferentes configuraciones que el sistema puede adoptar.

Es importante observar que se ha constatado que Cuba importa anualmente en alimentos más de 1,600 millones de USD, fundamentalmente en granos para el alimento humano y animal (maíz, arroz, soja, frijoles, etc.) también importa leche en polvo, carne, concentrados para alimento animal, café, etc. Es política actual del país potenciar su producción nacional en la medida de lo posible avanzar en incrementar su seguridad alimentaria, los precios de alimentos en el mercado mundial crecen ante un entorno desfavorable dado por el incremento del consumo en países con economías emergentes, su uso como biocombustibles, las afectaciones del cambio climático y el incremento de los costos del petróleo, atendiendo a esto último, cualquier proceso que se implemente a partir de recursos renovables y que pueda contribuir a disminuir

consumos energéticos provenientes de fósiles es de hecho un elemento a considerar en el contexto cubano e internacional.

Ya dirigiendo el análisis al contexto universitario, la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, en lo adelante UCLV, fue la tercera universidad fundada en Cuba. Desde su apertura en 1948, los programas de estudio afines a las carreras agropecuarias han estado presentes, se han graduado en pregrado hasta la fecha más de 7000 profesionales en carreras de este perfil fundamentalmente para la región central del país y el extranjero. En la Facultad de Ciencias Agropecuarias han existido una red de más de 8 Estaciones Experimentales desde su mismo comienzo ha jugado un papel fundamental en la formación de hábitos y habilidades profesionales en los estudiantes, donde el vínculo entre la docencia, la investigación científica y la producción jugaban un papel importante en la actividad cotidiana de estos y su claustro.

A lo largo de estos años las estaciones experimentales, vinculadas al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la propia UCLV, han sido afectadas por la crisis económica ocasionada por los años difíciles que siguen al colapso del campo socialista del este de Europa y sus estaciones experimentales no han estado ajenas a todo este proceso empeorando su situación con el tiempo ante la carencia de recursos estatales de todo tipo y entre ellos el energético para sostenerlas, han obligado a desarrollar un proceso de redimensionamiento, en este caso fue preciso dejar solamente las dos que tienen el mayor potencial para su explotación, pero que necesitan de un proceso de revitalización y adecuación. Basta poner el ejemplo de que en la década del 80 y principios de la del 90 del pasado siglo se llegó a producir 179 mil litros de leche por año, empleando como alimentos pastos, ensilaje y concentrados.

No obstante a todos los esfuerzos realizados no se ha podido dar el salto necesario en las dos estaciones que actualmente posee, y especialmente en la estación Experimental de Zootecnia que constituye el objeto de estudio de este trabajo y dentro de los elementos que influyen en el estancamiento del desarrollo de la estación se tiene la problemática del alimento para los animales si se trata de utilizar los residuos de alimentos de los comedores universitarios y la imposibilidad de creación de capacidades

para el mejoramiento de este basadas en el consumo eléctrico o de madera, por lo que acorde al escenario cubano y a la situación existente en la estación de Zootecnia, es lo que se define como **situación problemática**.

Lo anterior planteado lleva a trazar el siguiente **problema científico**: ¿Cómo contribuir al mejoramiento o incremento de la capacidad alimentaria de los animales en la estación experimental sin aumentar el consumo eléctrico y usando tecnologías más limpias en aras de resolver esta problemática sin perder de vista la preservación del medio ambiente?

Para dar respuesta a la interrogante científica planteada se define como **objetivo general** de la investigación: proponer una alternativa energética que propicie un aumento de las capacidades alimentarias para los animales sin afectar el plan de consumo energético Universitario.

Del objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

- Establecer el estado del arte en el contexto nacional e internacional de la investigación en el campo de las energías renovables.
- Caracterizar y establecer la disponibilidad de recursos energéticos en la estación Experimental de Zootecnia y en la Universidad en función de crear nuevas capacidades energéticas.
- Identificar los procedimientos de cálculo existentes para la alternativa que sea identificada como la más propicia, en función de los recursos existentes en la estación de Zootecnia o universidad.
- Realizar el cálculo y dimensionamiento principal de la alternativa seleccionada.

Como solución al problema científico planteado se define la siguiente **hipótesis**:

Si a partir de los recursos renovables existentes se posibilita el uso de algún tipo de energía renovable, entonces se contribuirá a incrementar la calidad y capacidad

alimentaria para los animales en la estación de zootecnia sin consumo adicional de energía y propiciando la preservación del medio ambiente.

Para el procedimiento de la información recopilada y el estudio del procedimiento, se utilizarán los métodos empíricos tales como la observación directa, el análisis de documentos y el criterio y consulta personal con experiencia y se realizará una determinación correcta de cada una de las fuentes de energías aplicadas en Cuba y el estado del contexto general internacional.

Esta investigación resume sus resultados investigativos en una introducción que caracteriza la situación problémica, se identifica además el problema científico, fundamenta su hipótesis y sus sistemas de objetivos, declarando los resultados esperados durante la misma. En el primer capítulo se esboza la situación energética rural mundial y especialmente la de Cuba, estableciéndose la relación con el contexto cubano a partir de las capacidades existentes en el país, en el segundo se plantea un análisis o caracterización de la estación Experimental de Zootecnia, se resumen diferentes alimentos característicos para los animales, se analizan los recursos energéticos existentes y a partir de la selección del biogás como posible opción tecnológica renovable, se plasman algunos procedimientos de cálculo y dimensionamiento de los biodigestores, los más usados en Cuba y con los que se cuenta una adecuada base de conocimientos y experiencia. Se desarrolla un tercer capítulo donde se realiza el cálculo y dimensionamiento del biodigestor del tipo “cúpula fija”, llevado a tres posibles escenarios técnicamente viables en la Estación Experimental de Zootecnia y donde sintéticamente se expresa algunas consideraciones sobre el medio ambiente y su preservación. Concluye este trabajo con Conclusiones y Recomendaciones sobre los resultados del trabajo realizado. Además se relaciona la bibliografía consultada y se incluye los anexos que complementan los resultados expuestos.

CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE DE LA TEMATICA.

1.1. Análisis teórico.

1.1.1. Biogás

El biogás se obtiene de la descomposición de materia orgánica (biomasa). La biomasa se encuentra en el interior del biodigestor, donde a través de la digestión y fermentación de las bacterias anaerobias se transforma en un gas llamado metano. Este tipo de bacterias no necesitan aire para sobrevivir, por eso el ambiente tiene que ser el más cerrado posible.(CERPCH 2012)

El Biodigestor es un depósito donde se pone la biomasa mezclada con agua. En su interior sucede la fermentación de la biomasa, dando origen al biogás.

Después de todo el proceso de producción de biogás, hay un excedente en el biodigestor que llamamos biofertilizante.

El biofertilizante puede ser utilizado como fertilizante orgánico para mejorar los suelos y el crecimiento de la planta.

Así, el uso de biofertilizantes tiene algunas ventajas, tales como:

- No presenta ningún costo en comparación con los fertilizantes inorgánicos;
- El mal olor no se propaga;
- Es rico en nitrógeno, sustancia muy escasa en el suelo;
- La biomasa que se encuentra dentro del biodigestor, sin contacto con el aire, mata todas las bacterias aerobias y gérmenes existentes en las heces y otros materiales orgánicos;
- Está libre de los parásitos de la esquistosomiasis, del virus de la poliomielitis y bacterias tales como la fiebre tifoidea y el paludismo;
- Recupera tierras agrícolas empobrecidas en nutrientes por el exceso o uso continuo de fertilizantes inorgánicos o sea sustancias químicas;
- Es un agente de la lucha contra la erosión, ya que mantiene el equilibrio ecológico reteniendo mayor cantidad de agua de lluvia;
- Los residuos de la materia orgánica tienen una capacidad de retención de la humedad del suelo, permitiendo que la planta se desarrollen durante la estación seca.
- En segundo lugar, cabe señalar que la única desventaja del uso de biofertilizantes es la no eliminación de la acidez del suelo causada por el uso excesivo de fertilizantes

inorgánicos dificultando, a menudo la absorción por la raíz de agua y nutrientes del suelo, tales como el potasio y el nitrógeno que influyen en la germinación y crecimiento de las plantas.((CERPCH) 2012, a)

1.1.1.1. Tipos de biodigestores

Cada biodigestor tiene una característica: Existen los de producción discontinua o de la producción continúa.

De producción discontinua:

La biomasa se coloca en un biodigestor que está completamente cerrado y sólo se abrirá después de la producción de biogás, que se llevará a cerca de noventa días. Después de la fermentación de la biomasa, el biodigestor se abre, se limpia y es nuevamente cargado para un nuevo ciclo de producción de biogás.

Dentro de los de producción continúa se tiene al biodigestor de “La Marina”, el cual es un tipo de modelo horizontal, la anchura es mayor que la profundidad, el área de exposición al sol es mayor, por lo tanto hay una mayor producción de biogás

Su cúpula es de plástico blando, como el PVC, que se infla con la producción de gas, como un globo. Puede construirse enterrados o no. La caja de carga es de mampostería, por lo que puede ser mayor para evitar obstrucciones. La cúpula se puede quitar, lo que ayuda en la limpieza. La desventaja de este modelo es el costo de la cúpula.

Otros como el biodigestor “Chino”, el cual se construye en ladrillo, es un modelo de una única pieza; donde las propiedades son pequeñas, por eso fue desarrollado este modelo que está enterrado, para ocupar menos espacio. Este modelo tiene un costo más barato en comparación con otros, porque la cúpula está hecha de mampostería. También tienen poca variación en la temperatura.

El biodigestor de la India que posee una cúpula, la cual generalmente es de hierro o fibra, es móvil. Se mueve hacia arriba y hacia abajo de acuerdo a la producción de biogás. En este tipo de biodigestor el proceso de fermentación sucede más rápido, pues aprovecha la temperatura del suelo que es relativamente constante, favoreciendo la acción de las bacterias. Ocupa poco espacio y la construcción por ser subterránea, evita el uso de refuerzos, tales como revestimientos de concreto. En caso de que la cúpula sea de metal se debe hacer uso de un buen trabajo de pintura antioxidante.

Por ser un biodigestor que es subterráneo, es necesario tener cuidado, evitando infiltración en las aguas subterráneas. Existen biodigestores en concreto, o metal, cubierto con lona sellada. Esta debe tener dos salidas, con dos válvulas, en las que se vierten los residuos orgánicos.(CERPCH 2012, b)

1.1.2. Biomasa

La biomasa son los desechos orgánicos que se encuentran en la naturaleza, que pueden utilizarse para producir biogás, tales como:

- Excrementos: (bovinos, porcinos, equinos, etc.);
- Plantas acuáticas (jacinto de agua, la baronesa, etc.);
- Follaje, Leña, Carbón vegetal;
- Gramas;
- Aceites vegetales
- Residuos (raciones, frutas, alimentos, etc.);
- Caña de azúcar
- Cáscaras de los cereales (arroz, trigo, etc.);
- Aguas residuales residenciales, (CERPCH 2012, c)

1.1.2.1. Biocombustible

El bio-diesel es un combustible que consiste en un ester monoalquílico, el cual puede ser obtenido de aceites orgánicos, vegetales o animales a través de un proceso denominado transesterificación (Demirbas, 2007). La reacción química es la siguiente:
$$\text{CH}_2\text{OCOR (Triglicérido)} + 3 \text{CH}_3\text{OH (Metanol)} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \text{ (Glicerina)} + 3 \text{COOCH}_3\text{R}$$

(Metil Ester-Biodiesel)

De esta forma un triglicérido es transformado en bio-diesel, en presencia de un catalizador y de una base, usualmente hidróxido de potasio (Christi, 2007; Demirbas, 2007). Un exceso de metanol es utilizado para forzar la reacción hacia la derecha. Luego el exceso de metanol es recuperado y re-utilizado. (Lafont. 2011)

1.1.2.2. Leña

Se puede obtener la leña a través de la extracción de plantas de regiones reforestadas o del bosque nativo. Se trata de una materia prima que se utiliza todavía hoy por, aproximadamente, la mitad de la población de la Tierra en las chimeneas, hornos,

estufas a leña, calderas en las industrias, pues es una fuente energética de bajo costo. Por lo tanto, ha recibido la designación de energía de los pobres por ser parte importante de la base energética de los países en desarrollo, llegando representar hasta un 95% de la fuente de energía en muchos países. En los países industrializados, la contribución de la leña alcanza un máximo de 4%.(CERPCH 2012, d)

1.1.2.3. Carbón vegetal

El carbón vegetal es obtenido por la quema de madera en hornos especiales, hechos de mampostería, que alcanzan una temperatura promedio de 5000°C .(CERPCH 2012, e)

1.1.2.4. Aceites vegetales

Dentro de los tejidos existentes en las hojas o los tallos de algunas plantas, hay una sustancia aceitosa que puede ser utilizado para quemar. También, se puede obtener esa sustancia de algunas semillas que, al pasar por un proceso mecánico de presión, son quebradas. Después de este proceso mecánico, se aplica un proceso químico que utiliza un disolvente líquido para extraer sólo el aceite. Posteriormente, este aceite se refina, clarificado y desodorizado perdiendo, así el fuerte olor.(CERPCH 2012, f)

1.1.3. Energía Eólica

La energía eólica se utiliza desde la antigüedad para mover barcos de vela, moler granos. Para la generación de electricidad, las primeras tentativas surgieron al final del siglo XIX, pero sólo un siglo más tarde, con la crisis internacional del petróleo (1970), es que había interés y las inversiones suficientes para viabilizar el desarrollo e aplicación de equipos en escala comercial. Hoy en día se esta convirtiendo en una alternativa energética., pues es una fuente de energía no contaminante y gratuita de energía.

Se llama energía eólica la energía cinética contenida en las masas de aire en movimiento (viento). Su aprovechamiento ocurre mediante la conversión de la energía cinética de traslación en energía cinética de rotación, con la utilización de turbinas de viento (eólicas), también llamadas aerogeneradores para la generación de electricidad, o las hélices (y molinos), para trabajos mecánicos como bombeo de agua.

Los recientes desarrollos tecnológicos (sistemas avanzados de transmisión, mejor aerodinámica, estrategias de control y funcionamiento de las turbinas, etc.) han reducido costos y mejorado el desempeño y la confiabilidad de los equipos. El costo de los equipos, que era uno de los principales obstáculos a la explotación comercial de la energía eólica, se redujo significativamente en las últimas dos décadas. Proyectos de energía eólica en 2002, utilizando modernas turbinas eólicas en condiciones favorables, tienen costos del orden de € 820 euros por Kw. instalado y la producción de energía a 4 centavos de euro por Kwh.(EWEA 2003)

1.1.3.1. Tipos de aerogeneradores

En el comienzo de la utilización de la energía del viento, surgieron turbinas de varios tipos - eje horizontal, eje vertical, con sólo una pala, con dos y tres aspas, generador de inducción, generador sincrónico, etc. Con el pasar del tiempo, se ha consolidado el proyecto de las turbinas eólicas con las siguientes características: eje de rotación horizontal, tres palas, alineamiento activo, generador de inducción y estructura no flexible. Los siguientes son los diferentes tipos de aerogeneradores:

Aerogeneradores de eje vertical, este tipo de turbina eólica tiene un eje vertical y aprovecha el viento que viene de cualquier dirección. Son más adecuados para la molienda de granos, recargas de baterías, riego. De los aerogeneradores con eje vertical el Savonius y el son los más utilizados.

Aerogeneradores de eje horizontal: utilizados para el bombeo de agua y generación de electricidad. Dependen de la dirección del viento y pueden tener una, dos, tres o cuatro palas. Para funcionar, la velocidad tiene que variar desde 35 a 30 Km/h y estar libre de obstáculos a una altura de 5 metros sobre el suelo. La Figura 3 muestra un de los aerogeneradores más utilizados en la generación de energía eléctrica.

Aerogeneradores de palas múltiples o de hélices, estos poseen de 16 a 32 palas y llegan a tener 15 m de altura. Son bastante encontrados en haciendas americanas, por eso también son conocidos como molinos americanos. Son más usados para el bombeo de agua y producen baja potencia debido al número elevado de palas.(CERPCH 2012, g)

El autor reitera que según reportes bibliográficos la generación de energía a través del viento se hace por un aerogenerador de tres palas. Este tipo aerogenerador tiene un

movimiento de rotación más rápido. El viento que pasa por el rotor acciona la turbina, que está acoplada a un generador eléctrico responsable de transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica.

La generación de la energía depende principalmente de la cantidad de viento que pasa a través del aerogenerador. La energía producida puede utilizarse para:

- Riego y electrificación rural;
- Iluminación pública;
- Carga de baterías y telecomunicaciones.

Otra de las aplicaciones lo es el bombeo de agua a través de la energía eólica para el cual se utiliza el aerogenerador de múltiples palas, una caja de rodamientos (cojinetes), una torre reforzada para la fijación del aerogenerador y una bomba hidráulica. La bomba debe ser acoplada a una barra de metal conectada directamente al eje del rotor del aerogenerador y ser instalada al lado del flujo de agua. El viento, al pasar a través del rotor, accionará la barra de metal, haciendo con que ella suba y baje, bombeando el agua para un depósito o estanque.(CERPCH 2012, h)

1.1.4. Energía Hidráulica

El uso de la energía hidráulica fue una de las primeras formas de sustitución del trabajo animal por el mecánico, particularmente para bombeo de agua y molienda de granos. Tenía a su favor, las siguientes características: disponibilidad de recursos, facilidad de aprovechamiento y, principalmente, su carácter renovable.

La energía hidráulica resulta de la irradiación solar y de la energía potencial gravitacional, que provocan la evaporación, condensación y precipitación del agua sobre la superficie terrestre, es la energía existente en el agua y que en determinadas condiciones de vacío y altura de caída, puede ser usada para mover máquinas. Así, la energía hidráulica es convertida en energía mecánica. Al contrario de las demás fuentes renovables, representa una parte significativa de la matriz energética mundial y posee tecnologías de aprovechamiento debidamente consolidadas. Actualmente, es la principal fuente generadora de energía eléctrica para diversos países y responde por cerca del 17% de toda la electricidad generada en el mundo.

Como elemento importante al utilizar la energía hidráulica del río, en el movimiento de máquinas para bombeo o generación de electricidad, es importante verificar si hay una

diferencia entre la altura del punto de captación del agua y el local donde será instalado el equipo hidráulico. Esa altura es definida como altura de caída [H] e igualmente importante lo resulta la cantidad de agua o el caudal necesario para que la máquina pueda trabajar.

Máquinas accionadas por el agua:

La energía proveniente de los cursos del agua, pueden ser aprovechados para accionar varios tipos de máquinas que desempeñan diferentes funciones, tales como:

- a. Monjolo, máquina usada en la molienda de los granos similar al mortero;
- b. Carnero hidráulico, máquina que funciona como una bomba;
- c. Rueda de agua, máquina usada para bombear agua y, también, para generar energía eléctrica en pequeña cantidad;
- d. Ariete hidráulico;
- e. Turbina hidráulica, máquina usada en diferentes tipos de plantas hidroeléctricas (micro, mini, pequeñas y centrales hidroeléctricas) y que acoplada a un generador transforma la energía mecánica en eléctrica. Para accionarlas es necesario realizar estudios técnicos para la creación de embalses o pequeños canales con la finalidad de acumular, desviar parte del agua de los ríos y crear las condiciones idóneas para el funcionamiento de determinado tipo de turbina hidráulica en función de los que brinda la naturaleza.

En este campo y dentro de las tecnologías intermedias o apropiadas de bajo recursos tenemos a:

El Monjolo, el cual es fácil de construir, pues puede ser hecho con un tronco de madera. Debe ser colocado en un local donde exista altura de caída suficiente para instalar un canal o zanja, cuya función es captar y desviar parte del flujo de agua para dentro de un recipiente que funciona como un tanque o estanque.

En la medida que este tanque es llenado, el peso del agua vence el peso del tronco haciendo levantar la otra extremidad. En este momento, parte del agua es arrojada y como el peso del agua restante en el estanque es menor que el peso del tronco, el mismo retorna a la posición inicial con fuerza suficiente para moler los granos que estarán dentro de un pilón.

El carnero hidráulico es una máquina de bajo costo, usada para bombear una pequeña cantidad de agua. Presenta facilidad de uso y requiere poco mantenimiento. Para su funcionamiento no hay necesidad de energía eléctrica o cualquier combustible, pues utiliza como energía la propia caída del agua. Las únicas piezas que pueden sufrir desgastes con el tiempo son la válvula de impulso y de recalque debiendo ser cambiadas. Es capaz de aprovechar el efecto que aparece de la interrupción rápida del movimiento del agua, en una dirección. Con esta interrupción, ocurre un aumento de la presión dentro de la máquina siendo suficiente para abrir la válvula de recalque, por la cual parte del agua es transportada por una manguera hasta un estanque localizado encima del carnero hidráulico.

El uso de las ruedas de agua es muy antiguo. En el año 2.000 a.C., en Egipto, ya era utilizada para el bombeo. Tenía la estructura hecha de madera rústica y baldes aferrados a esa estructura formando los tanques. Con el avance de la tecnología esa estructura fue perfeccionada hasta llegar a los modelos actuales. El funcionamiento se produce por causa de un desvío del flujo del agua local que es llevado hasta la rueda. Para hacer ese desvío se puede usar un tubo de PVC, chapas de acero galvanizado, canal de madera o mampostería (cemento) con una altura de 10 a 20 cm. del tipo superior de la rueda para que el agua al caer sobre las palas posibilite su giro.

La velocidad de rotación es muy baja, aproximadamente de 1 a 40 giros por minuto, sin embargo, puede ser utilizada para mover molinos, aserraderos; generar electricidad (100 a 3000 Watts) y bombear agua a un estanque.

Debe ser instalada sobre una base de madera, ladrillo o concreto, nivelada para que tenga un buen funcionamiento, (CERPCH 2012, i)

1.1.5. Energía Solar

Casi todas las fuentes de energía - hidráulica, biomasa, eólica, combustibles fósiles y la energía de los océanos - son formas indirectas de energía solar, lo que justifica la asociación "madre de las energías". Por otra parte, la radiación solar se puede utilizar directamente como fuente de energía térmica, para calentar líquidos y ambientes y para la generación de potencia mecánica o eléctrica. Puede todavía ser convertida directamente en energía eléctrica, por medio de efectos sobre determinados materiales, entre los cuales se destacan el termoelectrónico y el fotovoltaico.

El aprovechamiento de la iluminación natural y del calor para la calefacción de ambientes, llamada de calefacción solar pasiva, resulta de la penetración o absorción de la radiación solar en las edificaciones, reduciendo con esto, las necesidades de la iluminación y calefacción. Así, un mejor aprovechamiento de la radiación solar se puede hacer con la ayuda de las técnicas más sofisticadas de arquitectura y construcción,(CERPCH 2012, j)

1.2. Análisis de la situación de las energías renovables en el contexto cubano.

En Cuba antes de la Revolución la electrificación era de un 50 % y en las zonas rurales de un 18 %.

En las zonas de montaña, existen 416 asentamientos con un total de 129.000 viviendas en las que habitan 511.000 personas, considerando asentamiento a un grupo de más de 15 viviendas con menos de 200 metros de distancia entre ellas.

De estos asentamientos, en diciembre de 2000, 306 se encontraban electrificados por el SEN (Sistema Energético Nacional), 58 por grupos electrógenos y 27 por mini hidroeléctricas. Quedaban por tanto 25 asentamientos sin electrificar lo que supone el 6% de los mismos y el 11,25% de las viviendas, siendo los asentamientos con mayor dispersión y todavía habría que sumar las viviendas totalmente aisladas, es decir, en total quedaban 14.255 viviendas sin electrificar.

Cuba es uno de los primeros Países de América Latina donde se introdujo la tecnología del biogás. Según informaciones en el año 1954, en la ciudad de Guatemala se construyó la primera planta de biogás, sin embargo se conoce que en 1940, se construyó en Cuba, 2 digestores de 471m³ cada uno para obtener biogás a partir de residuales industriales en la cervecería del cotorro en la Habana. Esta planta se puso en funcionamiento en 1948 Por lo que la tecnología del biogás ha sido aplicada e investigada en Cuba desde la primera mitad del siglo XX,(Guardado Chapoyasha 23 de junio del 2010

).

Uno de los aspectos que ha incidido de forma satisfactoria en la toma de conciencia sobre las ventajas del empleo de los biodigestores, es el incremento de los rendimientos de los cultivos que se fertirriegan con el lodo y los efluentes líquidos, ya que han podido apreciar que estos experimentan un aumento superior a 25% en todos

los cultivos en los que se han empleado. Este resultado alcanza incluso la producción de cultivos tan sensibles como la frutabomba, la cual requiere en condiciones normales del empleo de una gran cantidad de agroquímicos para contrarrestar las plagas y enfermedades que la atacan. Se ha logrado la producción de una hectárea de frutabomba desde la siembra de las posturas hasta la cosecha sin emplear un solo gramo de producto químico, solo con el fertirriego con lodo de biogás. Este resultado se obtuvo en la finca del campesino Omar González, perteneciente a la CCS Rodobaldo López, del municipio de Cárdenas, en la localidad de Cantel, lo cual pudo ser apreciado por los participantes en el Taller de Agroecología del tercer paso de la aplicación de la metodología de promoción agroecológica de campesino a campesino, desarrollada en la finca del propietario de la citada plantación (M.Sc. Sánchez Rodríguez José 2007)

Estudios de potenciales realizados en Sancti Spiritus demuestran que la industria azucarera podría generar valores cercanos al 50 % de la demanda anual de electricidad, (Romero Osvaldo 2005)

La situación de Cuba en cuanto a la energía eólica ha ido mejorando en los últimos años, esto se hace palpable en el parque eólico de Gibara: En Cuba, el Parque Eólico Gibara 1 se puso en marcha a principios de 2008, en la provincia de Holguín, y constituyó el segundo parque instalado en Cuba después de comenzada la Revolución Energética. El parque eólico, desde que comenzó a trabajar en febrero de 2008 y hasta el último día de agosto antes de ser dañado por el huracán Ike, había generado 6 723,7 MWh para un factor de capacidad de 27%, por lo que su comportamiento puede calificarse como bueno. Esto demuestra que el estudio de viabilidad realizado en la etapa del proyecto fue correcto y que el sitio muestra resultados satisfactorios para continuar con la instalación de otros parques.(Figueredo 2009)

El país cuenta con un total de 180 instalaciones hidrogeneradoras, distribuidas en 9 provincias y 38 municipios, las cuales por sus rangos de potencia se denominan como Micro hidroeléctricas, Mini hidroeléctricas y Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHE), de este total, 149 prestan servicio de energía eléctrica a 8629 viviendas con más de 34990 habitantes en zonas montañosas y rurales de difícil acceso, donde se incluyen además 78 consultorios médicos, 138 escuelas, y otros 188 objetivos

económicos y sociales, las restantes 31 hidroeléctricas entregan su energía al Sistema Electro energético Nacional (SEN), (Empresa de Hidroenergía UNE MINBAS 2008)

El autor ha podido constatar que en la provincia de Guantánamo posee un 75 % de su territorio montañoso. Esta orografía condiciona de una forma importante la electrificación, no solo por el coste de construcción de las líneas de distribución eléctrica, sino porque también la población se distribuye de una forma muy dispersa y habría que construir también muchas pero pequeñas líneas de reparto final.

A partir del año 2001 se comenzó un programa de electrificación en la provincia de Guantánamo con paneles fotovoltaicos para aprovechar la energía solar, habiendo llegado hasta el 2004 a 410 escuelas y 165 "*salas de video y televisión*", que se utilizan para educación, cultura y entretenimiento de la población en general.

Hasta el 2004 en las viviendas se ha conseguido instalar paneles en 200 viviendas, a las que se dota de paneles solares, baterías, televisión, radio grabadora y 5 bombillas de bajo consumo para iluminación, todo ello de forma gratuita.

Centrándose este análisis en la misma provincia, para la electrificación de estas viviendas y núcleos de población por el SEN (Sistema Electroenergético Nacional) sería necesaria una grandísima inversión para afrontar unas infraestructuras (torres, caminos, desmontes, etc.) que tendría un impacto ambiental de graves consecuencias. Por ello, se optó por la electrificación con energía solar mediante paneles fotovoltaicos; sistema más económico, más respetuoso con el medio ambiente y que permite la no dependencia de los usuarios con respecto a los sistemas centralizados de distribución de energía. Este programa se financia en casi su totalidad por el gobierno cubano.

Estas "escuelas" y "salas de video y televisión", al convertirse en muchos casos en el único lugar con energía eléctrica en la comunidad, se utilizan no solo para los estudios reglados de niñas y niños, sino que su uso se extiende al de centro social y de reunión para, por ejemplo ver televisión, lectura y ocio en general. También para la educación de personas adultas en temas como salud, técnicas agrícolas, educación medioambiental, sexual, higiene, etc. Gracias a esta dotación, también llega a las montañas el programa "*Cultura para todos*" que consiste en cursos por televisión, publicación de materiales con el diario Granma y acceso a las tutorías a través del teléfono.

A partir de 1990 fueron los consultorios médicos los primeros en ser electrificados por paneles fotovoltaicos allí donde no llegaba el SEN. Hoy suman 79 en la provincia de Guantánamo. Esto no solo significa tener luz para la vivienda del médico de familia y para las consultas, sino que significa poder tener frigoríficos para guardar medicamentos, vacunas, muestras para analíticas, reactivos, etc., así como disponer de otro tipo de material y equipos clínicos que necesiten de energía eléctrica para su funcionamiento. Además a estos consultorios se les dota de un radioteléfono, lo que rompe el aislamiento de la comunidad ante cualquier emergencia. (Wikipedia)

En el Reparto Industrial de Nueva Gerona se instalaron calentadores solares térmicos de tubos de vacío, para el calentamiento de agua sanitaria, destinada al consumo de personas en ocho edificios, los cuales son de tres plantas, con tres escaleras de seis apartamentos, para un total de 144 apartamentos beneficiados con el servicio de agua caliente para sus necesidades.

Características técnicas de los calentadores solares:
En la tabla 1 se muestran los valores de capacidad de entrega diaria de agua caliente, así como el volumen de agua que almacenan, etc., tomando como nivel promedio de insolación 4 200 Kcal/m² al día.

Tabla # 1. Datos técnicos de los colectores solares térmicos

Modelo	Número de tubos	Volumen del tanque, L	Peso bruto, Kg	Entrega L/día (a 45 °C)	Área de absorción, m ²
LPC47-1512-30-ACF	12	90	125	160	2,09
LPC47-1530-30-ACF	30	200	260	350	5,23

En la azotea de cada edificio se instaló una batería de seis módulos, y cada módulo cuenta con tres colectores, que están conectados individualmente para cada apartamento, es decir, que cada apartamento consume agua de un solo colector, para un total de 18 colectores por edificio.

En el esquema de la instalación de cada uno de los edificios se muestra cómo es la ubicación de cada colector y su modo de identificación para de esta forma poder

localizar un colector determinado y brindarle un posible mantenimiento o reparación en caso de que lo necesite.

Para poder llevar a cabo el proyecto, en la Isla de la Juventud se efectuó una búsqueda de los edificios que cumplieran con las condiciones necesarias para la instalación de los colectores solares, pues en muchos de ellos el tanque de alimentación de agua no tiene la altura suficiente para garantizar el correcto funcionamiento de los calentadores térmicos, también se estudiaron los entornos, por si se encontraban barreras arquitectónicas que afectaran a los colectores, provocando sombras en algún horario determinado del día.

En la encuesta realizada para monitorear el uso del agua caliente, obtenida de los colectores solares térmicos y el nivel de satisfacción de los clientes, se llegó a los resultados siguientes:

1. Se dejan de utilizar los equipos eléctricos para calentar agua, que en encuesta anterior al montaje (118 viviendas), se comportaba de la manera siguiente:
 - a. Con tirabuzón: 54,2%.
 - b. Con hornilla eléctrica: 30,5%.
 - c. Con olla arrocera: 1,7%.
 - d. Con olla reina: 1,7%.
 - e. Con gas: 2,5%.
 - f. El 87,3 % calentaba agua para el baño.
 - g. Un total de 343 personas utilizaban agua caliente para bañarse, para 76,7% del total.
2. Se comienza a utilizar este servicio en otras actividades, como la preparación de alimentos, el fregado de los utensilios de cocina, en el afeitado, etcétera.
3. Disminución del consumo de la energía eléctrica.

Se obtuvo alto nivel de satisfacción con el uso de esta tecnología por su sencillez en cuanto a la adaptación a la misma, facilidades de los nuevos usos que brinda, casi nulo nivel de rotura y/o problemas técnicos.

Con la instalación de los calentadores solares térmicos se logró una disminución del consumo de la energía eléctrica y/o gas en cada uno de los apartamentos de los edificios, debido a que no tenían que emplear ningún tipo de energía para calentar el agua que necesitaban para su consumo.

Esto se muestra en los análisis siguientes:

Datos y premisas para el análisis:

Variante 1

Resultados de las mediciones en el reparto Zona Industrial, Nueva Gerona, a los que se les instalaron calentadores solares térmicos y puestos en marcha a finales del mes de diciembre de 2007. Las mediciones son realizadas antes y después de la instalación.

Variante 2

Resultados de las mediciones en tres edificios del reparto Abel Santamaría, cada uno con 40 apartamentos o clientes (120 clientes), a los cuales no se les instalaron calentadores solares térmicos.

El consumo total mensual disminuyó en los meses de enero y febrero, en los años correspondientes a 2007 y 2008.

Tabla # 2. Disminución de consumo total mensual, MWh.

	Enero			Febrero		
	2007	2008	Ahorro	2007	2008	Ahorro
Variante 1	23,4	18,84	4,56	21,036	17,97	3,07
Variante 2	3,294	2,296	1,00	2,129	2,789	0,66

Como se puede observar en la tabla 2, el ahorro del consumo con relación a los dos meses de estudio, disminuyó mucho más en los edificios en los cuales fueron beneficiados con el montaje de los colectores solares térmicos. Hay que señalar que esta disminución de consumo no necesariamente depende de las instalaciones solares, puesto que pueden influir otros factores que inciden en la disminución energética; pero brinda una amplia idea de lo beneficioso que es para el ahorro energético la inclusión de esta tecnología (calentadores solares chinos de tubos al vacío), la cual es nueva en Cuba.

El consumo promedio por cliente también disminuye en relación de un año con respecto a otro.

Tabla # 3: Disminución de consumo promedio por cliente ref. (M.Sc. Ing. Joel Morales Salas 2008)

	Enero			Febrero		
	2007	2008	Ahorro	2007	2008	Ahorro
Variante 1:Kwh.	185,7	149,5	36,2	167,0	142,6	24,4
Variante 2:Kwh.	183,0	127,6	1,8	154,9	118,3	1,3

En la tabla 3 también se puede observar una disminución en el consumo promedio por cliente. La variante 1 presenta una disminución mucho mayor a la de la variante 2, debido en gran medida a la introducción de los colectores solares en los edificios de la Zona Reparto Industrial.

En la figura 1 se puede apreciar cómo en el horario de 6:00 a 10:00 p.m., que es en el que se encuentra la mayoría de las personas en los apartamentos, por lo que aumenta la demanda, la curva después de la puesta en marcha de los calentadores solares registra una reducción importante.

Donde:

- La curva de los puntos en negro muestra el comportamiento de la demanda del consumo de la energía eléctrica de los clientes antes de instalarse los calentadores solares.
- La curva de la línea continua de color rojo muestra el comportamiento de la demanda del consumo de la energía eléctrica de los clientes después de instalarse los calentadores solares.

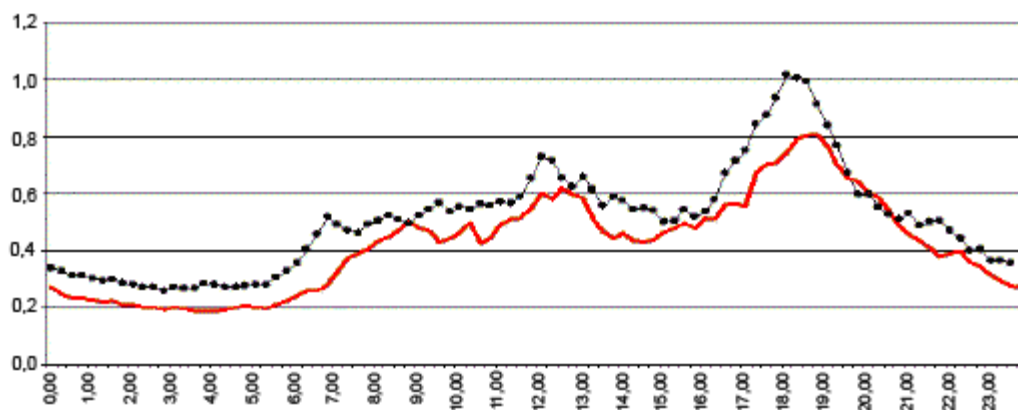


Fig. 1. Demanda energética de los consumidores antes y después de la instalación de los colectores solares térmicos, Kwh. /día.

Por las lecturas realizadas por los metrocontadores eléctricos en los mismos edificios, antes y después de la puesta en marcha del proyecto, se obtuvo que como promedio se observa una disminución de la demanda en el horario pico de 0,2 KW por vivienda, en tanto el consumo en este mismo horario bajó 0,8 kWh. (M.Sc. Ing. Joel Morales Salas 2008)

1.3. Análisis de la situación de las energías renovables en el contexto internacional.

Como parte de las aplicaciones o usos del biogás, internacionalmente y cubriendo una amplia gama desde 150 hasta 1240 KW de potencia, los motores a Gas de “Guascor Power” son una referencia en su clase. Soluciones perfectas para la instalación de grupos de cogeneración o trigeneración que suponen una de las mejores vías para reducir costes en el suministro energético al tiempo que cuidamos nuestro medio ambiente. Motores y grupos de generación que suponen un aprovechamiento energético del más alto nivel, manteniendo los niveles de emisiones cumpliendo las más exigentes normativas. (GUASCOR 2011).

Tabla # 4: Tipos de motores de gas de distintas Cilindradas. (Fuente GUASCOR, 2011).

Tipo	Nº Cil.	Cilindrada	Motores			Grupos		
			1200 rpm kWm	1500 rpm kWm	1800 rpm kWm	1200 rpm/60Hz ekW	1500 rpm/50Hz ekW	1800 rpm/60Hz ekW
FG 180	6L	17,96	-	150	180	-	142	171
FG 240	8L	23,96	-	200	238	-	191	226
FGLD 180/55	6L	17,96	-	275	300	-	264	287
FGLD 240/55	8L	23,96	-	360	400	-	347	385
FGLD 360/55	12V	35,93	-	550	600	-	529	577
FGLD 480/55	16V	47,9	-	725	800	-	702	774
SFGLD 180	6L	17,96	252	314	350	242	300	336
SFGLD 240	8L	23,96	335	419	453	322	405	436
SFGLD 360	12V	35,93	503	630	700	486	609	676
SFGLD 480	16V	47,9	670	838	906	649	812	874
SFGLD 600	20V	59,9	788	985	-	762	957	-
SFGLD 840	28V	83,9	-	1055	1100	-	1025	1065
SFGLD 1080	36V	109,9	-	520	-	-	502	-
SFGLD 1320	44V	135,9	1040	1240	1350	1007	1204	1308

360		
SFGLD	16V	47,9
480		
SFGLD	16V	56,3
560		
SFGM560	16V	56,3
HGM 240	8L	24
HGM 560	16v	56,3

Alrededor del 40% de la leña producida en Brasil es transformada en carbón de leña. El sector residencial es el que más consume leña (29%), después del carbón de leña. Normalmente se destina para la cocción de alimentos en las zonas rurales. Una familia de 8 personas necesita cerca de 2 m³ de leña por mes para preparar sus comidas. El sector industrial que viene a continuación con aproximadamente el 23% del consumo. Las principales industrias que consumen leña en el país son la alimenticia y de bebidas, así como de cerámicas, papel y celulosa.(CERPCH 2012, k)

A diferencia de lo ocurrido en los países industrializados, en Brasil, el uso industrial del carbón vegetal es una práctica muy extendida. Brasil es el mayor productor mundial de ese insumo energético, que atiende aproximadamente una cuarta parte de toda la energía consumida en los altos hornos del Brasil. En el sector industrial (casi el 85% del consumo), lingotes de hierro, acero y ferro aleaciones son los principales consumidores de carbón vegetal, que actúa como un agente reductor (coque vegetal) y energético al mismo tiempo. El sector residencial consume alrededor del 9%, seguido por el sector comercial, tales como parrillas, pizzerías y panaderías con el 1,5%. También se usa en las locomotoras de vapor todavía existentes en algunas partes de Brasil. 30% del carbón es obtenido a partir de la reforestación y el 70% proviene de la deforestación de grandes extensiones de sabana en el norte de Minas Gerais, sur de Bahía, en la región de Carajás en el Pará y Maranhão.(CERPCH 2012, l)

En el contexto brasileño actualmente, se estudia la posibilidad de sustituir el diesel por diferentes cantidades de aceite vegetal, que son una alternativa al aceite diesel para uso en motores de combustión interna, automoción y estacionarios. Especialmente el uso de aceite de ricino (higuerilla) y de palma en motores de automóviles, contribuyendo significativamente a la reducción de la contaminación. Además de los

aspectos socio económicos en juego, esta práctica puede facilitar el desarrollo sostenible, especialmente en las comunidades rurales, (CERPCH 2012, m)

Según estadísticas de sector azúcar-alcoholero en el Brasil, la caña de azúcar se considera como la principal forma de biomasa energética, base para toda la agroindustria azúcar-alcoholero, representada por 350 industrias de azúcar y alcohol y 1.000.000 de puestos directos e indirectos en todo el Brasil, (CERPCH 2012, n)

Según diversos estudios, el potencial de generación de electricidad a partir de bagazo de caña en Brasil se estima en unos 4.000 MW con tecnologías disponibles comercialmente. Los cambios en las reglas del mercado de energía, están creando mejores condiciones para el suministro de energía de productores independientes, pueden ser atractivas para el sector de azúcar y alcohol, que han estado experimentando cambios y acompañando el desarrollo tecnológico, para aumentar su producción de electricidad.(CERPCH 2012, ñ)

Se vive en una sociedad que estimula el consumo y la producción en gran escala. La filosofía de desechable y del exceso de envases predomina en muchos sectores del mercado lo que significa directamente más residuos. En 1995, Brasil produjo 241.614 toneladas de basura al día, y el 76% estaba expuesto a cielo abierto basureros (IPT / CEMPRE). De acuerdo con una empresa de limpieza pública de actuación nacional, hay un crecimiento de alrededor del 5% anual en la cantidad de residuos generados. Gran parte de la basura no es recogida permaneciendo junto a las residencias. La producción de residuos "per. Cápit" actual es de alrededor de 600 gramos por habitante/día y hay pocos rellenos sanitarios o rellenos controlados en Brasil. En Sao Paulo, por ejemplo, se estima que cada habitante produce 1 Kg. de residuos por día. Este valor tiende a crecer, haciendo el problema de la basura inexorable e irreversible, creando la necesidad de buscar alternativas más eficaces y eficientes. El contenido de materia orgánica (C, H, O, N) de los residuos en Brasil es del 60% dándole un buen potencial de energético. El Poder Calórico Inferior (PCI) medio de los residuos de domicilios es de 1.300 Kcal. /Kg. (5,44 MJ/Kg.). Según la tecnología utilizada y con la composición físico-químico de los residuos, se estima una producción de 0.035 MW/tonelada de residuos, a través de la incineración, (CERPCH 2012, o)

En Brasil, agua y energía tienen una histórica relación. La contribución de la energía hidráulica al desarrollo económico del país ha sido expresiva, sea en el atendimento de las diversas demandas de la economía – actividades industriales, agrícolas, comerciales y de servicios – o de la propia sociedad, sea en la mejora del confort de las habitaciones y de la calidad de vida de las personas. También desempeña papel importante en la integración y en el desarrollo de regiones distantes de los grandes centros urbanos e industriales.

La contribución de la energía hidráulica en la matriz energética nacional, es del orden de 79 % de toda la energía eléctrica generada en el País. A pesar de la tendencia de aumento de otras fuentes, debido a restricciones socio-económicas y ambientales de proyectos hidroeléctricos y a los avances tecnológicos en el aprovechamiento de fuentes no convencionales, todo indica que la energía hidráulica continuará siendo, por muchos años, la principal fuente generadora de energía eléctrica del Brasil. Aunque los mayores potenciales remanecientes estén localizados en regiones con fuertes restricciones ambientales y distantes de los principales centros consumidores, se estima que, en los próximos años, por lo menos 50% de la necesidad de expansión de la capacidad de generación sea de origen hídrica, (CERPCH 2012, p)

La energía hidráulica suministra 17% de la electricidad producida en el mundo, con una capacidad instalada de unos 730 GW, y con otros 100 GW en proceso de construcción. De ese modo, resulta la más importante de las fuentes renovables de energía para la producción de electricidad. Esa energía se produce en grandes y pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHE). Todavía no existe una definición aceptada internacionalmente de PCHE, y su potencia límite se ha definido de modo diferente en diversos países y por distintas autoridades. Por ejemplo, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) considera PCHE las estaciones que tienen una potencia instalada de menos de 5 MW. La Comisión Europea asigna a ese límite 10 MW; la India lo sube a 25 MW; China, a 50 MW. Otros lo consideran como de 15 MW y hasta de 30 MW. Con esta incertidumbre resulta difícil interpretar cuando algunos autores, como Taylor, Upadhyay y Laguna, refieren que la potencia instalada en PCHE en el mundo en el 2002 era de 47 GW, similar en escala a la de otras fuentes renovables,(Franco 2009).

La mayor parte del territorio brasileño se encuentra relativamente cerca del ecuador, por lo que existen amplias variaciones en la duración del día solar. Sin embargo, la mayoría de la población brasileña y las actividades socioeconómicas en el país se concentran en las regiones más alejadas del ecuador. En Porto Alegre, capital brasileira más meridional (cerca de 300 S), la duración del día solar varía de 10 horas y 13 minutos a 13 horas y 47 minutos, aproximadamente, entre junio 21 y 22 de diciembre, respectivamente. Por lo tanto, para maximizar el aprovechamiento de la radiación solar, se puede ajustar la posición del colector o panel solar de acuerdo con la latitud local y la época del año en que se requiere más energía. En el Hemisferio sur, por ejemplo, un sistema de captación solar fijo debe ser orientado para el norte, con un ángulo de inclinación similar al de la latitud local. (CERPCH 2012, q)

En Argentina hay quince parques eólicos operando y siete en proyectos. Casi todos los parques en operación abastecen a una red local cautiva de usuarios clientes de la cooperativa, como distribuidora local, más excedentes que tributan a la red (ver tabla siguiente).

Tabla # 5: Parques eólicos argentinos.

Localidad	Provincia	Puesta en servicio	Potencia total, kW	Máquinas Cantidad / Marca
Río Mayo	Chubut	2,9	120	4 x 30 kW / Aeroman
Comodoro Rivadavia	Chubut	1,94	500	2 x 250 kW / MICON
Cutral Co	Neuquén	10,94	400	1 x 400 kW / MICON
Pehuen Co	Buenos Aires	02/.95	400	1 x 400 kW / MICON
Pico Truncado	Santa Cruz	5,95	1 000	10 x 100 kW / VENTIS
Tandil	Buenos Aires	5,95	800	2 x 400 kW / MICON
Rada Tilly	Chubut	3,96	400	1 x 400 kW / MICON
Comodoro Rivadavia	Chubut	9,97	6 000	8 x 750 kW / NEG-MICON
Mayor Buratovich	Buenos Aires	10,97	1 200	2 x 600 kW / AN BONUS
Darregueira	Buenos Aires	9,97	750	1 x 750 kW / NEG-MICON
Punta Alta	Buenos Aires	12,98	1 800	3 x 600 kW / AN BONUS
Claromeco	Buenos Aires	12,98	750	1 x 750 kW / NEG-MICON
Pico Truncado	Santa Cruz	3,01	2 400	4 x 600 kW / ENERCON
Comodoro Rivadavia	Chubut	10,01	10 560	16 x 660 kW / GAMESA
General Acha	La Pampa	11,02	1 800	2 x 900 kW / NEG-MICON
Total operativo			28 880	

En la mayoría de los casos, para esas cooperativas el precio de venta a sus clientes, de alrededor de 7,5 centavos USD/kWh, supera el costo de generación propio, que es alrededor de 6,7 centavos USD/kWh. Como por tarifas fijadas por razones de política del Gobierno para evitar problemas de índole social, las cooperativas estarían en

condiciones de comprar energía a la red a solamente 3 centavos USD/kWh.(Spinadel 2010).

A nivel mundial la potencia de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red prácticamente se duplica cada año desde 1998; como ejemplo, de 120 MW instalados en el 2000 la potencia creció hasta 200 MW en el 2001. Esta tendencia se mantiene y amplía en los últimos años (Fig. 2).

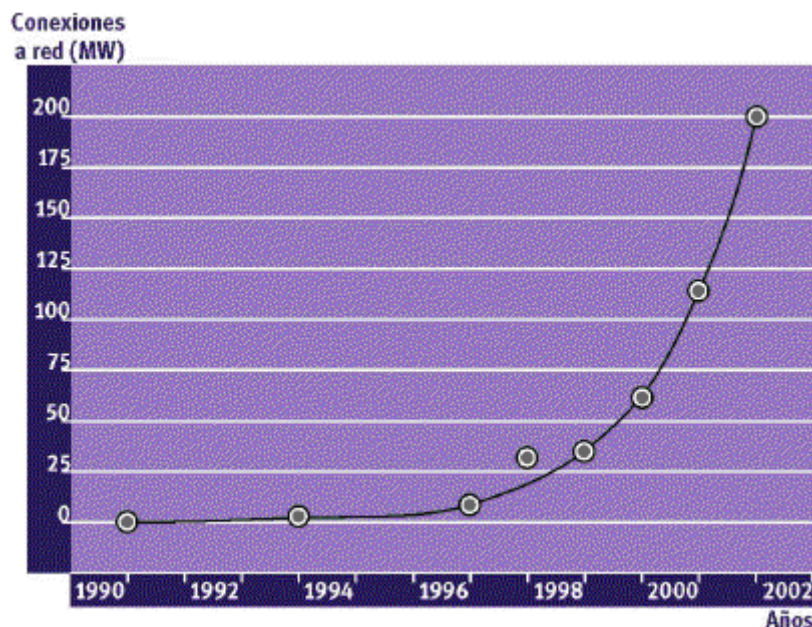


Fig. 2. Crecimiento mundial de los sistemas conectados a la red.

En esta aplicación de los sistemas fotovoltaicos se encuentran a la vanguardia Japón y Alemania, con 90 MW de sistemas instalados a la red en el 2001. Se confirma un crecimiento muy fuerte en los últimos años. En comparación con Japón, los sistemas conectados a la red en Cuba deberán competir con ventajas. En el caso de Europa, y en particular de Alemania, debido a la mayor insolación y radiación en nuestras latitudes, la generación de un sistema en Cuba producirá más energía. Mientras que en Alemania y el resto de Europa los sistemas conectados a la red sustituyen energía generada con grandes hidroeléctricas y plantas nucleares en sistemas nacionales interconectados a través de todo el continente, en Cuba sustituiría básicamente energía de termoeléctricas de baja y mediana potencia y eficiencia, que queman combustibles fósiles para un sistema relativamente pequeño y débil, largo y estrecho, lo que resultaría en una mayor ventaja económica.

En un informe del Instituto del Medio Ambiente de la Comisión Europea, (ver tabla 6), al pronosticar la evolución del crecimiento fotovoltaico mundial, se exponen las cifras siguientes, basadas en las llamadas hojas de ruta elaboradas para Japón, los Estados Unidos y la Comunidad Europea

Tabla # 6: Evolución del crecimiento Fotovoltáico, (Martínez 2007).

Año	2000	2010	2020	2030
EEUU [MW]	140	3 000	15 000	25 000
Europa [MW]	150	3 000	15 000	30 000
Japón [MW]	250	5 000	30 000	72 000
Todo el mundo [MW]	1 000	14 000	70 000	140 000

1.4 Conclusiones parciales.

1. Las energías renovables constituyen una oportunidad para la generación de energía o electricidad que puede competir a mediano y largo plazo con las tecnologías convencionales, a pesar de los altos costos de inversión inicial que poseen la mayoría de ellas.
2. Las alternativas llamadas intermedias o apropiadas por sus bajos costos, pueden lograr impactos puntuales localmente, por lo tanto son susceptibles a analizar independientemente de sus limitaciones y eficiencias.
3. Dada las características de Cuba, la energía solar y especialmente la biomasa constituyen una de las opciones más atractivas a partir del potencial existente, entre ellas el biogás para la generación de calor dado sus bajos costos y facilidades constructivas.

CAPITULO II. ESTACION DE ZOOTECNIA. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA DEL BIOGAS.

2.1. Introducción.

Tal y como pudo apreciarse en el capítulo I, una de las conclusiones parciales del mismo se centraba en la oportunidad que presenta el recurso biomasa y especialmente la tecnología del biogás en el contexto cubano.

Dado a que el objetivo de este trabajo lo constituye analizar y precisar las posibilidades de la implementación de alguna forma de energía a partir de los criterios de disponibilidad de los recursos existentes en esa instalación y que contribuya a mejorar los procesos tecnológicos en la estación de zootecnia de manera tal que esta no influya sobre la capacidad de asignación de consumo eléctrico de la Universidad, se procederá a estudiar al biogás como posible alternativa, siempre tomando en cuenta que esta estación se encuentra electrificada y por lo tanto, cualquier acción dirigida al uso de una alternativa energética adicional y en este caso renovable, estará basada sobre la eficiencia energética y dirigida a mejorar algún proceso o parámetro dentro del funcionamiento de la estación experimental.

Por lo tanto en este capítulo se caracterizará la estación de Zootecnia en algunos de sus aspectos que tienen relación con la posible implementación de una forma de energía adicional, específicamente el biogás, se analizarán sus potencialidades o disponibilidad de recursos orgánicos y se prevé relacionar en este capítulo los conocimientos mínimos que deben tenerse en cuenta al seleccionar, dimensionar y construir una planta de biogás sencilla, la cual sea capaz de satisfacer la demanda de energía de determinado(s) proceso(s) y de proporcionar un posible ahorro de energía con la intención de darle un fin útil a las excretas de los animales y por ende contribuyendo a preservar el medio ambiente. Se relacionan de manera sucinta las experiencias de los usuarios y técnicos que a lo largo de los últimos quince años han trabajado e intercambiado sobre el tema mediante talleres, como el realizado en Sancti Spíritus del 27 al 29 de febrero de 2006, dedicado a la actualización y perspectivas de la producción de biogás en Cuba bajo el principio del desarrollo sostenible, con participación extranjera y una representación importante de instituciones, centros y personalidades provenientes de casi todos los territorios del país.

2.2. Caracterización de la estación de Zootecnia.

2.2.1. Aspectos relevantes sobre la alimentación animal y su contexto actual.

Dado que el campo de acción lo constituye el posible beneficio que se le pueda brindar a los alimentos para los animales que constituyen la base fundamental del éxito de esta estación experimental se realizará una breve caracterización, obtenida a partir de una entrevista o referencia personal, de los tipos de alimentos que son susceptibles a utilizar y otros a beneficiar mediante el uso del calor por el biogás.

Todo sistema de producción animal para que sea estable requiere de un abastecimiento continuo de alimentos lo cual exige de un almacenamiento que garantice su conservación. La conservación estable de granos de cereales, granos y tortas proteicas, raíces, tubérculos y forrajes de calidad para consumo animal por largos períodos de tiempo resulta un desafío bajo nuestras condiciones climatológicas. Estas razones justifican el desarrollo de acciones científico-tecnológicas dirigidas a aumentar el nivel de utilización de estos alimentos de producción local en las dietas y raciones para los cerdos. También encontrar soluciones viables a la conservación de estos alimentos contribuye a la estabilidad de la producción.

Los bajos rendimientos agrícolas de los granos de cereales en el área tropical (maíz y sorgo) constituyen una limitación para obtener una producción rentable, cuando el grano es destinado a la alimentación de monogástricos. Sin embargo, se puede combinar la producción de granos para alimentar a los cerdos con la forrajera para la alimentación de rumiantes (Marrero, et al. 1999). El cultivo del sorgo ha demostrado su viabilidad bajo nuestras condiciones agroecológicas y sistemas de bajos insumos (Martín et al. 1992). No obstante, los sorgos rojos con elevados potenciales de rendimiento y rusticidad en Cuba (Castro et al. 2002), por lo general contienen elevados niveles de factores antinutricionales que pueden ser reducidos significativamente cuando son ensilados (Hartman et al. 2004) .

Se sabe que la producción de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) es viable en nuestro país (Ponce et al. 1999; Díaz et al. 2004) y existe gran interés en muchos productores de utilizar sus granos, sin embargo los factores antinutricionales que contienen (Liener 1989), exigen la cocción o el tostado previo al consumo por los animales y estas operaciones resultan complicadas y costosas.

Potencialmente existen varios tipos de alimentos que se producen localmente que pueden contribuir a tal efecto. Algunos problemas como los factores antinutricionales presentes en los sorgos de granos rojos y en leguminosas como soya, cowpea y canavalia limitan, en diferente medida, la eficiencia de su utilización. Por otra parte, los métodos utilizados hasta el presente para reducir estos factores en los granos en estado natural resultan complicados en su manipulación y sobre todo costosos por el elevado consumo de energía, lo cual lo hace poco factible en nuestras condiciones.

La utilización de alimentos forrajeros para cubrir parte de las necesidades de proteína y energía presenta limitaciones por los elevados niveles de fibra que estos aportan a las dietas de los cerdos. Importante es la producción local de raíces y tubérculos, principalmente yuca y boniato, los cuales además de ser ricos en carbohidratos constituyen fuentes de forraje de elevada calidad, los mismos actualmente se utilizan muy poco en la alimentación de los cerdos.

Si bien las disponibilidades de mieles de caña se han reducido en concordancia con el descenso de la producción de azúcar, el jugo de caña (guarapo) es un alimento rico en energía que presenta grandes posibilidades de producción y utilización por parte de medianos y pequeños productores en el país.

Otra limitante para el empleo efectivo de estos alimentos es la imposibilidad de conservarlos por largos períodos de tiempo sin que se deterioren como lo es el caso de los residuos de alimentos que provienen del comedor ya en estado de descomposición, en el anexo 1 se muestra una relación de datos estadísticos de la cantidad de residuos de alimentos que se entrega a la Empresa Porcina por parte de los comedores Universitarios, lo cual evidentemente constituye una fuente de alimentación a considerar para la estación de Zootecnia debido a su disponibilidad y bajo costo agregado.

Por otro lado los cereales y tortas proteicas pueden llegar a representar hasta el 90 % de los componentes de concentrados utilizados en la producción porcina. En nuestro país los mismos son importados casi en su totalidad. Resulta obvio señalar la vulnerabilidad actual de cualquier sistema de producción animal dependiente de elevadas importaciones.

Un elemento interesante aportado en esta entrevista personal, (Limas Raciél, 2012), lo constituye la elaboración de ensilajes de pastos y forrajes la cual fue una tecnología muy empleada en Cuba hasta finales de la década del 80. A partir de ese momento no fue posible continuar esta práctica por limitaciones energéticas, fundamentalmente, aunque la calidad del producto conservado no justificaba su empleo en la mayoría de los casos. Sin embargo en países desarrollados, el ensilaje de plantas con elevada calidad nutritiva (Pieper 2000) con adición de inoculantes microbianos que garantizan una buena fermentación posibilita que el mismo sea un alimento que en determinado nivel pueda cubrir parte de los requerimientos nutritivos de los cerdos.

Estos resultados indican que en condiciones cubanas si se ensila un alimento de elevada calidad introduciendo técnicas novedosas y se suministra en raciones alimenticias de animales con adecuado potencial productivo es factible la justificación económica de su empleo.

2.2.2. Análisis del potencial de animales, previendo un escenario dado, en la estación de zootecnia.

Tabla #7. Vaquería. Caracterización de la población animal por área. (Fuente, consulta personal director de la estación Limas Raciél, 2012):

Año 2012	Cantidad	Proyección para el año 2014	Cantidad
Vacas	30	Vacas	71
Natalidad	80	Natalidad	80
Partos	24	Partos	57
L/vaca	6.0	L/vaca	8.0
L/lactancia (240 d)	34 560	L/lactancia (240 d)	109 440
L/ha/lactancia	973	L/ha/lactancia	3 082
Intervalo entre partos	456 d	Intervalo entre partos	456 d
Carga Global	1.26 UGM/ha	Carga Global	1.8 UGM/ha

Tabla #8: Número de animales actuales (por ciclo productivo). Cerdos y ovino-caprinos.
(Fuente, consulta personal director de la estación Limas Raciél, 2012):

Denominación	Peso	Cantidad
Cerdas reproductoras	130 Kg. peso vivo/reproductora	12
Verracos	150 Kg./verraco	2
Crías	8 Kg./cría	20
Preceba	30 kg/animal	18
Ceba	80 kg/animal	16
Ovinos		98
Caprinos		34

En cuanto a la ceba de toros se tiene como información unicamente que:

Toros: 40 toros por ciclo productivo (100 toros/año).

A continuación se representa una microlocalización del área:

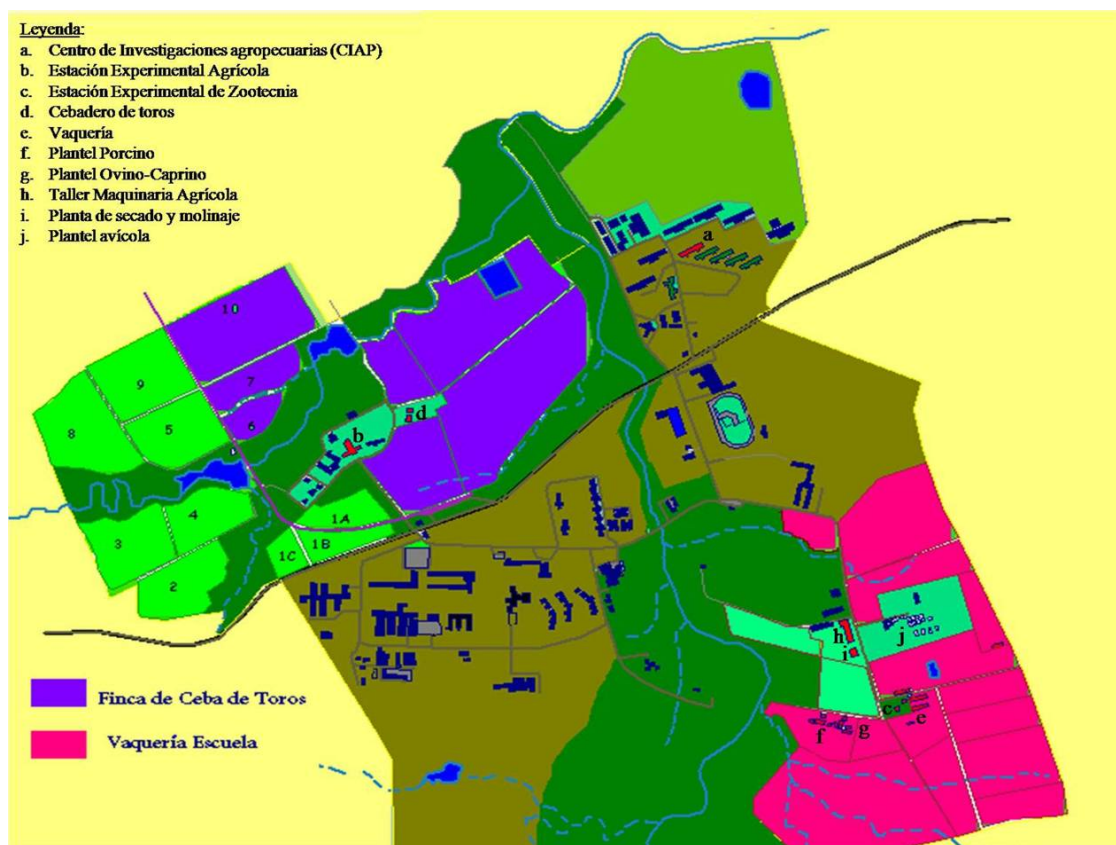


Fig. #3: Leyenda de la Estación de Zootecnia

2.2.3. Análisis disponibilidad de los recursos para la producción de energía.

A continuación se relaciona la disponibilidad de deyecciones, tomando en cuenta las edades o etapas de crecimiento de diferentes tipos de animales que existen en la estación de zootecnia, (tablas 9, 10 y 11).

Tabla #9: Deyecciones de rumiantes, de bovinos y carneros/chivos, cerdos y aves. (Fuente, consulta personal director de la estación Limas Raciél, 2012):

ANIMAL	EDAD (MESES)	DEYECCIONES PRODUCIDAS (ORINA + HECES KG/DÍA)
Ternero	3-6	7
Añojo	6-12	10
Novillas/toretas	12-24	15
Vaca/toro	24+	28
Vaca lechera	24+	45
Carnero/chivo joven	2-6 meses	2.2
Carnero/chivo adulto	6+	4.5

Tabla #10. Deyecciones de cerdos (orinas + heces). (Fuente, consulta personal director de la estación Limas Raciél, 2012):

ANIMAL	PESO (KG)	DEYECCIONES PRODUCIDAS (ORINA + HECES KG/DÍA)
Lechón	15	1.04
Cerda	125	4.03
Verraco	160	4.09

Tabla #11. Deyecciones de aves. (Fuente, consulta personal director de la estación Limas Raciél, 2012):

TIPO DE AVE	PESO (KG)	DEYECCIONES PRODUCIDAS
Ponedora	1.8	0.10
Parrillero	0.9	0.06

Tal y como se reporta en la literatura, los cerdos y el ganado vacuno son los más susceptibles para el proceso de obtención de biogás dada las características de sus heces, por esta razón y tomando en cuenta la proyección futura de vacas y toros y la actual de cerdos (ver acápite 2.2.2.), es que se obtienen las siguientes potencialidades:

2.3. Características generales y principios de funcionamiento de las plantas de biogás.

2.3.1. Tipos de plantas y sus generalidades.

En general, las plantas de biogás simples que se conocen pueden ser divididas en tres tipos (ver Fig. #4). El diseño y dimensionamiento de un biodigestor depende, en lo fundamental, de los factores siguientes:

- a) Tipo y composición del material orgánico que se debe emplear para la biodigestión.
- b) Demanda de biogás y de biofertilizante.
- c) Materiales de construcción que se deben emplear.
- d) Tecnologías constructivas apropiadas.
- e) Facilidad de explotación y mantenimiento.
- f) Posibilidad económica del usuario.

Estos seis factores pueden ser resumidos en dos:

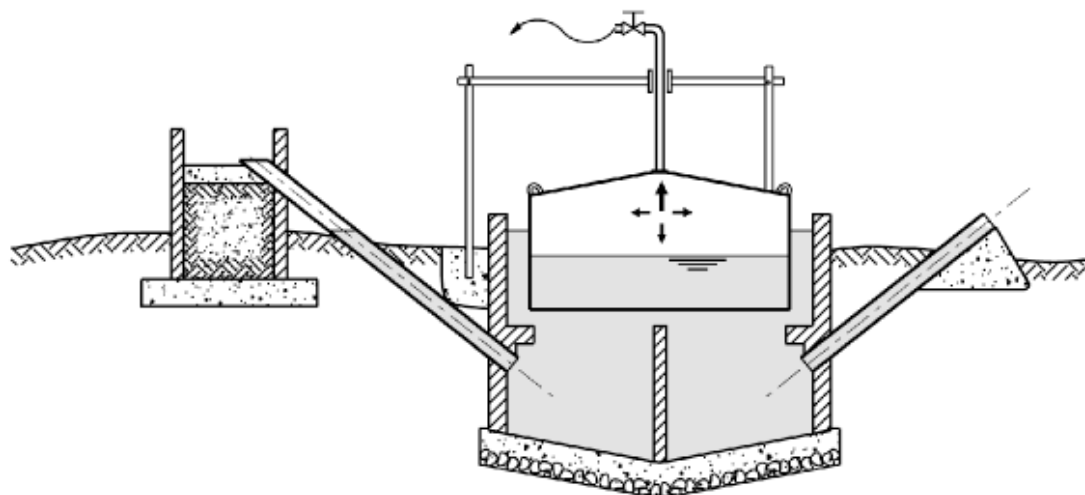
- Factibilidad de la inversión (necesidad y condiciones creadas).
- Características y situación económica del usuario.

Las plantas de tecnología simple, según el régimen de carga o llenado, se clasifican en dos tipos fundamentales: de flujo continuo, mayormente empleadas para la obtención de volúmenes considerables de gas; y las de flujo discontinuo o Batch, para pequeñas producciones de biogás.

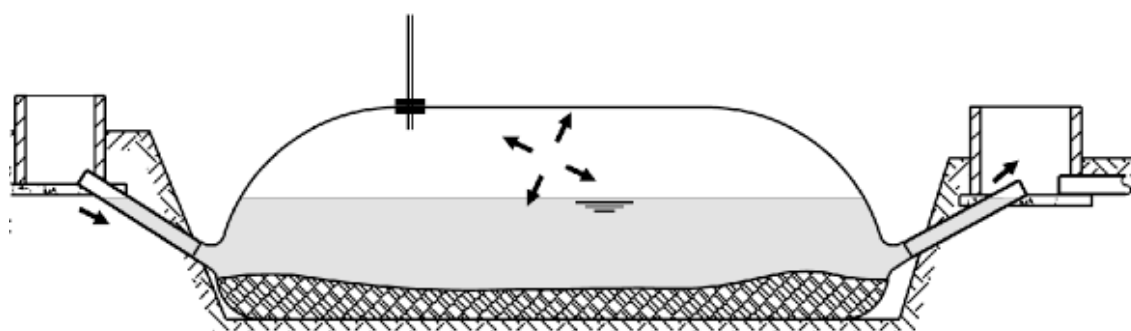
La gran ventaja de las primeras es que las bacterias metanogénicas reciben un suministro estable del material orgánico, por lo que producen biogás de manera más uniforme.

Las plantas de tecnología simple más empleadas, y de flujo continuo, pueden agruparse en dos tipos ampliamente desarrollados en la práctica:

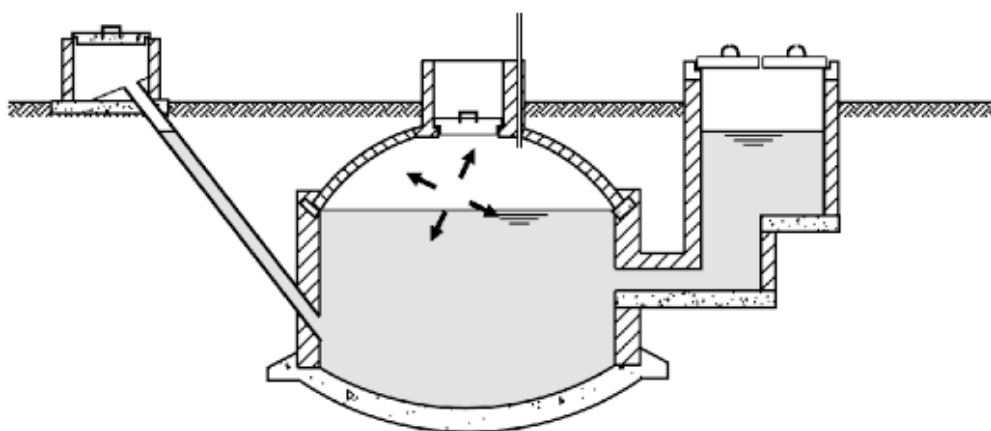
- a) Planta de cúpula móvil, en la cual el gasómetro (compuesto generalmente por planchas metálicas) flota sobre el material orgánico en fermentación.
- b) Planta de cúpula fija, en la que el gas se almacena en la parte superior debido al desplazamiento gaseoso.



Planta de biogás de campana flotante (tipo hindú)



Planta de biogás de bolsa elástica (tipo balón)



Planta de biogás de cúpula fija (tipo chino)

Fig. #4: Plantas de biogás más empleadas, (Fuente Guardado, 2007).

- Su construcción se realiza con paredes de bloques de hormigón y cúpula de ladrillos, y se emplean otros materiales conocidos, como cemento, arena, piedra y acero constructivo, que aseguran una alta resistencia y durabilidad de la obra.

- No presentan partes móviles propensas al desgaste, así como tampoco partes metálicas que faciliten la corrosión.
- Su tiempo de vida útil se extiende a más de veinte años.

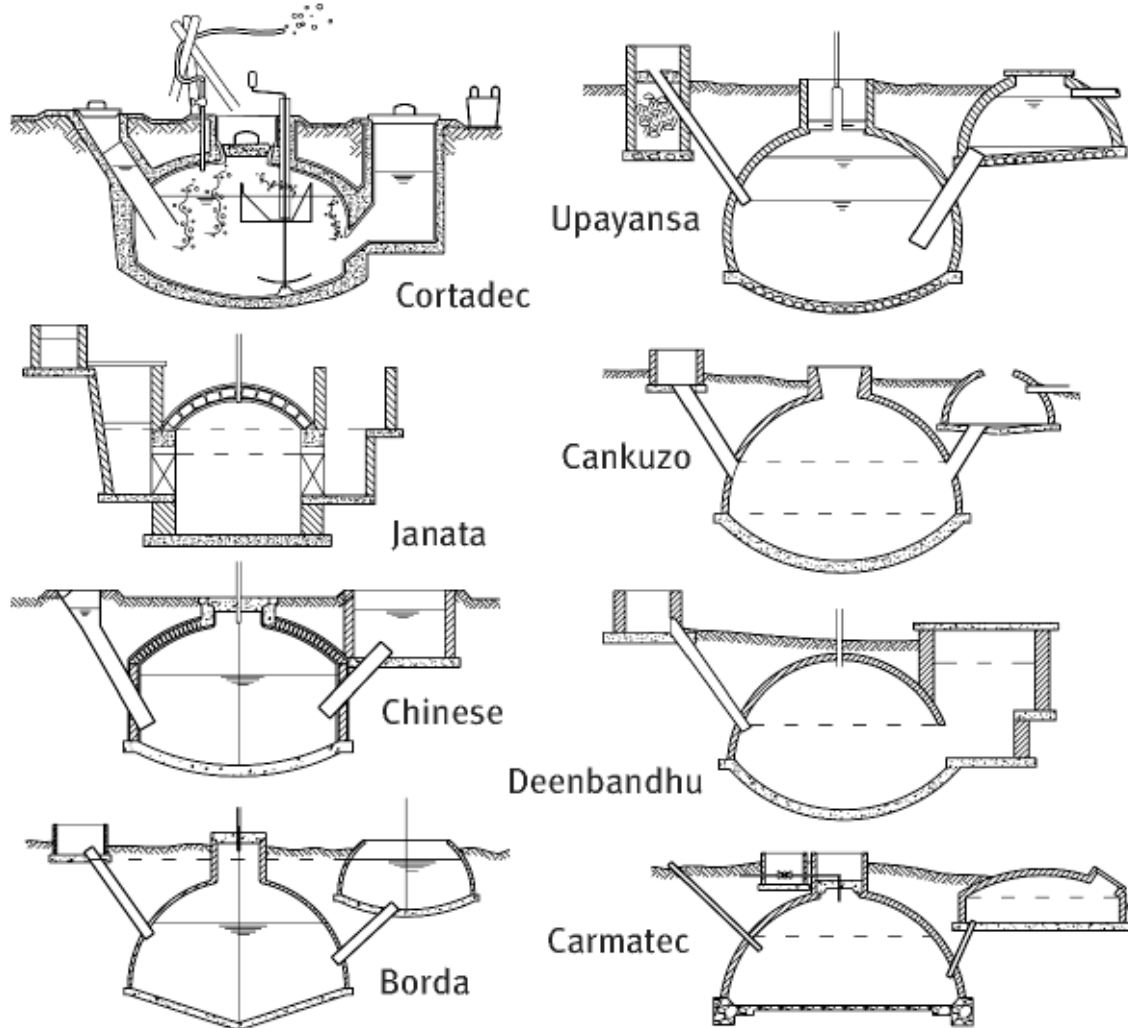


Fig. #5: Biodigestores de cúpula fija empleados en diferentes regiones del mundo, (Fuente (Guardado, 2007)).

La evolución de los biodigestores de cúpula fija (Fig. #5), que ha tenido su expresión más acabada en el modelo Nicarao (Fig. #6), ha permitido introducir otras ventajas:

- Posibilidad de hacer extracciones del lodo digerido, sistemáticamente, sin alterar su funcionamiento, lo que permite un mejor aprovechamiento del lodo y extiende los plazos de mantenimiento.
- Mejor aprovechamiento de la excavación.

- Mejor acceso al biodigestor, tanto durante la obra como para futuros trabajos de revisión.
- Simplificación del método de construcción, lo que permite disminuir el tiempo de ejecución (de 10 a 15 días).

Su desventaja principal radica en la necesidad de personal calificado para su construcción, y de una inspección periódica y monitoreo por parte de técnicos especializados.

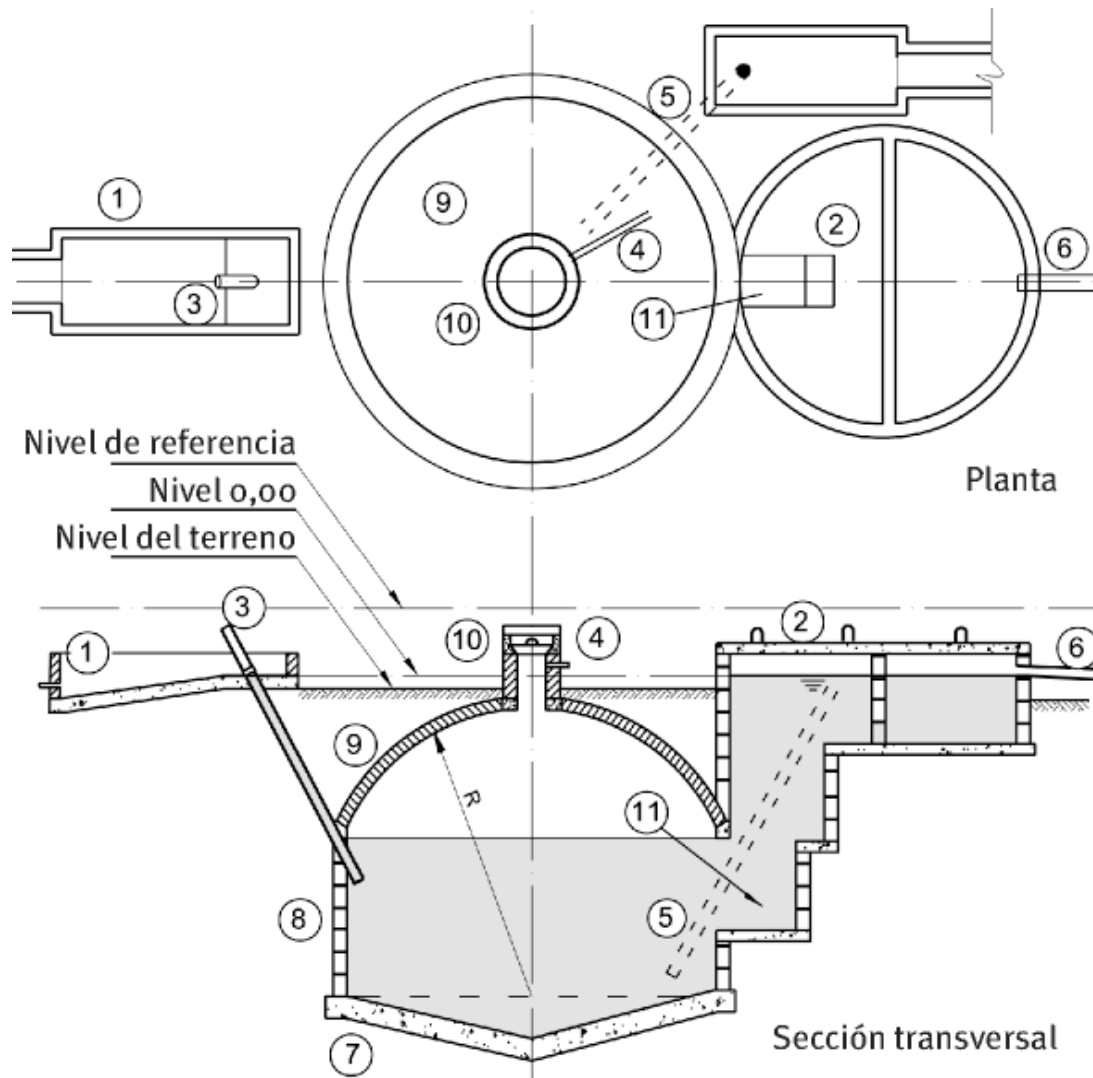


Fig. #6: Biodigestor tipo Nicarao, (Fuente (Guardado, 2007)).

1. tanque de mezcla (desarenerador) 7, loza de fondo
2. tanque de compensación 8, muro circular
3. tubo de carga 9, cúpula de ladrillos

4. tubo de salida del biogás 10, cuello
5. tubo de salida de lodos 11, acceso del tanque de compensación
6. tubo de reboso.

En la figura anterior se exponen los parámetros principales de un biodigestor de 12 m³, para un caso dado a partir de los conceptos de los modelos Nicarao y GBV.

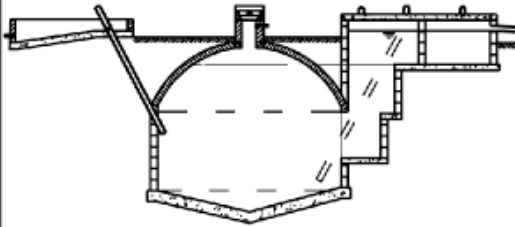
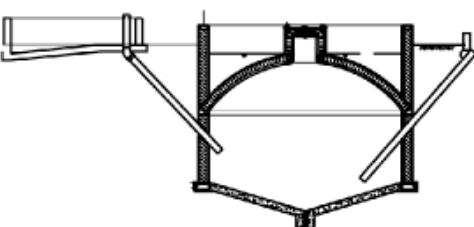
Esquema y algunos valores comparativos de los modelos			
Nicarao		GBV	
			
Características			
	UM	Nicarao	GBV
Área neta	m³	23	13
Tiempo de ejecución	h	96	60
Horas/días	h/d	5	5
Materiales			
	UM	Nicarao	GBV
Cemento	Bolsa	80	35
Arena	m³	5	3
Piedra 38,1 mm	m³	6	2
Bloque (0,15)	U	420	260
Ladrillo	U	500	700
Acero (3/8")	kg	150	27
Acero (1/4")	kg	21	5

Fig. #7: Resultados de la implementación de los biodigestores tipos Nicarao y GBV, de 12 m³ para un ejemplo concreto. Ref. (Fuente Guardado, 2007).

2.3.2. Usos del biogás.

El biogás puede tener dos usos: a) para calentamiento, en sustitución de leña o del gas licuado de petróleo (LPG); o, b) como combustible para motores de combustión interna. En el caso del uso como gas, 1 Kg. de metano equivale a 55 MJ mientras que 1 Kg. de LPG es 50 MJ. El gas metano, por tener una presión baja, debe usarse con quemadores de cocina modificados con orificios más grandes para el paso del gas. No es conveniente comprimir el biogás para uso como combustible líquido porque la presión requerida es muy alta y esto eleva su costo. Al usar el metano como combustible para motores de combustión interna, el octanaje es menor por lo que la cantidad de combustible requerido es mayor que cuando se usa gasolina o diesel. Se puede usar una mezcla de biogás y el combustible normal, para lo cual es necesario modificar el sistema de inyección o carburador para este propósito.

2.3.3. Dimensionamiento y Capacidad del Biodigestor

A continuación se refieren algunos procedimientos que son usualmente utilizados para el cálculo y dimensionamiento del biodigestor.

Según (Sánchez Miño, 2003), los datos para calcular el volumen de biogás que podemos obtener de un biodigestor son:

- Fuente de la materia orgánica, (fuente de la materia orgánica): Es el animal o cultivo del que proviene el residuo).
- Materia orgánica total obtenible
- Contenido total de sólidos
- Contenido de sólidos volátiles
- Potencial de producción de metano, (tabla #12).
- Tiempo de retención
- Temperatura de la reacción

Tal y como se reporta en el libro (Energías Renovables: Conceptos y Aplicaciones de Santiago Sánchez Miño, 2003), tradicionalmente se utiliza la majada o el estiércol de vaca por ser el más común. El estiércol de otros animales como cerdos, ovejas, caballos, gallinas, etc., también se puede utilizar solo o mezclado. El sustrato puede combinarse con otro componente de fibra vegetal o cultivos como papa, maíz, soya,

fríjol o yuca, prefiriendo aquellos de alto contenido de carbohidratos o grasas. La proporción de la mezcla determina la cantidad de biogás resultante. El excremento humano tiene un rendimiento muy bajo, pero en combinación con residuos de alimentos o animales mejora la producción de biogás.

Algunas fuentes de materia orgánica se muestran en la Tabla #13, donde algunos de los aspectos interesantes lo son:

Cantidad total de residuo (T): Es la cantidad de residuo orgánico que produce la fuente en Kg. por día. Valores promedio de producción de residuo por fuente se muestran en la Tabla #9.

Contenido total de sólidos (TS): Corresponde a la parte de la materia orgánica seca, sin la humedad. Para determinar el TS de un sustrato se lo debe secar durante 5 horas a 105 °C y luego pesar el residuo sólido que queda. Valores promedio de TS de algunos sustratos se muestran en la Tabla #10.

Contenido de sólidos volátiles (VS): Es la parte del total de sólidos que se puede transformar en biogás. Este se puede obtener quemando los sólidos orgánicos (TS) hasta que quede solamente la ceniza. La relación de la cantidad de ceniza respecto de la cantidad total son los VS. Valores promedio de VS de algunos sustratos se muestran en la Tabla #13.

Potencial de producción de metano (BO): Volumen de metano producido por masa de sólidos volátiles en [m³ CH₄ / Kg. VS]. Los valores son los siguientes:

Tabla #12: Potencial de Producción de Metano (BO) de algunos Residuos, (Fuente (Sánchez Miño, 2003).

Residuo Orgánico	BO[m ³ CH ₄ / Kg. VS]
Vaca	0,2
Res	0,35
Desecho municipal	0,2
Cerdo	0,45
Gallina	0,39
Aguas negras	0,406

El tiempo de retención (RT) y la temperatura (TC) de la reacción ya fueron analizados anteriormente.

Tabla #13: Características de la Materia Orgánica Utilizada en Biodigestión Anaeróbica, (Fuente: ASAE Standard D384.1 DEC93, American Society of Agricultural Engineers).

No.	Fuente	W	T	TS	VS	N	P	K	TS/T	VS/TS
1	Vaca	500	86	12	10	0,45	0,094	0,29	14%	83%
2	Toro	500	58	8,5	7,2	0,34	0,092	0,21	15%	85%
3	Becerro	40	62	5,2	2,3	0,27	0,066	0,28	8%	44%
4	Cerdo	70	84	11	8,5	0,52	0,18	0,29	13%	77%
5	Oveja	60	40	11	9,2	0,42	0,087	0,32	28%	84%
6	Chivo	50	41	13	0,45	0,11	0,31	32%	0%	
7	Caballo	400	51	15	10	0,3	0,071	0,25	29%	67%
8	Gallina	2,2	85	22	17	0,84	0,3	0,3	26%	77%
9	Roedor	2	64	16	12	1,1	0,3	0,4	25%	75%
10	Pavo	8	47	12	9,1	0,62	0,23	0,24	26%	76%
11	Pato	3	110	31	19	1,5	0,54	0,71	28%	61%

Donde:

W = Peso promedio del animal en kg.

T = Cantidad total de residuo (estiércol) promedio en Kg. por cada 1000 Kg. de peso del animal.

TS = Contenido promedio total de sólidos en Kg. por cada 1000 Kg. de peso del animal.

VS = Contenido promedio de sólidos volátiles en Kg. por cada 1000 Kg. de peso del animal.

N = Contenido promedio de nitrógeno en gramos por kilo de sustancia.

P = Contenido promedio de fósforo gramos por kilo de sustancia.

K = Contenido promedio de potasio en gramos por kilo de sustancia.

TS / T = Porcentaje de TS sobre T.

VS / TS = Porcentaje de VS sobre TS.

A continuación se relacionarán los procedimientos de cálculo y dimensionamiento de biodigestores que usualmente se usan, en principio se esbozarán dos procedimientos según (Guardado, 2007) y (Sánchez Miño, 2003).

1. Cálculo del volumen de metano producido (VCH₄): Es el volumen de metano que se obtiene de un biodigestor alimentado con una masa orgánica para ciertas condiciones

de tiempo de retención “RT” y temperatura “TC”. Este se obtiene de forma empírica por la aplicación de la fórmula 1:

$$V_{CH4} = BO \times VS \times \left(1 - \frac{K}{U \times RT - 1 + K}\right) \quad (1)$$

Donde V_{CH4} es en $[m^3 \text{ de metano/día}]$

Y los factores han sido ya explicados, K y U se obtienen de las expresiones:

$$K = 0,6 + 0,0006 \times e^{(0,1185 \times VS)} \quad (2)$$

$$U = 0,013 \times TC - 0.129 \quad (3)$$

y “K” es la descomposición de los sólidos volátiles en el tiempo y es adimensional.

“U” es el crecimiento de producción de metano con el cambio de temperatura por día.

2. Cálculo del volumen del digestor (VD):

Por cuanto el estiércol o residuo contiene una buena parte de agua (80 a 90%), podemos asumir que 1 Kg. de residuo equivale a 1 litro. Para formar el sustrato que ingresa al digestor se diluye el estiércol con agua en proporciones de 1 a 1 o 1 a 2 (u otras, dependiendo del residuo) y la cantidad de sustrato es la suma del agua más el estiércol. El volumen del digestor se calcula con la relación:

$$VD = TS \times FD \times RT \quad (4)$$

Donde:

VD = Volumen del digestor en m^3

TS = Contenido total de sólidos que ingresan al digestor en Kg. o litros por día

FD = Factor de dilución del residuo: 2 = 1 de agua + 1 de residuo; 3 = 2 de agua + 1 de residuo, etc.

RT = Tiempo de retención en días

3. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento de biogás (VG): La cantidad de biogás que se almacena depende del consumo para el cual estará destinado. La relación entre el volumen del digestor y el volumen del tanque de biogás está entre 3:1 a 10:1. Los valores más frecuentes, para aplicaciones de fincas pequeñas es de 5:1 a 6:1. El tanque de almacenamiento de biogás puede estar dentro del digestor o fuera de él y esta relación se debe mantener.

Algunos índices de consumo a partir de las biomásas más utilizadas y disponibles en Cuba para la producción de biogás se exponen en la tabla #12.

Tabla #14: Índices para determinar la producción de biogás a partir del peso y características de la biomasa, (Fuente (Guardado, 2007).

	EXCRETA HÚMEDA DIARIA (KG/ANIMAL)	BIOGÁS(m ³ /DÍA)	PROPORCIÓN EXCRETA- AGUA	TIEMPO DE RETENCIÓN ACONSEJABLE (DÍA)
VACA	10	0,360	1:1	40
TORO	15	0,540	1:1	40
CERDO (50 KG)	2,25	0,101	1:1-3	40
POLLO	0,18	0,108	1:1-8	30
CABALLO	10	0,300	1:1-3	30
CARNERO	2	0,100	1:1-3	40
TERNERO	5	0,200	1:1	40
PERSONA ADULTA	0,40	0,025	1:1	60
CACHAZA	0,035 Kg./Kg.	0,100	1:4	30
RESIDUAL DE MATADERO	(1 m ³ biogás / 25 Kg. de residuos)			40
RESIDUAL DE DESTILERÍA	(15 m ³ biogás/m ³ de residuos)			40
RESIDUAL DE LEVADURA	(4 m ³ biogás/m ³ de residuos)			40
LÍQUIDO DEL CAFÉ	(5 m ³ biogás/m ³ de residuos)			40
CÁSCARA DE CAFÉ	(0,1 m ³ biogás/m ³ de residuos)			50
CÁSCARA DE CAFÉ	(0,4 m ³ biogás/25 Kg. de materia seca)			60

Otro procedimiento o vía para calcular el volumen del biodigestor puede ser según (Fuente (Guardado, 2007)).

En este caso, las dimensiones fundamentales que se emplean para el dimensionamiento del biodigestor de cúpula fija (caracterizado por sus tres partes: cónica, cilíndrica y esférica), se exponen en la figura #8.

Los pasos que se deben seguir para su empleo son los siguientes:

- a. Se calcula el volumen total (V_{tot}), sobre la base del volumen de la mezcla agua-estiércol y el tiempo de retención.
- b. Se calcula el radio del volumen predefinido (R).

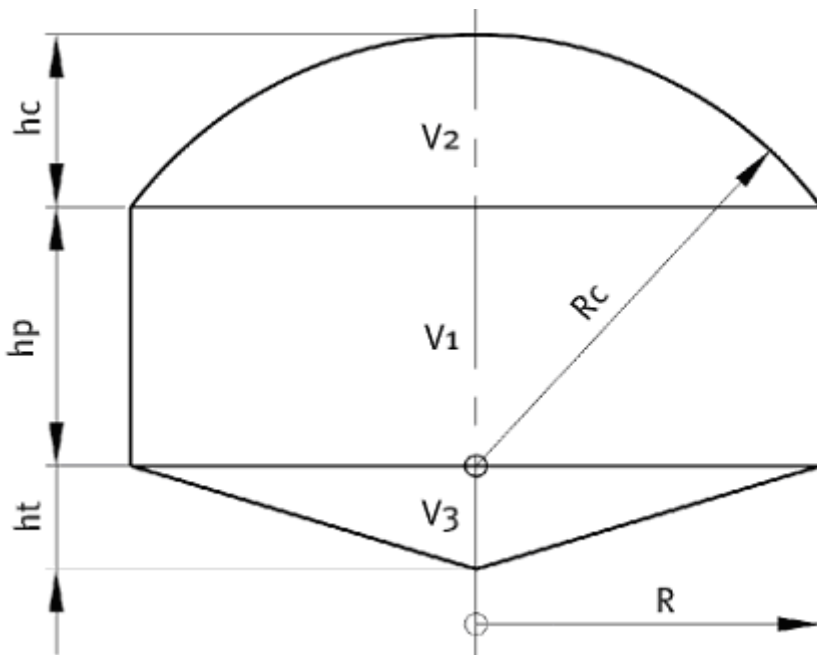


Fig. #8. Partes en que se divide un biodigestor de cúpula fija y sus fórmulas de cálculo, ref. (Fuente (Guardado, 2007)).

Donde:

U = Unidad

hc= altura de la cúpula

hp = altura de la pared

R = radio básico

Rc = radio de la cúpula

D = diámetro del cilindro

ht = altura del cono base

Y para lo cual el autor refiere las siguientes proporciones constructivas:

$$R_c = 5 \times U \quad (5)$$

$$D = 8 \times U \quad (6)$$

$$h_c = 2 \times U \quad (7)$$

$$h_p = 3 \times U \quad (8)$$

$$ht = 0,15 \times D \quad (9)$$

Y como unidad proporcional el autor refiere:

$$U = R / 4 \quad (10)$$

4. Cálculo del volumen total del digestor, V_t , en m³:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = R^3 \times \pi \times 1.121 \quad (11)$$

Donde:

V_1 es el Volumen del cilindro y se calcula de la siguiente manera:

$$V_1 = R^2 \times h_p \times \pi \quad (12)$$

V_2 es el Volumen del segmento esférico y se calcula:

$$V_2 = h_c^2 \times \pi \times [R_c \times h_c / 3] \quad (13)$$

Y por otro lado V_3 es el volumen del cono base y se calcula:

$$V_3 = R^3 \times \pi \times (ht / 3) \quad (14)$$

Donde 1,121 es una constante, válida para la unidad de medidas dada en metros, (Fuente (Guardado, 2007)).

5. El radio básico se calcula de la siguiente manera:

$$R = \sqrt[3]{V_{tot} / (\pi \cdot 1,121)} \quad (15)$$

Algunos parámetros en cuanto a volúmenes de almacenamiento de gas para biodigestores de cúpula fija, tipificados en nuestro país, se señalan en la tabla #15.

TABLA #15: Relación entre volúmenes de biodigestor y almacenaje de biogás para plantas típicas de cúpula fija, ref. (Fuente (Guardado, 2007)).

Volumen del biodigestor (m3)	12	24	36	42
Volumen de almacenaje del gas (m3)	3,75	7,15	8,14	10,30
Relación volumen del biodigestor/ /volumen de almacenaje del biogás	3,20	3,36	4,36	4,07

Por otro lado se tiene que:

6. El cálculo del aporte orgánico, “Ao”, (Kg. estiércol/día) de la población animal para una temperatura ambiente de 10 a 25 °C (Psicrofílica), se realiza a partir de los datos de la tabla #6.

Tabla #16: Aporte orgánico de la población animal, (Fuente (Guardado, 2007)).

Tipo/especie	Cant. de cabezas	PVp	PVe	Cant. excreta	TE
Cerdos	100	45	50	2.25	24
Vacas	10	400	350	10	6

Donde:

PVp: Peso vivo promedio de la población animal de diseño.

PVe: Peso vivo equivalente tomado de la tabla 3 referido a la especie animal.

Te: Horas del día que el animal permanece estabulado.

7. Cálculo del aporte orgánico (Ao):

$$Ao = Cc \times (PVp / PVe) \times Ce \times (Te / 24) \quad (16)$$

Donde:

Cc = Cantidad de cabezas

Ce = cantidad de excreta

8. Cálculo de la cantidad de sólidos suspendidos (Ss) en Kg. sólidos suspendidos/día.

$$Ss = Ao \times 20\% \quad (17)$$

Donde 20% es el valor estimado de los sólidos suspendidos para cerdos.

Una vez determinado la cantidad de excreta, se calcula el volumen total teniendo en cuenta la dilución recomendada (ver Tabla #14).

9. Cálculo del volumen de la mezcla (V_m), por día en el digestor.

$$V_m = P \times S_s \text{ Kg. agua/día} \quad (18)$$

Donde:

P = proporción excreta/agua

El cálculo puede realizarse para estiércol recogido en seco, o sea que en la recolección del mismo no se utiliza agua, por lo que hay que mezclarla en proporción adecuada. En caso de la utilización de mangueras de agua u otro tipo de medio para la realización de la limpieza y recolección se debe tener en cuenta la proporción excreta/agua de la tabla #12.

Considerando que el tiempo de retención (T_r) sea 40 días, el volumen de digestión total (referido igualmente en la fórmula 11) se calculará de la siguiente manera:

$$V_t = V_m \times T_r \quad (19)$$

Para seleccionar el valor de " T_r " es necesario utilizar la tabla #14.

10. Cálculo de la carga orgánica " Co ", en $\text{kg./m}^3/\text{día}$, en el volumen del digestor es:

$$Co = (A_{ov} + A_{oc}) / V_d \quad (20)$$

Donde:

V_d = volumen del digestor tipificado

A_{oc} = es el aporte orgánico de los cerdos.

A_{ov} = es el aporte orgánico de las vacas.

Es recomendable que la carga orgánica no rebase los $2,0 \text{ Kg./m}^3/\text{día}$, por lo que a partir de los sólidos volátiles calculados, se efectúa el chequeo:

11. Cálculo de la altura constructiva del cilindro.

Por lo general, el tanque de compensación tendrá un volumen equivalente al volumen de gas en el segmento esférico $V_2 = V_{tc}$; conociendo que el radio del digestor es igual al radio del tanque de compensación se puede llegar a determinar la altura (h) del cilindro, no obstante, según h_p , formula 8.

$$h_{tc} = h_p + 0,20 \quad (21)$$

Donde:

0,20 constituye un borde libre de 20 cm. dimensional constructivo.

En ocasiones es necesario o factible prever la mezcla de diferentes excretas, por ejemplo vacuna y porcina, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de biogás de la planta, por lo que de manera adicional se usan los siguientes procedimientos de cálculo:

12. Cálculo de la carga orgánica total diaria en el volumen del digestor será:

$$Co = Sst / Vd \quad (22)$$

Donde:

$$Sst = Ssv + Ssc \quad (23)$$

2.4. Conclusiones parciales.

1. Una problemática que no resuelta y que constituye un elemento a tener en cuenta es la alimentación animal y sus diferentes tipos, vías o métodos, un método que puede propiciar la efectividad de una de las formas de alimentación lo es el uso de la energía (calor) para el procesamiento o beneficio de algunos tipos de alimentos, específicamente los provenientes de los comedores universitarios, dada las potencialidades que se refieren en el anexo # 1.
2. Tal y como puede observarse en el acápite #2.2, la biomasa como recurso constituye un elemento a tener en cuenta en la estación de Zootecnia dado a la disponibilidad de excretas de los animales a partir de la existencia actual y en proyección de estos.
3. El biogás como tecnología que aporta fuente de calor como energía como uno de sus posibles usos finales, constituye una opción tecnológica si se trata de beneficiar lo alimentos que pueden suministrarse de los comedores universitarios.
4. Para el dimensionamiento de un biodigestor se cuenta con la adecuada base de conocimientos y experiencias en Cuba, tal y como puede observarse en los subacápites, 2.3.1 y 2.3.3

CAPITULO III. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.

3.1. Introducción.

En este capítulo se tomarán en cuenta tres posibles escenarios. En principio se preverá un biodigestor para la población vacuna, otro para únicamente la población porcina y uno final en el cual se prevea la mezcla de ambas excretas.

Lo anterior posibilita tres variantes desde el punto de vista económico y desde el punto de vista de la operación, debido a que existe determinada distancia entre la vaquería y el área porcina dentro de la estación de zootecnia.

Es importante aclarar que independientemente de los resultados que se obtengan, un valor agregado de vital importancia para el medioambiente lo constituye no solo evitar la emisión de metano al entorno geográfico, sino el uso apropiado que se le pueden dar a las tortas o residuos del proceso de biodigestión en función del beneficio de las tierras de la estación de la Antillas, este es un elemento de significativa importancia desde el punto de vista de la protección del medio ambiente

3.2. Cálculo de la planta de biogás.

3.2.1. Cálculo del biodigestor basado en la población porcina.

El cálculo del aporte orgánico, "Ao", (kg. estiércol/día) de la población animal para una temperatura ambiente de 10 a 25 °C (Psicrofílica), se realiza a partir de los datos de la tabla 16.

Tabla #17: Aporte orgánico de la población animal

Tipo/Especie	Cant. De cabezas	PVp	PVe	Cant. Excreta	TE
Cerdos	68	79.6	50	2.25	24

Cálculo del aporte orgánico (Ao), según fórmula 16:

$$Ao = Cc \times (PVp / PVe) \times Ce \times (Te / 24) = 243,6 \text{ kg.estiércol/día}$$

Cálculo de la cantidad de sólidos suspendidos (Ss) en Kg. sólidos suspendidos/día, según fórmula 17:

$$Ss = Ao \times 20\% = 48,72 \text{ Kg. sólidos suspendidos/día}$$

Cálculo del volumen de la mezcla (Vm), por día en el digestor, según fórmula 18:

$$Vm = Ao + (3 \times Ao \text{ Kg. agua/día}) = 974,4 \text{ kg mezcla/día}$$

Es decir que:

$$V_m = 0,97 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del volumen total (V_t) del biodigestor, según fórmula 19:

$$V_t = 0,97 \text{ m}^3/\text{día} \times 40 \text{ días} = 38,8 \text{ m}^3 \sim 39 \text{ m}^3$$

Cálculo de las dimensiones del biodigestor, según fórmula 11:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = R^3 \times \pi \times 1.121 = 39 \text{ m}^3$$

Según fórmula 15: $R = 2,22 \text{ m}$

Según fórmula 10: $U = 0,56 \text{ m}$

Según fórmula 5: $R_c = 2,8 \text{ m}$

Según fórmula 6: $D = 4,5 \text{ m}$

Según fórmula 7: $h_c = 1,12 \text{ m}$

Según fórmula 8: $h_p = 1,7 \text{ m}$

Según fórmula 9: $h_t = 0,08 \text{ m}$

Según fórmula 12: $V_1 = 26,32 \text{ m}^3$

Según fórmula 13: $V_2 = 4,11 \text{ m}^3$

Según fórmula 14: $V_3 = 0,41 \text{ m}^3$

Es recomendable que la carga orgánica no rebase los $2,0 \text{ kg./m}^3/\text{día}$, por lo que a partir de los sólidos volátiles calculados, se efectúa el chequeo:

La carga orgánica diaria en el volumen del digestor es, (según fórmula 20).

$$(48,72 \text{ kg. Ss/día}) / 39 \text{ m}^3 = 1,62 \text{ kg. Ss/m}^3/\text{día}$$

Cálculo de la altura constructiva del cilindro, (según fórmula 21).

$$h_{tc} = 1,7 + 0,20 = 1,93 \text{ m}$$

3.2.2. Cálculo del biodigestor basado en la población vacuna.

Tabla #18: Aporte orgánico de la población animal.

Tipo/Especie	Cant. De cabezas	PVp	PVe	Cant. Excreta	TE
Vacas/toros	111	500	350	10	6

Cálculo del aporte orgánico (A_o) en kg estiércol/día, según fórmula 16

$$A_o = 357 \text{ kg estiércol/día}$$

Cálculo de la cantidad de sólidos suspendidos (S_s) en kg. sólidos suspendidos/día, según fórmula 17:

$$S_s = 71,4 \text{ kg Ss/día}$$

Cálculo del volumen de la mezcla (V_m), por día en el digestor, según fórmula 18:

$$V_m = A_o + (1 \times A_o \text{ Kg. agua/día}) = 714 \text{ kg mezcla/día}$$

Es decir que:

$$V_m = 0,71 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del volumen total (V_t) del biodigestor, según fórmula 19.

$$V_t = 0,71 \times 40$$

$$V_t = 28,4 \text{ m}^3 \sim 29 \text{ m}^3$$

Cálculo de las dimensiones del biodigestor, según fórmula 11.

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = R^3 \times \pi \times 1.121 = 29 \text{ m}^3$$

A continuación se aplica el cálculo de una serie de parámetros constructivos:

Según fórmula 9: $R = 2,02 \text{ m}$

Según fórmula 10: $U = 0,51 \text{ m}$

Según fórmula 11: $R_c = 2,55 \text{ m}$

Según fórmula 12: $D = 4,08 \text{ m}$

Según fórmula 13: $h_c = 1,02 \text{ m}$

Según fórmula 14: $h_p = 1,53 \text{ m}$

Según fórmula 15: $h_t = 0,08 \text{ m}$

Según fórmula 6: $V_1 = 19,61 \text{ m}^3$

Según fórmula 7: $V_2 = 2,83 \text{ m}^3$

Según fórmula 8: $V_3 = 0,34 \text{ m}^3$

Por otro lado., tal y como se refiere en el capítulo II, es recomendable que la carga orgánica no rebase los $2,0 \text{ kg./m}^3/\text{día}$, por lo que a partir de los sólidos volátiles calculados, se efectúa el chequeo:

La carga orgánica diaria en el volumen del digestor es:

$$C_o = 71,4 / 29 = 1,23 \text{ kg Ss/m}^3/\text{día}$$

Lo que no constituye un valor aceptable según el criterio recomendado.

Como procedimiento final se calcula la altura constructiva del cilindro según fórmula 21:

$$h_{tc} = 1,53 + 0,20 = 1,73 \text{ m}$$

3.2.3. Dimensionamiento de la planta de biogás para cerdos y vacas.

La cantidad de estiércol/día o aporte orgánico, según fórmula 16 es igual a:

$$Aov + Aoc = 600,6 \text{ kg/día}$$

Cálculo del volumen total de la mezcla según formula 18:

$$Vm = 600,6 + 3 \times 600,6 = 2402,4 \text{ kg mezcla/día}$$

Por lo que:

$$Vm = 2,40 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del volumen total de digestión “Vt” para cerdos y vacas según fórmula 19:

$$Vt = 2.40 \times 40 = 96 \text{ m}^3$$

En este caso se selecciona un “Tr” de 40 días según tabla #14.

Cálculo de las dimensiones del biodigestor.

Según fórmula 9: $R = 3 \text{ m}$

Según fórmula 10: $U = 0,75 \text{ m}$

Según fórmula 11: $Rc = 3,75 \text{ m}$

Según fórmula 12: $D = 6 \text{ m}$

Según fórmula 13: $hc = 1,5 \text{ m}$

Según fórmula 14: $hp = 2,25 \text{ m}$

Según fórmula 15: $ht = 0,11 \text{ m}$

Según fórmula 6: $V1 = 63,62 \text{ m}^3$

Según fórmula 7: $V2 = 13,25 \text{ m}^3$

Según fórmula 8: $V3 = 1,04 \text{ m}^3$

La carga orgánica diaria en el volumen del digestor es:

$$Co = 120,12 / 96 = 1,25 \text{ kg Ss/m}^3/\text{día}$$

Lo que constituye un valor aceptable según el criterio recomendado en el procedimiento 10 del capítulo II.

Como procedimiento final se calcula la altura constructiva del cilindro según fórmula 21:

$$htc = 2,25 + 0,20 = 2,45 \text{ m}$$

En la tabla #19 se relacionan todos los parámetros dimensionales que caracterizan al biodigestor según la figura #8 y acorde a los tres escenarios tomados en cuenta en este trabajo.

Tabla #19: Dimensionamiento de las tres variantes de biodigestores

Denominación	R (m)	Rc (m)	hc (m)	hp (m)	ht (m)	V1 (m³)	V2 (m³)	V3 (m³)
Para cerdos	2,22	2,8	1,12	1,7	0,08	26,32	4,11	0,41
Para vacas	2,02	2,55	4,08	1,53	0,08	19,61	2,83	0,34
Para cerdos/vacas	3	3,75	1,5	2,25	0,11	63,62	13,25	1,04

3.3 Conclusiones parciales.

1. Tal y como puede observarse en la tabla #19, se exhibe el dimensionamiento a partir del cálculo de tres diferentes biodigestores, todos viables desde el punto de vista técnico, que permitirían en dependencia de la capacidad que se seleccione para ser construido, determinado volumen de cocción de alimentos en función del tiempo y del material de la caldera que se utilice con estos fines.

CONCLUSIONES

1. Como se ha hecho notar en el Capítulo I, unas de las fuentes de energía renovable de mayor utilización en el mundo son la energía solar y la energía de la biomasa dado el potencial que estas poseen, por lo tanto, dada las características eminentemente agrícolas de Cuba y la presencia de sol prácticamente durante todo el año hace que estas tecnologías sean propicias para su introducción.
2. A partir de lo apreciado en Capítulo II se puede concluir que la energía de la biomasa, específicamente la tecnología del biogás es un recurso que ofrece potencial para ser utilizada como alternativa energética en la estación de zootecnia.
3. Se constata que existe la base de conocimientos necesarias y experiencia para poder calcular, dimensionar y construir en la estación de zootecnia un biodigestor, ya sea en función del aporte orgánico de la población porcina, vacuna o la mezcla de ambos.
4. Dado el resultado obtenido en el Capítulo III se puede llegar a la conclusión que en la Estación de Zootecnia se pueden implantar biodigestores de diferentes capacidades (ver tabla #19), con capacidades que permiten, en dependencia de la opción que se selecciones, beneficiar paulatinamente los residuos de alimentos de los comedores de la UCLV sin adicionar un consumo de electricidad sobre el plan anual asignado.
5. Tal y como se menciona en el acápite 3.1, se propone como una alternativa más, que los residuos de la biodigestión sean correctamente aprovechados para la fertilización de las plantaciones y para el mejoramiento de la tierra en la estación agrícola de las Antillas de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas..

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización de las energías renovables se siga difundiendo en el país como una vía más de ahorro de los combustibles fósiles y como beneficio para la naturaleza.
2. Que se tenga en cuenta el resultado de este trabajo, el cual le permitiría a la UCLV beneficiar alimentos para los animales sin tener que aumentar el plan de consumo de energía de la misma.
3. Se recomienda que se realice un estudio de factibilidad que permita la selección de una de las variantes en función de los indicadores financieros que usualmente se toman en cuenta para estos fines.
4. Como continuidad de este trabajo, es imprescindible que se proceda el diseño mecánico constructivo de la planta de biogás en su totalidad a partir de los resultados obtenidos.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

(CERPCH), B., Brasil. (2012, a). " Fuentes Renovables." Retrieved <http://www.mct.gov.br/comunicacao>.

CERPCH, B., Brasil, Aceites vegetales. (2012, f). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Aceites vegetales. (2012, m). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Bagazo de caña. (2012, ñ). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Caña. (2012, n). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Carbón vegetal. (2012, l). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Leña. (2012, d). "Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Leña. (2012, k). "Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Resíduos Urbanos (2012, o). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil, Tipos de Biodigestores. (2012, b). " Fuentes Renovables." Retrieved <http://www.mct.gov.br/comunicacao>, <http://www.demec.ufmg.br>.

CERPCH, B., Brasil, Vegetal. (2012, e). "Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Brasil. (2012). " Fuentes Renovables." Retrieved <http://www.mct.gov.br/comunicacao>.

CERPCH, B., Brasil. (2012, c). "Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.aneel.gov.br.

CERPCH, B., Solar. (2012, j). " Fuentes Renovables."

CERPCH, E., Brasil, Tipos de Aerogeneradores. (2012, g). "Fuentes Renovables." Retrieved www.eólica.com.br.

CERPCH, E., Brasil. (2012, h). " Fuentes Renovables." Retrieved www.eólica.com.br.

CERPCH, H., Brasil. (2012, i). " Fuentes Renovables.". Retrieved Site: www.meioambiente.pro.br.

CERPCH, H., Brasil. (2012, p). " Fuentes Renovables." Retrieved Site: www.meioambiente.pro.br.

CERPCH, S., Brasil. (2012, q). "Fuentes Renovables."

Empresa de Hidroenergía UNE MINBAS (2008) Situación actual y perspectiva del desarrollo de la Hidroenergía en Cuba.

EWEA (2003). "GREENPEACE."

Figueredo, C. M. (2009). Qué es el factor de capacidad. Energía y tú (No.48).

Franco, D. P. (2009). La importancia de aprovechar la pequeña hidroenergía ENERGÍA Y TÚ 45 (ARTICULO 03).

Guardado, D. I. J. A. (Chapoyasha 23 de junio del 2010) Seminario internacional, Cuba Solar, Biogás, Producción y aplicaciones para el Desarrollo Sostenible Antecedentes, situación actual, experiencias y perspectivas. .

GUASCOR, D. R. (2011) Productos Motores Biogas.php,.

Lafont., J. J. (2011) Análisis Químico de Mezclas Biodiesel de Aceite de Cocina Usado y Diesel por Espectroscopia Infrarroja.

M.Sc. Sánchez Rodríguez José (2007). Recuperación de los suelos y disminución de la contaminación mediante el empleo de los biodigestores en el sector cooperativo y campesino de la provincia de Matanzas. ECO SOLAR 22 (Articulo 01).

M.Sc. Ing. Joel Morales Salas, I. J. I. F. y. G. C. G. (2008). Proyecto solar térmico con colectores solares de tubos al vacío chinos. ECO SOLAR 26 (Articulo 05).

Martínez, I. C. (2007). Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red

ENERGÍA Y TÚ 40 (ARTICULO 05).

Romero Osvaldo (2005). "Propuesta Integral para la Generación Continua de Electricidad Durante Todo el Año en la Industria Azucarera Cubana procesando Caña Energética."

Spinadel, E. (2010). Energía eólica en América Latina: Argentina

ENERGIA Y TÚ 49 (ARTICULO 06).

Control de la Entrega de Desperdicios y sobras a Porcino

Mes/Año:

Marzo/2012

Area:

Comedores Centrales

Dia	Turno #: <u>COMEDORES</u>						Responsables del control del desperdicio				
	Est.		Trab.		Sec		Quien entrega		Quien recibe		
	Desp.	Sobra	Desp.	Sobra	D	A	C	J' Brig. de cancha		Recolector de Desperdicios	
								Nomb y Apell	Firma	Nomb y Apell	Firma
1	2,24	100	0,55	3			X	Samia Perez	[Firma]	Pina M Acosta	[Firma]
2	1,93	120	0,54	5			X	"	[Firma]	"	[Firma]
3											
4											
5	4,34	120	0,9	10	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
6	2,04	100	0,63	12	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
7	2,14	80	0,65	8	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
8	2,04	120	0,63	5	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
9	1,89	100	0,45	10	X	X		"	[Firma]		
10								"			
11											
12	1,72	80	0,54	10			X	"	[Firma]	"	[Firma]
13	1,63	150	0,52	15			X	"	[Firma]	"	[Firma]
14	1,86	160	0,65	18			X	"	[Firma]	"	[Firma]
15	1,56	120	0,52	5			X	"	[Firma]	"	[Firma]
16	2,08	50	0,65	10			X	"	[Firma]	"	[Firma]
17											
18											
19	1,6	100	0,61	10	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
20	2,6	60	0,38	5	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
21	2,64	100	0,86	5	X	X		Samia Perez	[Firma]	Pina M Acosta	[Firma]
22	2,54	80	0,94	9	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
23	2,71	100	0,62	5	X	X		"	[Firma]	"	[Firma]
24											
25											
26	2,24	110	0,69	3			X	"	[Firma]	"	[Firma]
27	2,24	80	0,63	5			X	"	[Firma]	"	[Firma]
28	2,19	100	0,53	6			X	"	[Firma]	"	[Firma]
29	2,15	110	0,60	5			X	"	[Firma]	"	[Firma]
30	2,09	105	0,62	4			X	"	[Firma]	"	[Firma]
31											

Revisado por Jefe de turno:

Nombre: Clarin Luraz Gomez

Firma: [Firma]

Nro. MC-A-03

mes/año: _____

Año: 2012

Año: _____

Comedores Comedores

Turno #: _____

Día	COMEDORES							Responsables del control del desperdicio			
	Est.		Trab.		Sec			Quien entrega		Quien recibe	
	Desp.		Sobra		D	A	C	J' Brig. de cancha		Recolector de Desperdicios	
	Desp.	Sobra	Desp.	Sobra	D	A	C	Nomb y Apell	Firma	Nomb y Apell	Firma
1								Sonia Perez	SPD	Perez Miguel A	
2	2,29	100	0,55	5	X	X		"	SPD	"	
3	2,39	150	0,75	8	X	X		"	SPD	"	
4	2,48	110	0,39	5	X	X		"	SPD	"	
5	3,33	100	3,9	10	X	X		"	SPD	"	
6											
7											
8											
9	4,07	110	1,28	5			X	"	SPD	"	
10	5,70	80	2,56	4			X	"	SPD	"	
11	4,68	100	3,34	10			X	"	SPD	"	
12	2,32	120	2,62	8			X	"	SPD	"	
13	3,1	40	1,41	2			X	"	SPD	"	
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23	9,23	100	2,56	5			X	"	SPD	"	
24	3,72	120	1,28	4			X	"	SPD	"	
25	4	150	3,06	2			X	"	SPD	"	
26	2,53	105	1,92	5			X	"	SPD	"	
27	3,34	25	2,29	5			X	"	SPD	"	
28											
29											
30	4,09	50	4,13	4	X	X		"	SPD	"	
31											

Revisado por Jefe de turno:

Nombre:

Firma:

Nro.

SPD-1.02

Almuerzos

Día	COMEDORES							Responsables del control del desperdicio			
	Est.		Trab.		Sec			Quien entrega		Quien recibe	
	Desp.	Sobra	Desp.	Sobra	D	A	C	J' Brig. de cancha		Recolector de Desperdicios	
								Nomb y Apell	Firma	Nomb y Apell	Firma
1	2,16	10	1,41	—	X	Y		Soria Perez	SPD	Luis Miguel A	
2	4,58	110	5,4	6	X	X		"	SPD	"	
3	5,58	120	6,52	4	X	Y		"	SPD	"	
4											
5											
6											
7	5,63	110	3	4			Y	"	SPD	"	
8	4,83	100	4,53	5			X	"	SPD	"	
9	4,32	120	1,35	2			Y	"	SPD	"	
10	1,96	110	3,26	4			X	"	SPD	"	
11	3,06	20	1,53	2			Y	"	SPD	"	
12											
13											
14	3,69	115	2,53	4	X	X		"	SPD	"	
15	5,64	100	1,8	6	X	X		"	SPD	"	
16	5,22	120	9,49	3	X	X		"	SPD	"	
17	5,1	100	2,18	2	X	X		"	SPD	"	
18	3,85	80	2	0	X	X		"	SPD	"	
19											
20											
21	4,59	120	0,60	2			X	"	SPD	"	
22	5,42	100	1,81	2			Y	"	SPD	"	
23	4,52	80	2,48	4			X	"	SPD	"	
24	1,79	85	1,49	4			X	"	SPD	"	
25	1,83	40	1,39	5			X	"	SPD	"	
26											
27											
28											
29											
30											
31											

Revisado por Jefe de turno:		Nro.
Nombre:	Firma:	MC-A-03
		

