

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**FUM BÁGUANO**

**INGENIERÍA EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**ACCIONES PARA FAVORECER LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA  
UEB CENTRAL AZUCARERO FERNANDO DE DIOS BUÑUEL**

**Autor: Gerardo Luis Tamayo Salazar**

**Tutores: M.Sc. Marilin Teruel Mulet**

**Ing. Leonardo Pupo Morales**

**Pensamiento:**

*Revolución es sentido del momento histórico;  
es cambiar todo lo que debe ser cambiado;  
es igualdad y libertad plenas; es ser tratado  
y tratar a los demás como seres humanos;  
es emanciparnos por nosotros mismos y con nuestros  
propios esfuerzos; es desafiar poderosas fuerzas  
dominantes dentro y fuera del ámbito social y nacional;  
es defender valores en los que se cree  
al precio de cualquier sacrificio; es modestia, desinterés,  
altruismo, solidaridad y heroísmo; es luchar  
con audacia, inteligencia y realismo; es no mentir jamás  
ni violar principios éticos; es convicción profunda  
de que no existe fuerza en el mundo capaz de aplastar  
la fuerza de la verdad y las ideas. Revolución es unidad,  
es independencia, es luchar por nuestros sueños  
de justicia para Cuba y para el mundo, que es la base  
de nuestro patriotismo, nuestro socialismo y nuestro  
internacionalismo.*

Fidel Castro Ruz  
1 de Mayo del 2000

## Dedicatoria

*A mis padres, en especial a mi madre que aunque ya no este conmigo siempre me brindó su apoyo motivador y confianza.*

*A mi esposa, mi hija y mi futuro hijo que son el motor impulsor de mi desarrollo.*

*A mis familiares que de una forma u otra contribuyeron con su confianza en mí, para realizar este trabajo.*

*A todos mis compañeros de estudio, profesores y amigos.*

*A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a nuestra Revolución Socialista por la posibilidad de hacer realidad este sueño.*

## Agradecimientos

*A mi tutora Marilin Teruel Mulet por sus orientaciones y apoyo incondicional durante la realización de esta investigación.*

*A mi tutor Leonardo Pupo Morales por su ayuda desinteresada.*

*A mis compañeros, por la ayuda prestada.*

*A mis profesores de la carrera por enseñarme el conocimiento y elevar el nivel científico profesional.*

*A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a nuestra Revolución por darme la posibilidad de hacerme un profesional.*

## **Resumen**

Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste de las elecciones energéticas realizadas en cada momento. La energía posibilita y facilita toda la actividad humana. Partiendo de la anterior afirmación se realizó el siguiente trabajo en la UEB Central Azucarero Fernando de Dios Buñuel en el período comprendido de Enero del 2011 a Mayo de 2012 con el objetivo de proponer acciones para favorecer la eficiencia energética. En la realización del mismo se emplearon métodos de investigación teóricos como análisis y síntesis, inducción-deducción, histórico y lógico y métodos empíricos basados en revisión de documentos, encuestas y la observación científica. El análisis estadístico se realizó con una aplicación de Microsoft Office Excel 2007. Para diagnosticar el comportamiento de la eficiencia energética se utilizó un procedimiento, a partir de la encuesta diagnóstico energético de Arias Polo (2012), adaptada a las características de la entidad la que permitió determinar las principales deficiencias y proponer un plan de acción para favorecer la eficiencia energética en la entidad.

## **Summary**

The different sources and systems of production and use of energy utilized by the man have dialled the big stages in the development of the human society, depending the course of this of energetic election campaign accomplished in each moment. The energy makes possible and makes all of the human activity easy. Splitting of the previous affirmation Sugar Factory Fernando de Dios Buñuel accomplished the following work in the UEB himself in the period understood of January of the 2011 to May 2012 for the sake of proposing stock to favor the energetic efficiency. As theoretical research methods were used: analysis-synthesis, induction-deduction, historical-logical, the empirical methods employed were: surveys, scientific observation and revision of documents. An application of Microsoft Excel 2007 was used for the statistic analysis. In order to diagnose the behavior of energetic efficiency a procedure, as from diagnostic energetic Arias Polo (2012), once the one that he permitted was adapted to the characteristics of the entity utilized determining the principal deficiencies itself and to put forth an action plan to favor the energetic efficiency at the entity.

## **INDICE**

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
1.1 Comportamiento del problema energético en el mundo y en Cuba.....	4
1.2 Conceptos a tener en cuenta para evaluar la eficiencia energética.....	6
1.3 Combustible energético en la agroindustria azucarera .....	9
1.3.1 Características del cultivo de la caña de azúcar.....	10
1.3.2 Operaciones para la fabricación del azúcar .....	11
1.3.3 Combustible sólido: bagazo.....	14
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 Procedimiento a emplear para realizar el diagnóstico energético.....	19
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Aplicación del procedimiento para el diagnóstico de la eficiencia energética.	22
3.2 Conjunto de acciones para contribuir al ahorro energético en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel.....	43
3.3 Valoración económica, social y medioambiental .....	45
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y CITAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Desde el surgimiento de la vida en la tierra, el hombre se ha servido de los recursos naturales que la misma le ha brindado. El petróleo (Oro Negro), como el de más alta demanda en el mundo, es el recurso energético natural no renovable más demandado que existe hasta la fecha, con su acelerada disminución por el alto consumo y con el criterio de que no es infinitamente inagotable, ha traído altos grados de deterioro de la flora y la fauna en la tierra por la alta contaminación que ejerce su combustión y la liberación de su gas acompañante (CO<sub>2</sub>) hacia la atmósfera trayendo consigo el peligro de la supervivencia de la vida en la tierra.

Según lo planteado en los Lineamientos<sup>1</sup> de la Política económica y social del Partido y la Revolución, la política energética está encaminada a fomentar el aumento de la generación de electricidad en la agroindustrias azucareras a partir del aprovechamiento del bagazo y residuos agrícolas cañeros y forestales. Así como potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, fundamentalmente la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico.

De acuerdo a lo expresado en Estrategia de innovación y desarrollo de la energía en el MINAZ (periodo: 2009 – 2013), en la actualidad producto del excesivo consumo de combustibles fósiles en los últimos 200 años, donde la humanidad ha consumido el 60 % de los recursos energéticos fósiles que fueron creados durante millones de años. En el mundo las fuentes de energía son tan diversas, tales como: la solar, eólica, hidráulica, marina y la energía química de la biomasa. (MINAZ, 2008)

En la actualidad, resultan competitivas a nivel de los sistemas eléctricos de potencia, la eólica, la hidráulica y la energía química de la biomasa. La más prometedora es la biomasa por su magnitud a nivel mundial ya que la constituyen fundamentalmente

---

<sup>1</sup> Referido a los lineamientos 246, 247 de la Política energética del Capítulo VIII Política industrial y energética.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

las plantaciones cañeras y los bosques. (Oficina de Coordinación y Sistemas MINAZ, 2008)

La caña de azúcar (*Saccharum spp*), tiene las ventajas de poder suministrar al hombre tres elementos de gran importancia en el mundo de hoy: alimentos, energía y fibras, la misma puede captar eficientemente la energía solar, sintetizarla, almacenarla y en definitiva ser la materia prima para la elaboración de tan útiles productos.

El uso de los residuos agrícolas cañeros como combustible depende ante todo de la posibilidad de su recolección. En Cuba se cosecha el 70 % de la caña en forma mecanizada por medio de cosechadoras que reintegran 50 % de los residuos agrícolas cañeros al campo; posteriormente, en centros de acopio y limpieza de la caña cosechada se separa 50 % de los residuos agrícolas que vienen del campo. Como promedio es posible recolectar 3,75 t de residuos agrícolas cañeros por hectárea de caña cosechada. (Reyes, Pérez y Betancourt, 2002)

La producción de energía en la industria azucarera cubana se realiza sobre la base de la combustión del bagazo de la caña, lo que permite autoabastecer de vapor y electricidad a las fábricas y generar excedentes eléctricos para ser aportados al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

En la generación del vapor existen potencialidades que no se aprovechan por ineficiencias, lo que trae consigo un alto consumo de bagazo, agua, vapor y electricidad. Las acciones para el incremento de la eficiencia energética en la Agroindustria Azucarera son un factor decisivo para alcanzar resultados estables junto a la técnica y el control. (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/programa/eficiencia.htm>)

La disciplina tecnológica, la correcta operación de los equipos, la calidad y organización de la capacitación, recalificación de los obreros y técnicos vinculados con esta actividad, tienen que constituir una preocupación sistemática para poder alcanzar una mayor eficiencia. (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/programa/eficiencia.htm>)

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

En la UEB CA Fernando de Dios Buñuel, la operación eficiente y estable del proceso de producción de azúcar no se concibe sin un respaldo energético sólido, asociado a una correcta concepción y operación de los sistemas termoenergéticos que permita autoabastecer de vapor y electricidad a la fábrica y entregar electricidad al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), entre las causas que más inciden en la eficiencia energética se relacionan las siguientes:

- Escasas posibilidades de entrega de energía al SEN
- Inestabilidad en la molida
- Deficiente insolación de tuberías y equipos.
- No se cuenta en la UEB con un especialista energético.
- Falta de divulgación de los temas energéticos.

Por lo que en esta investigación se plantea como **problema científico**: ¿Cómo favorecer la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel?

El investigador propone la siguiente **hipótesis**: si se aplica la propuesta de acciones, a partir de los resultados del diagnóstico basado en la encuesta energética, se podrá favorecer la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel.

Se plantea como **objetivo** de esta investigación: proponer acciones para favorecer la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel y como **objetivos específicos** de la investigación:

1. Determinar los fundamentos teóricos relacionados con la eficiencia energética en la industria azucarera
2. Diagnosticar lo relacionado con la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel
3. Proponer acciones para favorecer la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel

## **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Comportamiento del problema energético en el mundo y en Cuba**

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar la calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas en la actualidad. (Borroto, 2001)

El Programa País de Eficiencia Energética definió este concepto como: “el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad”.  
([http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica))

El concepto eficiencia energética se refiere a hacer un buen uso de la energía para, junto con el desarrollo de energías renovables y la utilización racional de esta, tratar de frenar el cambio climático.

Para conformar una política energética acorde al desarrollo sostenible se debe tener en cuenta:

1. Elevación de la eficiencia energética, eliminando esquemas de consumo irracionales, reduciendo la intensidad energética en los procesos industriales, aprovechando las fuentes secundarias de bajo potencial, utilizando sistemas de cogeneración, y empleando en general la energía de acuerdo a su calidad.
2. Sustitución de fuentes de energía, por otras de menor impacto ambiental, en particular por fuentes renovables, tales como: energía solar, energía eólica, energía geotérmica, hidroenergía, biomasa, energía de los océanos, etc.

La eficiencia energética de la empresa está íntimamente ligada a su proceso productivo y a los indicadores que definen su nivel competitivo, por ello no puede ser lograda sólo a partir de medidas independientes de ahorro y uso racional de la

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

energía sino dentro del conjunto de acciones orientadas a elevar la productividad y a mejorar su posición en el mercado.

El programa energético en Cuba contempla la sustentabilidad energética, como elemento fundamental del desarrollo sustentable del ser humano y su sociedad, representa un reto que el país no puede soslayar y que requiere trazar desde ahora el camino para alcanzarla, dando continuación y culminación a la Revolución Energética. (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia42/HTML/Articulo06.htm>)

La situación energética en Cuba se encuentra en plena evolución desde el mismo triunfo de la Revolución. Los análisis realizados en numerosas empresas por el colectivo del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, ponen de manifiesto, que el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha visto de una forma muy limitada, basándose fundamentalmente en la realización de diagnósticos energéticos que culminan en propuestas de medidas o proyectos de ahorro. Esta vía, además de obviar parte de las causas que provocan baja eficiencia energética, generalmente tiene reducida efectividad, fundamentalmente por no contar la empresa con la cultura ni con las capacidades técnico - administrativas necesarias para realizar el seguimiento y control requerido y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas.

De trascendental importancia para el Programa Energético en el país resultan la Resolución Económica del Congreso del PCC y el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía aprobado por la Asamblea Nacional del Poder Popular. El Programa aprobado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros plantea la solución del problema energético en nuestro país con la utilización de todos y cada uno de los recursos naturales a nuestro alcance, en la medida de lo posible, de forma que al aunar las diferentes alternativas energéticas encontradas pueda minimizarse la componente energética procedente del petróleo. (Borroto, 2001)

## 1.2 Conceptos a tener en cuenta para evaluar la eficiencia energética

La industria azucarera y su desarrollo a estado vinculado íntimamente al del esquema energético de producción y consumo considerada a un grupo de factores tales como:

1. Evolución de la tecnología en si misma.
2. Rentabilidad de la producción principal (azúcar).
3. Precios de la electricidad.
4. Desarrollo posibilidades de la industria.
5. Características principales de la agroindustria: estabilidad de molido, variedades disponible, estructura de corte y tiro.
6. Variedades disponible, estructura de corte y tiro.

La actividad ha contribuido a la estimulación de sistema de generación y uso de la energía (vapor). Esto ha permitido excedentes energéticos sin perjudicar la producción, con el incremento de los ingresos. Al mismo tiempo permite que los ingenios se preparen para asumir con determinada flexibilidad condiciones desfavorables y sostenerse energéticamente con su autoabastecimiento energético. El sistema termoenergético de los ingenios azucareros está compuesto básicamente por los siguientes bloques:

**Bloque de generación:** Formado por la planta de generación de vapor con sus equipos auxiliares necesario para sus operaciones.

**Bloque de fuerza:** Todos los motores primarios que incluye turbinas de accionamiento mecánico y turbogeneradores.

**Bloque de consumo:** Conformado por las superficie de intercambio de calor de los equipos tecnológico del proceso de fabricación de azúcar. Compuesto por:

1. Calentadores de jugo alcalino.
2. Calentadores de jugo clarificado.
3. Equipos de evaporación.

Los principios que determinan la armonía de operación entre los bloques que intervienen en la eficiencia energética son los siguientes:

1. La eficiencia del bloque de generación tiene que garantizar la calidad de producción de vapor directo requerido por la fábrica, con el suministro de la cantidad de bagazo correspondiente a la molienda efectiva, menos cierta fracción de esa cantidad que posibilite un sobrante de dicho combustible para hacer frente a las interrupciones.
2. La capacidad de producción de vapor directo del bloque de generación, tiene que ser superior a la demanda máxima del proceso de fabricación de azúcar, para asumir las pérdidas por radiación y aquella pérdida inevitable característica del proceso industrial. Si esta condición no se cumple, la planta de vapor se vería imposibilitada de mantener estable la presión normada para el vapor directo.
3. El flujo de vapor de escape del bloque de fuerza no puede sobrepasar a la demanda del proceso, puesto que en este caso, la diferencia habría que aliviarla a la atmósfera con consecuencias en cuanto a la pérdida de energía neta y pérdida de condensados calientes. Este principio y el anterior ratifican la imperiosa necesidad de mantener un equilibrio racional entre la demanda de vapor, el proceso y la característica energética de los bloques de generación y fuerza.
4. El equilibrio automático entre la entrega de vapor de escape del bloque de fuerza y la demanda de ese vapor por el proceso, se logra por las dos vías siguientes:
  - Válvula reductora
  - Control de carga en el turbogenerador, siempre que la capacidad de este lo permita y exista posibilidad de entregar la electricidad a la red pública.
5. Cuando la presión de vapor de escape es sistemáticamente menor en un 20 % al vapor establecido y se encuentra satisfecha la demanda de carga del bloque de fuerza resulta necesario reducir el consumo de vapor del proceso para someterlo

energéticamente a las vías más racionales para esta reducción del consumo puede ser:

1. Mejoras en el esquema de evaporación.
2. Limitación en el uso del agua.
3. Mejoramiento del aislamiento térmico de la fábrica en especial de la casa de caldera (tuberías y equipos). (Girón y Sánchez, 2001)

Para el análisis de la eficiencia energética a nivel empresarial se utilizan diferentes indicadores: índices de consumo, índices de eficiencia e indicadores económico-energéticos.

Índices de consumo:

- Energía consumida / Producción realizada
- Energía consumida / Servicios prestados
- Energía consumida / Área construida

Índices de Eficiencia:

- Energía real / Energía teórica
- Energía producida / Energía consumida

Índices Económico-Energéticos:

- Gastos energéticos / Gastos Totales
- Gastos energéticos / Ingresos (ventas)
- Energía total consumida / Valor de la producción total realizada  
(Intensidad Energética)

El índice de consumo o consumo específico de energía, se define como la cantidad de energía por unidad de actividad, medida en términos físicos (productos o servicios).

Para cuantificar la sustentabilidad energética, OLADE establece indicadores que sirven para comparar la situación de los países del área o para evaluar la evolución temporal de un mismo país.

Es por ello que el monitoreo y control de la eficiencia energética debe basarse en índices de consumo físicos que relacionen el consumo de portadores energéticos con los servicios prestados. Un monitoreo y control energético efectivo en una empresa o entidad de servicio, requiere de la utilización de un conjunto de indicadores de los tres tipos, y no solo a nivel de empresa, sino estratificados hasta el nivel de las áreas y equipos mayores consumidores. Para evaluar la racionalidad en el uso de energía y particularmente la medición del nivel de eficiencia energética deben ser empleados indicadores, que permitan ser “eficientes en la promoción de la eficiencia”.

### **1.3 Combustible energético en la agroindustria azucarera**

La caña de azúcar es considerado uno de los cultivos más antiguo de la humanidad se tiene referencia de su existencia en la India y China desde unos 6000 años (a.n.e). Su empleo en la alimentación humana se remonta a unos 3000 años (a.n.e). En el siglo (XVIII) se construyeron los primeros trapiche, en el siglo (XIX) con el auge de la revolución industrial se promovió el rápido cambio y crecimiento de la industria hasta la construcción de las maquinas de vapor y los equipos de evaporación a múltiple efecto. (Girón, A., Sánchez, D., 2001).

El hecho de que la caña de azúcar haya sido utilizada como materia prima para la producción de azúcar, contribuyó a la creación de la convicción de que la síntesis de sacarosa es la característica más importante de esta planta, pero con la crisis energética mundial, se crece el interés en la diversificación del cultivo y el aprovechamiento de la caña, no sólo su jugo, sino todo lo que ésta es capaz de producir, combustible, la ceniza, cachaza, miel, azúcar crudo o refino así como otros derivado lo que hace más versátil, económica e independiente la industria azucarera de los beneficios que nos brinda esta insustituible plata.

A partir de los descubrimientos del norteamericano Robert Riellieux los problemas energéticos y las presencia de diferentes tipos de edulcorantes naturales o

sintéticos en el mercado obligan a la industria a su reordenamiento en busca de soluciones que promuevan la reducción de los costos de producción, básicamente a partir de la elevación del rendimiento agrícola y la eficiencia industrial, así como la generación de excedente de bagazo y electricidad para la venta a la red pública, siendo la caña de azúcar uno de los recursos renovables más completos que existan hasta el momento.

Según lo planteado por Hugot (1967), la fibra normal presente en la caña es entre un 12 y 14% para producir el bagazo necesario como combustible y la generación del vapor utilizado en la fábrica, bien balanceada y diseñada, debe quedar un exceso de bagazo o de vapor útil para otros fines, sin olvidarse que la caña lleva en sí el agua necesaria para la producción de vapor.

Estudios realizados demuestran que según la variedad de la caña de azúcar, las condiciones microclimáticas y la composición físico-química del suelo esto puede variar la composición de la misma desde 14,5 a 18,26 % de fibra en caña con un promedio de fibra en caña de hasta un 17,45 % presente en ella.

Las principales variedades se encuentran relacionadas en el anexo 1, aparecen los porcentajes de fibra en caña correspondientes a las variedades.

### **1.3.1 Características del cultivo de la caña de azúcar**

La caña de azúcar, planta del género *Saccharum*, familia Poaceae (Gramíneas), se cultiva en Cuba desde hace más de cuatro siglos y constituye la base de la agroindustria azucarera cubana como híbrido de las especies *officinarium* y *spontaneum*.

Morfológicamente se presenta en forma de macollas o plantones, constituidos a su vez de tallos aéreos cilíndricos, de hasta 3 - 4 metros de longitud, en dependencia de la variedad y las condiciones de desarrollo, se propaga asexualmente por medio de estacas.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

La materia prima de las fábricas de azúcar crudo es el tallo de la gramínea, libre de materia extraña y tierra. La materia prima ha de satisfacer un conjunto de requisitos mínimo de calidad para una producción estable de calidad y eficiencia.

Una caña con calidad debe de responder a los parámetros que aparecen a continuación.

Para la determinación de la calidad de la materia prima (eficiencia energética) se emplean los siguientes parámetros que se reflejan en la tabla a continuación:

Tabla 1. Parámetros de calidad de la materia prima

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALORES NORMALES</b>
Materia extraña en el basculador	menor de 5.0%
% volumen de tierra	menor de 5.0%

Fuente: Girón, A., Sánchez, D., 2001. Pag. 6

### **1.3.2 Operaciones para la fabricación del azúcar**

La extracción del jugo es la primera operación que se le realiza a la caña en la fábrica y tiene como objetivo romper la corteza exterior y llegar hasta las celdas donde se encuentra el mayor contenido de sacarosa y facilitar la extracción del jugo. Para la ruptura de la corteza o preparación de la caña es sometido a la acción de dos juegos cuchilla, esta la desfibra golpeándola ininterrumpidamente sobre el colchón de la estera de caña estabilizando la altura de este y que no hallan espacios vacíos.

El grado de preparación se mide por el porcentaje de celdas rotas, de la masa fibrosa al salir de los equipos de preparación, se considera buena cuando se alcanza (85%) de celdas rotas y óptimo cuando oscila en el rango de (90 a 92 %) de preparación.

La extracción del jugo se lleva a cabo en la planta moledora. Para ello es necesario de la mecanización combinada y presiones hidráulicas. En la planta moledora se produce la extracción de la pol por la aplicación del principio de flujo a contracorriente a partir de las utilizar el jugo más diluido para macerar la fibra. La acción se combina con la aplicación de altas presiones en los molinos de forma tal

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

que se logre un alto grado de extracción. La temperatura de la maceración e imbibición cataliza la extracción por concepto de incrementar la solubilidad del azúcar y además de ello mantener protegida la Planta Moledora contra el desarrollo de microorganismos. La extracción del jugo oscila de un 90 a un 100%, en dependencia del flujo de agua de imbibición y la fibra de la caña. La pol depende mucho de la fibra en caña.

La Purificación del jugo tiene como objetivo fundamental alcanzar la mayor la separación posible de impureza presente en jugo, lográndose así la obtención de cachaza a partir de las siguientes operaciones:

Se le denomina Alcalización al proceso mediante el cual se le añade una lechada de CAL diluida en una porción que va de 500 a 650 g de óxido de calcio (CaO) por tonelada de caña molida. Este proceso de alcalinización se puede realizar, en frío en caliente o en las dos etapas. Esta forma se le denomina alcalización fraccionada, y es por su resultado la más utilizada por las industrias azucarera. Este sistema se conoce por CAL- CALOR –CAL.

Tabla 2. Esquema de alcalización

Preparación en frío hasta un pH de 6.5 a 6.8	CAL
Calentamiento escalonado de jugo primero con vapor de escape de extracciones y rectificado con escape hasta llegar a una temperatura de 102 a 106 °C	CALOR
Rectificación de la alcalinización hasta un pH de 7.8 a 8.0	CAL

Fuente: Girón, A., Sánchez, D., (2001). Pag. 8

Luego pasa el jugo al taque de flash donde iguala su temperatura a 100 °C, se ingresa posteriormente al clarificador a una temperatura constante.

En esta operación se lleva a cabo la evaporación del 73 al 75 % del agua presente en los evaporadores de simple efecto y a múltiple efecto, lográndose con este proceso concentrado jugo desde 15.5 hasta un 65° Brix. Se considera equipo de simple efecto a los de vaporcell y preevaporador; como múltiple efecto a los doble triple y cuádruple efecto, esto responde al principio de alcanzar la mayor evaporación posible con la menor cantidad de equipos; buscando los mas bajo consumo de vapor para mantener la meladura en la estabilidad de su rango que es de 60 a 65 ° Brix.

La correcta operación de la estación de evaporación depende de que el ingenio pueda asumir la molida, pues los tachos no pondrán concentran la meladura con niveles de brix; también determinara la máxima recolección de los condensadores para la reposición necesaria del agua de alimentar caldera. Luego en los tachos y equipos auxiliares, se obtiene el grano de azúcar cristalizado. La cristalización y el crecimiento del grano de azúcar en los tacho es por lote.

### 1.3.3 Combustible sólido: bagazo

El bagazo es un residuo ligno-celulósico fibroso, sólido, obtenido después de moler los tallos de la caña, a la salida del último molino, con el objetivo de extraerle los jugos. En Cuba el bagazo que se produce representa aproximadamente el 28% por cada tonelada de caña procesada. Es de señalar que el bagazo como combustible renovable tiene características particulares por lo que aventaja a otros combustibles fósiles.

- Características del bagazo

El bagazo varía en color desde un blanco grisáceo hasta un verde grisáceo muy oscuro, con una estructura básica formada por pequeñas fibras de (0.8/2.9)mm de longitud (promedio 1.7 mm) y ancho (10.2/3.41)  $\mu\text{m}$  (promedio 20  $\mu\text{m}$ ), unido por un tejido llamado parénquima, que al sufrir el proceso de molienda tiende a convertirse posteriormente en polvo, recibiendo el nombre de meollo o médula. (MINAZ, 2009)

- Composición física del bagazo

La composición física del bagazo depende de los siguientes factores:

1. Variedad de la caña.
2. Esquema de preparación y molienda de la caña en la fábrica.
3. En menor grado, el desgaste que sufre los equipos que realizan la molienda durante la zafra.

El bagazo obtenido en Cuba tiene la siguiente composición aproximada:

Componentes fibrosos----- (40/46) %, de ellos la fibra representa entre el (60/66) % y la médula (18/20) %.

Componentes solubles en agua---- (6/8) % (Principalmente azúcares)

Humedad----- (48/50) %.

De los elementos de la composición, las más importantes son:

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

1. La parte fibrosa, esta compuesta en su generalidad por celulosa, lo que aporta la mayor cantidad de carbono y por lo tanto la mayor cantidad de calor, al combustionarse el bagazo.
2. La humedad determina en gran medida la eficiencia de la combustión. A valores muy altos de humedad, una gran porción del calor desprendido es utilizado para evaporar la humedad y calentar sus vapores. Sobre la humedad influyen dos factores operacionales estos son: Agua de imbibición, presión de las mazas superiores de los molinos.

La operación con valores incorrectos de estos parámetros incrementan la humedad y por ende el bagazo aportará menos valor calórico en el proceso de su combustión.

Tabla 3. Comportamiento del poder calórico del bagazo y el consumo de bagazo de una caldera función de la humedad

HUMEDAD W (%)	VALOR CALORICO. INFERIOR (Kcal/Kg)	CONSUMO DE BAGAZO (%)
44	2116	88
46	2019	92
48	1922	96
<b>50</b>	<b>1855</b>	<b>100</b>
52	1725	104
54	1631	108
56	1534	112

Fuente: CD MINAZ (2009)

El porcentaje de consumo de bagazo está referido al consumo de la caldera en las condiciones de diseño (50% de humedad). En la tabla anterior se aprecia el incremento del consumo de combustible con el incremento de la humedad del bagazo. Desde el punto de vista industrial el aumento de los azúcares en el bagazo representa una disminución de la eficiencia de la extracción de los jugos de los tallos de caña, además de ser un elemento que ayuda a la degradación química del bagazo y puede producir autocombustión en su almacenaje.

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

El valor calórico del bagazo con 50% de humedad es de unas 1 825 kcal/kg, requiriéndose entre 2,2 y 2,4kg de bagazo empleado como combustible para producir entre 1kg de azúcar. Puesto que se necesitan unos 9kg de caña para obtener 1kg de azúcar y que la caña tiene como promedio 13-14% de fibra, el bagazo que ésta produce se consumirá casi totalmente como combustible en la propia industria. (Arias A. y Donate, E., 2012).

La composición química del bagazo es variable, se pero puede considerar como valor aproximado lo reflejado en la tabla siguiente:

Tabla 4. Composición química del bagazo

Carbono	C	(43/49) %	
Hidrogeno	H	(5/7.5) %	
Oxigeno	O	(43/49) %	
Ceniza	A	(0.9/2.5) %	Cosechada manualmente.
	A	(2.2/5) %	Cosechada mecánicamente.

Fuente: CD MINAZ (2009)

Una de las ventajas que posee el bagazo como combustible en comparación con otros combustibles fósiles es la casi ausencia de azufre, por lo que en los cálculos no se considera.

La densidad del bagazo es otro parámetro a tener en cuenta y que influye en su almacenaje ya sea a granel o compactado en pacas. El bagazo tal y como sale de los molinos tiene una densidad de 100/140 Kg/cm<sup>3</sup> y al estar almacenado en la casa de bagazo el propio peso de la pila compacta el mismo y puede llegar a alcanzar valores de hasta 200 Kg/cm<sup>3</sup>, todo esto considerando una humedad de 50%. Esta cuestión de la humedad del bagazo tiene significativa importancia dadas las características plásticas del bagazo, por lo que muchas veces se toma su densidad en base seca, donde los rangos de variación son más estrechos.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

Otro aspecto a tener en cuenta cuando se almacena el bagazo para su posterior utilización, es el crecimiento y desarrollo de microorganismos que se reflejan en pérdidas de fibra y presencia de fermentación con peligro de combustión espontánea y el consiguiente riesgo para la salud.

El calor de la combustión del bagazo es bajo en comparación con los combustibles fósiles líquidos, teniendo en cuenta la humedad con que el mismo se utiliza, pero en base seca sus valores se aproximan al de algunas turbas.

$Q_{\text{bag.50\%w}}=1800-1900 \text{ Kcal/Kg.}$

$Q_{\text{bag. 0\%W}}=4600 \text{ Kcal/Kg.}$

Con fines de ingeniería práctica se han desarrollado ecuaciones empíricas, que permiten calcular el calor de combustión para el bagazo húmedo, siendo una de las más generalizadas la siguiente:

$Q_{\text{bag.}} = 4600 - 7.5 S - 46 W \quad (\text{Kcal/Kg})$

Donde:

$Q_{\text{bag}}$ -Calor de combustión superior del bagazo húmedo (Kcal/Kg)

S-----Contenido de azúcar del bagazo ó Pol del bagazo en %.

W-----Humedad del bagazo en %.

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se realizó en la UEB CA “Fernando de Dios Buñuel”, situada en la carretera que conduce a Banes, en el Km. 19 del poblado de Tacajó, perteneciente al municipio Báguano, provincia Holguín, con dirección sito en calle 2 de abril No 82, en el período comprendido de Enero del 2011 a Mayo de 2012. La fábrica de azúcar cuenta con una capacidad potencial instalada de 4 025 t/d, siendo su norma operacional de 3 220 t/d para el 80 % del aprovechamiento de su capacidad.

Los **métodos científicos** que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron:

### **Métodos teóricos:**

**Análisis y síntesis:** Para el estudio de las principales causas que provocan el deterioro energético en la UEB, análisis de la literatura técnica vinculada con el problema a tratar y en la interpretación de los resultados obtenidos a través de los métodos empíricos, así como para la elaboración del informe.

**Histórico y lógico:** Para analizar el comportamiento del problema de la investigación desde diferentes posiciones estudiadas y la evolución de la solución propuesta.

**Inducción y deducción:** Para establecer generalizaciones a partir de datos obtenidos de los documentos, así como de la observación directa.

### **Métodos empíricos:**

**Encuesta:** permitió obtener criterios que contribuyan a diagnosticar la situación actual que presenta la eficiencia energética en cada uno de los bloques técnicos en la UEB Central Azucarero Fernando de Dios Buñuel.

**Observación científica:** En la percepción directa del objeto de investigación. Permite conocer la realidad mediante la percepción directa el comportamiento de los

indicadores de la eficiencia energética y la operación por parte del personal, así como el estado de equipamiento instalado en el área.

**Revisión de documentos.** Se empleo en la revisión de las hojas de análisis de laboratorio y los reportes decenales y semanales. Los registros de índices de entrega al SEN, consumo del SEN, generación eléctrica. Así como documentos normativos del organismo y de la empresa.

**Métodos estadísticos:** para procesar los datos que proporcionan los métodos empíricos como la encuesta y la revisión documental.

## **2.1 Procedimiento a emplear para realizar el diagnóstico energético**

Para el diagnóstico de la eficiencia energética en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel se empleó un procedimiento, a partir de Encuesta Diagnóstico Energético de Arias Polo (2012), modificada por el autor de acuerdo a las características de la entidad. Lo que permitió detectar los problemas existentes en la eficiencia energética y proponer acciones de mejora. Por lo que se definen las etapas siguientes:

### **Etapas 1. Preparación inicial**

**Objetivo:** Garantizar el apoyo y colaboración de técnicos y trabajadores con experiencia y conocimientos en la materia, personal especializado y dirigentes de la entidad. Durante esta etapa es necesario informar al personal involucrado acerca del objetivo que persigue el trabajo y su importancia para la UEB.

### **Paso 1. Determinación de la información necesaria para el diagnóstico**

Para recopilar la información para el diagnóstico se obtiene a partir la revisión de documentos, informes de zafra, fichas técnicas de los equipos y registros históricos en el sistema supervisorio **EROS**. Además de la recogida de los datos que se relacionan con las características técnicas del equipamiento instalado y los

parámetros de operación de cada uno de los equipos que intervienen en el área energética.

## **Etapas 2. Diagnóstico energético**

**Objetivo:** Aplicar la encuesta estructurada a partir de los diferentes bloques que conforman el área energética

### **Paso 1. Caracterización de la UEB**

**Objetivo:** Analizar el flujo de producción de la UEB, para determinar los puntos claves a evaluar en el esquema energético. Además de las características de cada uno de los subprocesos que intervienen en la producción de azúcar.

### **Paso 2. Aplicación de un instrumento para el diagnóstico energético**

Para el diagnóstico energético se aplicó la encuesta estructurada (anexo 2) de la forma siguiente:

Bloque I: Generación de vapor

La encuesta se aplicó al Jefe de Área de Generación de Vapor, operadores de caldera para determinar características del área, equipamiento instalado y del combustible empleado, puntos críticos que afectan la generación.

Bloque II: Consumo y Generación de los Motores Primarios

Con esta encuesta se determina lo referido a la generación y el consumo, principales equipos consumidores de energía.

Bloque III: Consumo de Vapor de Escape

Se le aplicó la encuesta al técnico del área determinando características de equipos de proceso e ineficiencia en los consumos de los equipos de proceso.

Bloque IV: Administración de la energía y estimulación de su ahorro

Se le realizó la encuesta al técnico del área de la plata eléctrica para determinar lo relacionado con la gestión de la energía, sistema de estimulación y divulgación del tema energético, entre otros aspectos.

## **Etapas 3. Análisis de los resultados de la encuesta energética**

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

**Objetivo:** Elaborar plan de acción a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.

En dependencia de los resultados del diagnóstico se propone el plan de acción para solucionar los problemas detectados en cada uno de los bloques técnicos.

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Aplicación del procedimiento para el diagnóstico de la eficiencia energética**

La aplicación del procedimiento descrito en el capítulo anterior se expone a continuación:

#### **Etapas 1. Preparación inicial**

**Objetivo:** Garantizar el apoyo y colaboración de técnicos y trabajadores con experiencia y conocimientos en la materia, personal especializado y dirigentes de la entidad. Durante esta etapa es necesario informar al personal involucrado acerca del objetivo que persigue el trabajo y su importancia para la UEB.

#### **Paso 1. Determinación de la información necesaria para el diagnóstico**

Para recopilar la información para el diagnóstico se realizó la revisión de documentos, informes de zafra, fichas técnicas de los equipos y registros históricos en el sistema supervisorio *EROS*. Además de la recogida de los datos que se relacionan con las características técnicas del equipamiento instalado y los parámetros de operación de cada uno de los equipos que intervienen en el área energética.

#### **Etapas 2. Diagnóstico energético**

##### **Paso 1. Caracterización de la UEB CA Fernando de Dios Buñuel**

Planta moladora

Es el área donde se recepciona la materia prima (caña), donde empieza su preparación para obtener una mejor extracción en su molienda, la cual cuenta con el siguiente equipamiento tecnológico:

- Romana de caña de ferrocarril, marca Fairvanks, USA, para el pesaje de la caña en carros de ferrocarril y camiones, con una capacidad de hasta la capacidad de 80 t.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

- Virador hidráulico de ferrocarril marca Link-Belt, USA, para descargar los carros de caña hacia la estera surtidora con 143,75 t métricas / h.
- Virador hidráulico de camiones marca Kamaz, Cuba, con capacidad de 92 t métricas/h para la descarga de camiones de caña hacia la estera surtidora de carros jaula.
- Virador hidráulico de remolque marca Kamaz, Cuba, con capacidad de 92 t métricas/h para la descarga de camiones de caña hacia la estera elevadora.
- 1 winche para mover los carros jaulas, Soviético, para halar los carros hacia la plataforma del virador de ferrocarril, cuenta con un motor de 440 Volt, 865 rpm, 19 KW rotor bobinado.
- Estera surtidora de carros jaula y camiones, con un motor de 440 Volt, 900 rpm, 22 KW cuya función es depositar la caña hasta la estera elevadora.
- Estera auxiliar de remolque, con un motor de 440 Volt, 1200 rpm, 20 KW cuyo objetivo es conducir la caña hacia la estera elevadora.
- Estera elevadora con un motor de 440 Volt, 1200 rpm, 55 KW, con la función es depositar la caña en la planta moledora.
- Gallego Es el equipo nivelador de la caña formada por paleta acoplado a un motor eléctrico para que las cuchillas trabajen con una mayor eficiencia en la ruptura de las celdas de la caña el cual cuenta con un motor 22KW 1200 Rpm.
- Para la preparación de la caña se utilizan dos cuchillas (una Chinipon de 600 hp, 600 rpm y una con turbina SKODA de 600 hp y 600rpm) que cuentan con 104 machetes cada una para una buena preparación hasta llegar a la tolva alimentadora de la Planta Moledora.
- 3 rastrillos de limpieza mecánica.
- 1 alzadora para el microdespalillo.

Tabla 5. Indicadores de eficiencia en el basculador

Indicadores	Valores
Índice de preparación	> 65
Molida horaria	168 t

Fuente: Datos del laboratorio

La función principal de esta área es la de extraer la mayor cantidad de jugo posible de la caña con un mínimo de impurezas, esta área cuenta con un molino Fulton inclinado con 5 unidades de molida y el siguiente equipamiento:

- La planta moledora cuenta con una batería de cinco molinos movidos por tres motores eléctrico de 630 KV.
- Un colador rotatorio ubicado en la parte superior de la Planta Moledora que ahorra energía, su flujo es por gravedad.
- 1 calentador líquido-líquido marca WEBRE.
- 3 bombas de guarapo intupibles maceración, Miler Watson de 300 gpm, 600 pies y 1800 rpm.
- 2 bombas de guarapo intupibles verticales Miler Watson de 300 gpm, 600 pies y 1800 rpm.
- Una tolva alimentadora Donelly
- 2 bombas de limpieza.
- 2 bombas de agua de imbibición de 4 CRVL, 1800 rpm, 600 gpm y 60 pies.
- 2 equipos de lubricación FARVAL.

Tabla 6. Indicadores de eficiencia en el Molino

Indicadores	Norma
Humedad del bagazo	≤ 50%
Temperatura del agua de imbibición	De 65 a 70 °c

Fuente: Datos del laboratorio

### Purificación de jugo

La función principal de la operación de purificación es la eliminación de las impurezas presentes en el jugo, mediante la sedimentación. El calentamiento de jugo se realiza mediante 6 calentadores WEBRE elevando la temperatura de 102-106 °C y completando la reacción entre la lechada de cal y los fosfatos presentes en el jugo.

- Dos bombas de vacío de 1500 gpm.
- Dos ventiladores de bagacillo.
- Un cachazón.
- Un tanque de floculante de 9700 litros con una bomba dosificadora y su dosificación es de 2 a 4 ppm.
- La extracción de cachaza es por gravedad y por bombas de pistón.

### Concentración de jugo

Esta operación es la responsable de concentrar el jugo y convertirlo en meladura por la acción del vapor bajo el principio del múltiple efecto se comprende desde la salida del jugo de los clarificadores hasta la salida de la meladura para el área de cristalización.

Se realiza a partir del jugo que sale del tanque de jugo clarificado el cual pasa a los calentadores de jugo clarificado para elevar la temperatura del mismo que llega al preevaporador de (17500 pcsc), a través de bombas que dan paso al dúplex de (16000 pcsc), el cual es el encargado de llevar el jugo al primer vaso del cuádruple de (38000 pcsc) donde da paso a cada vaso con la evaporación del que le antecede, elevando el Brix del jugo de equipo en equipo llegando al cuarto vaso donde se

trabaja para lograr el Brix deseado en la meladura, que debe ser de 60 a 65 ° Brix la cual se envía hacia el tanque de meladura.

Tabla 7: indicadores de eficiencia en el área de Concentración de jugo

Indicadores	Norma
Brix de la meladura	58 a 62

Fuente: Datos del laboratorio

### Cristalización

Se utiliza el sistema de tres masas cocidas y la doble semilla con cristalización para azúcar comercial. Para realizar esta labor el área cuenta con 7 tachos, que son los encargados de la cocción de la masa y agotamiento.

- Tacho 1 y 2 para MCC, marca Chiquitico fabregat con una superficie calórica de 3409 pie<sup>2</sup>.
- Tacho 3,4 para MCA, marca Chiquitico fabregat con una superficie calórica de 3409 pie<sup>2</sup>.
- Tacho 5 para MCA marca Honolulu con una superficie calórica de 3849 pie<sup>2</sup>.
- Tacho 6 y 7 para MCB, marca Honolulu con una superficie calórica de 3849 pie<sup>2</sup>.

### Sistema de inyección, rechazo y vacío

Este sistema se utiliza en el área de evaporación y concentración para el intercambio calórico de los jugos y las masas con los condensados y establecer el trabajo de múltiple efecto en los equipos de evaporación, el sistema cuenta con:

- 3 bombas de inyección, de ellas dos de 10000 gpm y una de 8000 gpm.
- El rechazo es por gravedad.
- Un condensador para cada tacho y uno para el cuádruple, de ellos 5 son de escurrimiento por películas.
- Un enfriadero general.
- Dos bombas de vacío, de ellas una para tachos y otra para el cuádruple que trabajan independiente con una presión de vacío de 26 plg<sup>2</sup> de Hg.

- Un sistema de enfriamiento de bombas que cuenta con un circuito cerrado.

### Generación de Vapor

La principal función de esta área es la transformación del agua en vapor de alta presión para ser utilizado en el turbogenerador y las turbinas del basculador, usando como combustible el bagazo y producen el vapor de escape necesario para el proceso tecnológico y el balance del esquema energético, estas actividades se comprenden desde la entrada del combustible hasta la salida del vapor.

### Descripción de los generadores de vapor

El área de generación de vapor cuenta con dos calderas acuatubulares, de tipo Reto de 45 t/h.

Los generadores de vapor cuentan de las siguientes partes fundamentales.

1. Hornos: lugar donde el bagazo se le realiza combustión.
2. Parrillas: es el componente de la caldera que es para retener el bagazo y que tenga una mejor combustión y aprovechamiento de su energía.
3. Flusería de tubo: es el encargado de la circulación del agua y el encargado de que esta sea convertida en vapor producto a la combustión del bagazo.
4. Ventilador de tiro inducido y chimenea: son lo que se encargan de extraer y expulsar a la atmósfera los gases producto de la combustión.
5. Tiro forzado y calentadores de aire: su objetivo es la extracción del aire de la atmósfera, pasarlo por los calentadores del mismo y aumentar su temperatura antes de que se introduzca en la combustión.
6. Ventilador de tiro secundario: es el encargado de esparcir el bagazo dentro de las calderas para que su combustión sea de una mejor combustión.
7. Economizadores: se encargan de aumentar la temperatura del agua para mejorar de las calderas.
8. Recalentadores de vapor: componente de la caldera que esta diseñado para sobrecalentar el vapor y que no halla arrastre de humedad en él.

9. Conductores de bagazo: la función de estos es conducir y recircular el bagazo que sale de los molinos.

10. Alimentadores de bagazo: el objetivo principal de estos es alimentar gradualmente a los generadores de vapor según las necesidades de alimentación individual de cada uno de ellos.

Tabla 8: Los principales indicadores de eficiencia que se controlan son:

Indicadores	Norma
Generación de vapor	95 t
Presión de vapor	17,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de vapor	320 °c
Temperatura del agua de alimentar	De 110 a 120 ° c

Fuente: Datos de autor

#### Planta Eléctrica

La función principal de esta área es la producción de energía eléctrica a través del turbogenerador, usando el vapor como materia prima que luego de realizar trabajo en la turbina del generador produce vapor de escape necesario para el proceso tecnológico, así como la electricidad necesaria para el autoabastecimiento. Estas actividades se comprenden desde la entrada del vapor hasta la salida de vapor y electricidad para la fábrica y el sistema electro energético nacional. Además esta área es la encargada de mantener una alta disponibilidad técnica de los equipos eléctricos que se encuentran instalados en el proceso. El consumo interno de la fabrica esta entre 3 y 3.5 MW y logrando un buen suministro de vapor se puede entregar al SEN la energía restante.

Esta área cuenta con:

- Un turbogenerador soviético semiautomático de 4.0 MW, 6,3 KV y un consumo de vapor de 45 t, existe un sistema de distribución dividido en barras de 6.3 KV, también hay instalado una subestación transformadora de 6.3 KV de salida, del sistema en barra la corriente va a los equipos pasando antes

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

por los transformadores de cada uno, garantizando el voltaje de trabajo necesario.

- Tres centros de carga, uno de ellos de 2000 KVA y dos de 1000 KVA.
- Una subestación de entrada con dos transformadores de 33000 KVA a 6.3 KVA que alimenta el cuadro general de la industria.
- Cuatro analizadores de redes.

Tabla 9: Los principales indicadores de eficiencia que se controlan son:

Indicadores	Norma
Índice de generación	25.0
Índice de consumo	1.0
Índice de entrega	1.5
% de Autoabastecimiento	100.68
% de Aprovechamiento del turbo	90.0

Fuente: Datos del autor

## **Paso 2. Aplicación de un instrumento para el diagnóstico energético**

A continuación se muestran los resultados de la encuesta en cada uno de los bloques técnicos.

### **Bloque I. Generación de vapor**

Las causas que más afectaron el tiempo perdido en el área de generación de vapor son las siguientes:

- Disparo del conductor 3
- Rotura del conductor 4
- Motor quemado del conductor 5
- Rotura de la pala de bagazo
- Rotura del VTI de la caldera 1
- Disparo del variador de la caldera 2
- Rotura de la flusería en de la caldera 1

Existe un alto índice de roturas con un plan de 4.61 % y un real de 22,35 %.

Se realiza en la entidad otra producción, además del crudo. En este caso urea-miel-bagacillo que consume miel, bagazo y energía eléctrica. Se ha remodelado el sistema de aire secundario a partir de la instalación de bloques de toberas adicionales. El sistema de recuperación de condensados es centralizado.

Las bombas de alimentar permiten mantener en las calderas la presión adecuada. Los pailones de condensados están situados a suficiente altura para evitar que caviten las bombas de condensado. Se realiza periódicamente el control analítico del agua de alimentar y del agua de calderas. Se registran adecuadamente en un libro los resultados de los análisis del agua de alimentar y del agua de caldera. Se realiza la dosificación de productos químicos requerida. Se asienta la dosificación en el libro de control analítico.

La casa de bagazo se opera forma manual. No se ha realizado auditoria energética en las calderas por parte de la Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

como parte del movimiento de calderas eficientes. Se efectuó la inspección estatal por los inspectores del MTSS a las calderas previo a la zafra pasada. No se ha efectuado estudio o diagnóstico a las calderas para elevar capacidad o eficiencia en los últimos 5 años por alguna entidad ajena a la UEB. No ha habido un nivel de bajas importantes de trabajadores y técnicos del área de calderas en los últimos 3 años. Existe programa de calificación o recalificación para el personal de operación de las calderas.

Se muestran las características del deareador a continuación:

Tabla 12. Características deareador

Temperatura del agua a la entrada del Deareador	90	°C
Temperatura del agua a la salida del Deareador	110	°C
Capacidad del pailón de alimentación	1000	m <sup>3</sup>
Capacidad del tanque de agua tratada	1000	m <sup>3</sup>
Capacidad del tanque de reserva	240	m <sup>3</sup>

Fuente: Datos del autor

No se han ejecutado reparaciones capitales importantes o remodelaciones en el área de calderas en los últimos 5 años. El problema más grave a resolver en el estado técnico actual de la batería de calderas es la tubería de unión de las dos calderas.

Existe cuarto de control para la operación de las calderas y está climatizado. Posee sistema supervisorio EROS. No se cuenta con equipo portátil de medición para evaluar y ajustar las calderas, ni Analizador de CO<sub>2</sub> (Firyte). Existe tanque flash en

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

cada caldera para aprovechar parte de la energía de las purgas continuas. El vapor del flasheo se envía al deareador.

En ambas calderas el tipo de horno es de Parrilla Basculante, poseen Calentador de aire (CAT), economizador (ECO), ventilador de tiro forzado (VTF principal y secundario), ventilador de tiro inducido (VTI). Existen señalizaciones preventivas y enclavamiento. El lazo de control del nivel del agua está en automático, pero los lazos de vacío del horno y de combustión presentan irregularidades en su funcionamiento en automático. No existe lazo de temperatura del vapor automático. Se dispone de variadores de frecuencia para regular alimentación.

Se realizó encuesta del Bloque I. Generación de vapor a Jefe de Área. Se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 13. Resultados de la encuesta en el área de generación

	U	Número de la caldera	
		1	2
Tipo de caldera*		RETO	RETO
Capacidad	t/h	45 Tm	45 Tm
Presión de vapor	Kgf/cm <sup>2</sup>	17,5	17,5
Temperatura del vapor	°C	320	320
Temperatura del aire a la salida del CAT	°C	320	320
Temperatura agua entrada del ECO	°C	110	110
¿Se aprecia fogoneo? M (Mucho), R (Regular), P (Poco)	M, R, P	Poco	Regular
Sopladores de hollín (total/de baja)		G-2	G-2
Estado técnico de la superficie radiante	B, R, M	B	R
Estado técnico de la superficie convectiva	B, R, M	B	R
Temperatura de gases de salida en cada caldera	°C	207	207

Fuente: Datos del autor

Otros datos del área de Generación de vapor se muestran a continuación:

- Consumo de bagazo 21 t/h
- Índice de generación 2,2 t vapor/ t de bagazo
- Eficiencia 75 %
- Vacío en el horno entre -3 y - 4 mm Hg
- Presión de trabajo 17,5 Kgf/cm<sup>2</sup>
- Temperatura del agua de alimentar entre 110 y 120 ° c
- Dos VTI de 200000 m<sup>3</sup>/h de capacidad.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

- Dos VTF de 65500 m<sup>3</sup>/h de capacidad.
- Dos VTA de 25380 m<sup>3</sup>/h de capacidad.
- Una estación de bombas de alimentar agua a calderas con una capacidad de 140 m<sup>3</sup> y una presión de 29,95 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- Una estación reductora de vapor de 17,5 a 10,54 Kgf/cm<sup>2</sup> y otra de 10,54 a 1,75 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- Una planta de tratamiento de agua con una capacidad de 40 m<sup>3</sup> la cual esta integrada por un reactor, tres filtros mecánicos y dos filtros de intercambio catiónico encarga de eliminar los sólidos disueltos en el agua para así ser utilizada en las calderas.
- Se cuenta con 7 conductores de bagazo para la alimentación de combustible encargado del trasiego del mismo desde la planta moledora, distribución en las calderas, sobrante y retroalimentación de la casa de bagazo. Están instalados cinco alimentadores mecánicos en cada caldera y dos vareadores de velocidad los cuales se regulan manual y automáticamente en dependencia de la presión de vapor en la caldera y la presión del horno.

Las características del combustible empleado en las calderas son las siguientes:

Tabla 14. Caracterización del bagazo

	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Humedad</b>	53.71	52.56
<b>Pol</b>	2.75	2.24
<b>Índice de preparación</b>	58	60
<b>Fibra</b>	47.9	44.15

Fuente: Datos del laboratorio

Además del bagazo propio se quema leña (500 toneladas)

Al realizar la Caracterización de la fuerza laboral se aprecia estabilidad en la fuerza laboral, aunque insuficiente nivel de escolaridad.

Tabla 15. Caracterización de la fuerza laboral del área de generación de vapor

Cargo	Nivel de escolaridad	Años Experiencia
OP Cald	9 <sup>o</sup>	13
OP Cald	9 <sup>o</sup>	4
OP Cald	9 <sup>o</sup>	8
Cabo de Agua	9 <sup>o</sup>	13
Cabo de Agua	12 <sup>o</sup>	5
Cabo de Agua	9 <sup>o</sup>	5

Fuente: Datos del autor

## **Bloque II: Consumo y Generación de los Motores Primarios**

Se aplicó encuesta del Bloque II. Consumo y Generación de los motores primarios a técnico de la Planta Eléctrica. El ingenio está interconectado con el SEN. No está automatizada la carga activa del turbogenerador según la presión de escape.

La temperatura de salida del vapor de escape del turbogenerador es de 126 °C, con una presión nominal de escape (1,5 kgf/cm<sup>2</sup>). Se atempera el vapor cuando se inyecta por reductora para bajar su temperatura cuando está por encima de su parámetro para que este no afecte la calidad del azúcar. La temperatura establecida

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

del vapor es de 130 °C. El atemperamiento es automático para que su efectividad sea lo más óptima posible con una mejor eficiencia.

Se expulsa vapor de escape a la atmósfera. Existe una reductora de directo-escape con un diámetro de 12 Pulgadas. En ocasiones se usa con frecuencia esta estación. No existe atemperamiento del vapor reducido.

Se decide inyectar por reductora en la Planta de Vapor por no existir automatización de la carga activa. No se ha podido medir o se conoce el consumo de energía para la preparación y molienda de caña. El consumo asciende a 50 Kwh/t de caña. Se ha ejecutado en Planta Moledora el trabajo propulsado por el Ing. José Barreiros para disminuir velocidad y aumentar grueso de colchón con el fin de disminuir el consumo de potencia. En los últimos 5 años, no se han ejecutado reparaciones capitales, cambios y(o) remodelaciones en los motores primarios de las áreas de preparación y molienda de caña, ni en la Planta Eléctrica. El estado técnico de la Planta Eléctrica y de motores primarios es regular.

El problema más eminente a resolver en la estación es el aumento de la capacidad de generación. El Batey está conectado a la OBE. No existe ningún nivel importante de baja de técnicos, ni de trabajadores en los últimos tres años. Las bajas fueron reemplazadas por personal idóneo en el área. La gestión de capacitación de la UEB no ha dado los resultados necesarios y esperados en el área de planta eléctrica. Existe y se mantiene actualizado un Plan de Acomodo de Carga para mover las mismas fuera del pico eléctrico.

Según las características energéticas de la UEB y la tendencia a electrificar el ingenio en su totalidad no es suficiente la generación de vapor, ni energía eléctrica, lo que trae consigo una sobreexplotación del equipo. En las tablas siguientes se muestran las particularidades de los mismos.

Tabla 16. Características del Turbogenerador

Marca	T-4-3600T3
País de procedencia	URSS
Potencia	4 Mw
Voltaje	6300 Volt
Presión del vapor de entrada	17,5Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura del vapor de entrada	330 °C
Presión del vapor de escape	1,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Nº de etapas de la turbina	5
Factor de potencia del generador *	0.90
Accionamiento del generador	

Fuente: Datos del autor

En el área de Basculador se encuentran instaladas dos turbinas de vapor, sus características se muestran a continuación:

Tabla 17. Características de las Turbinas de vapor.

	1	2
Equipos que mueve	Cuchilla	Cuchilla
Marca o país de procedencia	SKODA	Chinipón
Potencia Nominal	600 HP	600 HP
Presión del vapor de entrada	17,5 kgf/cm <sup>2</sup>	17,5 kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura vapor de entrada	320 °C	320 °C
Presión de escape	8,7 kgf/cm <sup>2</sup>	8,7 kgf/cm <sup>2</sup>
Nº de etapas	2	2

Fuente: Datos del autor

Tabla 18. Características de los equipos de la planta moledora

Equipos que mueve	Molino 1	Molino 2 y 3	Molino 4 y 5
Tipo *	AKZ	AKZ	AKZ
Potencia Nominal KW	500	630	630

Fuente: Datos del autor

### Bloque técnico III: Consumo de Vapor de Escape

Se le realizó la encuesta Bloque técnico III Consumo de Vapor de Escape al técnico del área.

Las válvulas de los colectores de diferentes presiones de escape se ajustan a 0,7 kgf/cm<sup>2</sup> y 1,75 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Las calandrias tienen termómetros instalados para medir la temperatura del vapor de escape.

Se cuenta con Pre Evaporador BDM de 17500 pcsc, duplex 16200 pcsc, cuádruple 38000 pcsc, Tachos 26063 pcsc. La temperatura a mantener en el vapor es de 130 °C de acuerdo con el valor nominal de la presión de escape. El flujo de jugo mezclado a fábrica es controlado de forma automática. Se cuenta con calentador líquido – líquido para el jugo. No se mide la temperatura de entrada de jugo al calentador líquido – líquido. Se mide la temperatura de salida de jugo 102 a 106 °C. Se mide la temperatura de entrada de agua la cual es de 46 °C. Se mide la temperatura de salida de agua 60 °C. Se utilizan 2 calentadores Líquido-Líquido y 1 rectificador de 6 etapas calentamiento de jugo mezclado.

Tabla 19. Descripción de equipos área Tachos

No. Orden	Modelo	Material Fluses	N <sub>f</sub> (u)	S. C. (Pie <sup>2</sup> )
1	TCN-45	Cobre	919	3849
2	Chiquitico fabregat 1800	Cobre	650	3409
3	Chiquitico fabregat 1800	Cobre	630	3409
4	TCN-45	Cobre	919	3849
5	TCN-45	Cobre	919	3849

6	TCN-45	Cobre	919	3849
7	TCN-45	Cobre	919	3849

Fuente: Datos de chapa

Tabla 20. Descripción calentadores

ETAPA	VAPOR UTILIZADO	TEMP. PROMEDIO
Calentamiento Primario (dos calentadores).	Escape del duplex y ultimo vaso	80 °C
Calentamiento Rectificador (un calentador).	Extracción del duplex y primer vaso	102 a 106 °C

Fuente:

El jugo clarificado se calienta en un calentador de 6 etapas

Tabla 21. Temperaturas jugo clarificado

ETAPA	Vapor Utilizado	Temperatura Entrada Jugo	Temperatura Salida Jugo
Primario	Pre	98 °C	120 °C
Final	Escape General	130 °C	115 °C

Fuente: Datos de chapa

Hay instalado lazo automático para la temperatura del en Jugo mezclado y Jugo clarificado y se encuentra funcionando. Existen termómetros para medir la temperatura del jugo en las etapas intermedias de calentamiento. La automatización incluye entrada de vapor al pre, flujo de jugo, PH caliente, temperatura de salida caliente. El valor más típico del Brix de la meladura es 58° Brix.

Es necesario efectuar parada del ingenio para limpieza de evaporadores con un ciclo de 12 días. No se limpia moliendo, se mantiene en operación la superficie necesaria, mientras se efectúan las limpiezas. La afectación a la molienda es con un plan de 14 h, lo que el ingenio deja de moler 2352 t de caña. Tienen establecida la licuación de las mieles intermedias. Existe reductora para el vapor de escoba con un diámetro de 6 pulg, con una presión establecida de 10,54 Kgf/cm<sup>2</sup> y su accionamiento de forma Manual. Sobra bagazo cuando el ingenio muele a la capacidad nominal horaria. No se tienen problemas con el vacío. El valor típico del vacío 26 mm de Hg. El agua de rechazo va por gravedad al enfriadero. En las

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

condiciones normales de molienda el consumo normal es de 46 a 50% de vapor / t de caña molida).

La situación del aislamiento térmico en las áreas de proceso: equipos, tuberías de productos calientes, red de tuberías de vapor, de condensados y sus recipientes se clasifican de regular (existen tramos de tubería sin aislamiento insuficiente y otras fuera de las (NT 600-16 para el aislamiento térmico), lo que implica pérdidas calóricas al exterior).

No se conoce ni existe el manual de procedimiento energético ajustado a las características particulares del ingenio, ni tiene fecha de introducción a la UEB. Se tienen en cuenta las implicaciones energéticas en las decisiones de manejo de la zafra. El sistema para la actividad de capacitación, calificación, recalificación del colectivo, etc. es insuficiente. Existe desconocimiento de la cultura energética por parte de los trabajadores.

#### **Bloque IV Administración de la energía y estimulación de su ahorro**

Se le realizó la encuesta del Bloque IV Administración de la energía y estimulación de su ahorro al técnico del área de la plata eléctrica.

En la UEB existe un órgano responsabilizado en la estructura de la gestión y el ahorro de la energía (La UEB). Se subordina y consiste en la Comisión de Energía del Consejo Técnico Asesor, subordinada a la Dirección de la unidad. La UEB está caracterizada energéticamente. La caracterización anterior de la UEB se conoce.

El plan se realizó y estructuró por IPROYAZ. El ingenio tiene metas trazadas concretas de ahorro y entrega de energía, las mismas son: la entregar 1.5 KWh/tm al SEN y consumir 1 KWh/tm. No se conoce cuáles son las áreas y equipos donde existe actualmente el mayor potencial de ahorro energético en la UEB. En el consejo de dirección se analiza el desempeño energético de la UEB (falta de bagazo, exceso de consumo de otros portadores, alto consumo del SEN, baja generación eléctrica, etc).

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

Del personal que atiende la gestión energética del ingenio, no existe ningún técnico de nivel superior especializado en los temas energéticos. Existe un sistema de estimulación a los trabajadores sobre la base de los resultados respecto al ahorro o la entrega de energía, las áreas que son productoras de energía y consumidoras de vapor son estimuladas, no siendo así con otras de alto consumo energético, como la planta moledora y las centrífugas. Las áreas que son estimuladas son: Planta de generación de Vapor y Planta Eléctrica. Aunque existe la estimulación a los trabajadores, no se ha obtenido los resultados esperados. Los problemas fundamentales que se han presentado es la poca disponibilidad de entrega al SEN y el desinterés al ahorro en las demás áreas al no sentirse estimulados.

A partir de encuesta aplicada se establece un orden del 1 al 6 a los factores, de acuerdo a la mayor o menor influencia que se le concede en la eficiencia energética de la fábrica

Tabla 22. Influencia de diferentes factores en la eficiencia energética

1	Equipos de generación, transformación y uso de la energía ineficientes.
2	Alto tiempo perdido y bajas molidas.
3	Baja calificación y experiencia del personal de operación.
4	Insuficiencias del sistema de estimulación o del existente en base a resultados del personal involucrado en el desempeño
5	Ausencia de un órgano encargado de administrar y controlar le energía en la fábrica
6	Otros

Fuente: Datos del autor

### **Etaapa 3. Análisis de los resultados de la encuesta energética**

#### **Resultados del diagnóstico**

1. No existe el manual de procedimiento energético ajustado a las características particulares del ingenio y no hay fecha para su introducción.
2. La casa de bagazo se opera forma manual
3. El área de ingenio de peor condiciones de trabajo es la planta generadora de vapor
4. No se ha realizado auditoria energética en las calderas por parte de la Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP como parte del movimiento de calderas eficientes
5. No se ha efectuado diagnóstico a las calderas para elevar capacidad o eficiencia en los últimos 5 años por alguna entidad ajena a la UEB
6. No se han ejecutado reparaciones capitales importantes o remodelaciones en el área de calderas en los últimos 5 años
7. No está automatizada la carga activa del turbogenerador según la presión de escape, por lo que se inyecta vapor por reductora
8. Desconocimiento la cultura energética por parte de los trabajadores

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

9. No existe algún Plan de divulgación a nivel de área o de puestos de trabajo que propicie el ahorro energético destacando las causas que provocan el sobreconsumo energético en la UEB
10. Entre las causas que más afectan la eficiencia energética se encuentran: Equipos de generación, transformación y uso de la energía ineficientes, alto tiempo perdido y bajas molidas. Así como la baja calificación del personal de operación e insuficiencias en el sistema de estimulación en base a resultados del personal involucrado en el desempeño energético.

### **3.2 Conjunto de acciones para contribuir al ahorro energético en la UEB CA Fernando de Dios Buñuel**

A partir de los resultados del diagnóstico se plantean acciones correspondientes a cada bloque energético, a continuación se presentan algunas de ellas y se detallan en el anexo 3.

#### **Bloque I**

1. Realizar auditoria energética en las calderas por parte de la Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP como parte del movimiento de calderas eficientes
2. Efectuar diagnóstico a las calderas para elevar su capacidad o eficiencia
3. Ejecutar reparaciones capitales importantes o remodelaciones en el área de calderas
4. Sustituir tubería de conexión entre las dos calderas

#### **Bloque II**

1. Automatizar la carga activa del turbogenerador según la presión de escape
2. No expulsar vapor de escape de a la atmósfera
3. No se ha podido medir el consumo de energía para la preparación y molienda de caña

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

4. Ejecutar reparaciones capitales, cambios y(o) remodelaciones en los motores primarios de las áreas de preparación y molienda de caña y en la Planta Eléctrica
5. Aumento de la capacidad de generación
6. Capacitación a los trabajadores en el área de planta eléctrica

#### Bloque III

1. Medir la temperatura de entrada de jugo al calentador líquido – líquido
2. Mejorar el aislamiento térmico en las áreas de proceso: equipos, tuberías de productos calientes, red de tuberías de vapor, de condensados y sus recipientes, lo que implica pérdidas calóricas al exterior.
3. Capacitación y recalificación de los trabajadores que operan los en el área energética de manera sistemática para la operación con los equipos de proceso
4. Diseñar programas de capacitación para elevar la cultura energética en los trabajadores

#### Bloque IV

1. Detectar las áreas y equipos donde existe actualmente el mayor potencial de ahorro energético en la UEB
2. Disminuir el exceso de consumo de portadores energético, el alto consumo del SEN y aumentar la capacidad de generación eléctrica
3. Preparar un técnico de nivel superior especializado en los temas energéticos
4. Estimular las áreas de mayor consumo al personal involucrado en el ahorro de energía para obtener resultados satisfactorios
5. Aumentar disponibilidad de entrega al SEN
6. Elaborar Plan de divulgación a nivel de área o de puestos de trabajo que propicie el ahorro energético destacando las causas que provocan el sobre consumo en la UEB

### **3.3 Valoración económica, social y medioambiental**

Esta valoración permite hacer un análisis de la flexibilidad de las acciones propuestas desde un punto de vista económico dando lugar a un incremento de la eficiencia energética en la fábrica de azúcar a fin de elevar la relación entrega/consumo de energía eléctrica.

Teniendo en cuenta que la Empresa Eléctrica le cobra a la fábrica \$ 17.00 por cada MW de energía consumido y paga \$ 90,00 por MW entregado, con la sustitución de los motores sobredimensionados instalados en la fábrica se ahorran por eliminación de 123 kW de electricidad \$ 20.91 y \$ 11.07 si se entregan. Para tener una idea en la recién terminada zafra se consumió 51.451 MW del SEN lo que equivale a \$ 8 746.67 y se vendió 1 286 MW con un valor de \$115 740.00.

Por cada tonelada de bagazo son 2,2 toneladas de vapor, por bajas temperaturas del vapor debido al mal estado técnico del aislamiento térmico de tuberías y equipos de proceso se debe inyectar por reductora un alto volumen de vapor disminuyendo por tanto la generación del turbo o que en ocasiones se expulse vapor de escape a la atmósfera aumentando con esto el consumo de bagazo. Por mejoramiento del aislamiento térmico se dejarían de utilizar 0.9 toneladas menos de bagazo para producir la misma cantidad de vapor, facilitando la correcta operación del turbo lo que posibilitara una mayor entrega de electricidad que conjuntamente con la venta de bagazo (una t de bagazo cuesta \$ 8.05) incrementaría las utilidades de la UEB.

#### Social

Las acciones para capacitar a los trabajadores en los conocimientos necesarios para realizar su tarea y ejecutar con agilidad las operaciones tendrá impacto en el incremento de la producción, disminuir los costos y la sustitución de importaciones, fortalecer la disciplina tecnológica y elevar la eficiencia energética por concepto de entrega de energía. Se logra una mayor preparación de los directivos, técnicos y

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

trabajadores, en busca de una mayor eficiencia energética y revertir la actual situación.

#### Medioambiental

La aplicación de las acciones incide de forma favorable en el medioambiente. Se contribuye con el ahorro de vapor y energía eléctrica. Lograr que las pérdidas al medio ambiente sean mínimas a partir de un correcto aislamiento térmico en sistemas de tuberías y equipos tecnológicos, teniendo presente que la utilización del bagazo como principal fuente para producir energía es sin duda una medida energética que contribuye a la preservación del medio ambiente. Con la implementación del plan de acciones propuesto se disminuye la contaminación provocada por el exceso de consumo de bagazo para la generación de energía necesaria para el proceso, se reduce la emisión de hollín y gases a la atmósfera.

## **CONCLUSIONES**

1. Se aporta un plan de acción para mejorar la eficiencia energética en la UEB Fernando de Dios Buñuel
2. Se realizó el diagnóstico mediante un procedimiento, a partir de la encuesta de Arias-Polo (2012), adaptada a las características de la entidad, de acuerdo a los cuatro bloques esenciales que intervienen en la eficiencia energética en la UEB.
3. Entre las principales deficiencias detectadas en el diagnóstico se encuentran: no existe el manual de procedimiento energético ajustado a las características particulares del ingenio y no hay fecha de introducción, la baja calificación del personal de operación e insuficiencias en el sistema de estimulación en base a resultados de los trabajadores involucrados en el desempeño energético.

## **RECOMENDACIONES**

1. Que se apliquen las acciones propuestas para mejorar la eficiencia energética en la UEB
2. Continuar perfeccionando el esquema energético y la aplicación del programa de ahorro de energía en todas las áreas del proceso industrial

## **BIBLIOGRAFÍA Y CITAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Arias-Polo, G. (2012). Encuesta Diagnóstico Energético. ICIDCA. Cuba
- Arias A. y Donate, E (2012). Determinación del esquema energético más eficiente para un central azucarero utilizando TK SOLVE. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas, Cuba
- Borroto, Aníbal. Gestión energética empresarial. / Anibal. - - [S.L.] : [S.N.], 2001 .  
- - [s.p.]
- Cuba, Ministerio del azúcar. Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Energética en proceso.
- Cuba, Ministerio del azúcar. Apuntes sobre el bagazo y la paja de la caña de azúcar.
- Cuba, Ministerio del azúcar (2008). Estrategia de Innovación y Desarrollo de la Energía en el MINAZ. (Periodo: 2009 – 2013). (Elaborado por: Oficina de Coordinación y Sistemas Julio 10 de 2008)
- Cuba, Ministerio del azúcar. Curso de aprovechamiento y uso óptimo del vapor. CCN, 1984.
- Cuba, Ministerio del azúcar (2005) Programa Energético TAR II, Octubre de 2005
- Cuba, Ministerio del azúcar. Manual para la organización y dirección técnica de la producción. Capítulo 08: gestión energética. Minaz.
- Cuba, Ministerio del azúcar, (1986): Metodología para la determinación del consumo de vapor y combustibles en los complejos agroindustriales.
- Cuba, Ministerio del azúcar, (1989). Metodología general para la Formación de los Portadores Energéticos en la Industria Azucarera. Dirección Energética.
- Curbelo, A., Garea, B., & Valdés, A. Generación de electricidad a partir del bagazo en Cuba (Internet). Cuba y la sustentabilidad energética.

Energía.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia42/HTML/Articulo06.htm>.

Girón, A., Sánchez, D. (2001). *Estudio energético en el CAI Antonio Maceo*. Memoria para optar por el Título de Ingeniero Químico. I.S.P.J.A.M. Santiago de Cuba. Cuba

Grupo Empresarial de Maquinaria Agroindustrial. (2004). Algunos conceptos y normas de operación sobre generación de vapor Eficiencia. Informe del grupo Empresarial de Maquinaria Agroindustrial. Camagüey.

Hugot, E. (1967). Manual para ingenieros azucareros. La Habana: Edición revolucionaria.

Manual de Operación de Generadores de Vapor, 15 p.

Menguzato y Renau. (1995), La dirección estratégica de la empresa un enfoque innovador del management. S.P.I, 427 pp.

Pedrosa, P. R. (1975). Fabricación de azúcar de caña. Editorial científico técnico. La Habana. 478p.

Pérez Garay (1999). Influencia de la temperatura del vapor directo en el balance energético del ingenio. Ministerio del azúcar. Cuba.

Programa País de Eficiencia Energética PPEE. Chile [10-5-2008]]. En

Web:"[http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica).

Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía. Agroindustria azucarera. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/programa/agroindustria.htm>.

Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía. Agroindustria azucarera. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/programa/eficiencia.htm>.

Pérez, G. L. (2005). Metodología para desarrollar un diagnóstico energético en los ingenios azucareros. ICINAZ.

Pérez G. L. (1990). Generadores de Vapor. MES.

Keenan J, H. (1991). Steam Tables Properties of water Including Vapor, Liquid and Solid Phases (SI UNITS). Edición revolucionaria.

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

- Reyes, Pérez y Betancourt (2002). Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación medioambiental. Centro de Estudios de Termoenergética Azucarera (CETA) Universidad Central de Las Villas (UCLV).
- Santibáñez, C. M. (1983). Tecnología azucarera Tomo 2 -3. Centro nacional de Capacitación azucarera. Minaz. Ciudad de la Habana.
- Spencer. M. (1987). Manual de azúcar de caña. Edición revolucionaria. La Habana.
- Universidad de Cienfuegos (2006). "Gestión y Economía Energética" Centro de estudio de Energía y Medio ambiente. Cuba editorial Universidad de Cienfuegos.
- Universidad de Holguín, (2009). Eficiencia energética empresarial. ¿Qué es la eficiencia energética? <http://www.ecoeduca.cl/>.
- Vukalovitch, M. P. (1996). Propiedades termodinámicas del agua y el vapor. Edición pueblo y educación.

## ANEXOS

### Anexo 1. Estudio del % de fibra en caña según la variedad

VARIETADES	AREA SEMBRADA	% ha SEMBRADA	% DE FIBRA EN CAÑA
C86_503	2815.62	30	14.63
C86_12	1771.58	19	15.5
C120_78	368.99	4	14.5
C90_469	1304.33	14	15.81
C89_176	421.22	5	15.06
C86_56	232.30	2	18.26
C132_81	140.71	2	16.1
C90_530	848.38	9	16.33
C88_380	294.56	3	16.18
B78_505	395.71	4	15.55
C1051_73	111.71	1	19.85
C86_156	506.93	5	15.9
Áreas con caña	9334.71		17.45

Fuente: Hoja de datos del laboratorio 2011

**Anexo 2. Encuesta diagnóstico energético**

Bloque I: Generación de vapor

NOTA: Este bloque debe realizarse con: el Director de Fábrica, el Jefe de Área de Generación de Vapor y algún Jefe de Turno u operador de dicha área.

1)	Del tiempo perdido industrial, ¿Cuánto correspondió al área de generación de vapor?			%
2)	¿Cuáles fueron las causas que más afectaron el tiempo perdido en el área de generación de vapor?			
3)	¿Cuál es la presión y la temperatura del vapor directo?			
	– Presión			
	– Temperatura			
4)	Caracterización del bagazo (promedio zafra pasada)			
	– Humedad			%
	– Pol			
	– Índice de preparación			%
	– Fibra			%
5)	¿Se evalúa el índice FD/M (Fibra Dura/ Meollo) para el bagazo?	Sí	No	
	¿Cuál fue su valor promedio la zafra pasada?			
6)	Además del bagazo propio, ¿qué cantidad de otros combustibles se quemaron la zafra pasada?	Ton		
	– Leña			
	– Petróleo			
	– Paja			
	– Bagazo comprado			
7)	¿Se realiza en la entidad alguna otra producción, además del crudo, que consuma vapor, bagazo o energía (electricidad, petróleo, etc.)?. La Destilería que consume vapor(generado en su caldera piro-tubular y también servido por el ingenio	Sí	No	
8)	¿Cuáles son los índices de consumo, plan y real, que se obtuvieron en la campaña pasada para dicha producción?			
	-Plan de consumo eléctrico			
	-Real consumo eléctrico			
9)	¿Se ha remodelado el sistema de aire secundario a partir de	Sí	No	



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

	la instalación de bloques de toberas adicionales?		
10)	El sistema de recuperación de condensados existe:		
	– centralizado	Sí	No
	– presurizado	Sí	No
	– automatizado	Sí	No
11)	¿Permiten las bombas de alimentar mantener en las calderas la presión adecuada?	Sí	No
12)	¿Están situados los pailones de condensados a suficiente altura para evitar que caviten las bombas de condensado?	Sí	No
13)	¿Cuál es la capacidad del pailón de alimentación?		m <sup>3</sup>
14)	¿Cuál es la capacidad del tanque de agua tratada?		m <sup>3</sup>
15)	¿Cuál es la capacidad del tanque de reserva?		m <sup>3</sup>
16)	¿Existe PTQ?	Sí	No
	¿Cuál es su capacidad?		m <sup>3</sup> /h
	¿Cuántas horas/día trabajó en la zafra pasada?		h/d
17)	¿Cuál es el estado técnico de la PTQ?	B	R
		M	Muy M
18)	¿Algunos de los equipos principales de la PTQ están dados de baja?		
	– Reactor Clarificador	Sí	No
	– Tanques de preparación y dosificación de coagulante	Sí	No
	– Tanques de preparación y dosificación de lechada de cal	Sí	No
	– Filtros mecánicos	Sí	No
	– Filtros catiónicos	Sí	No
	– Bombas (de salmuera, de contra lavado, de circulación de lechada de cal)	Sí	No
19)	¿Se realiza periódicamente el control analítico del agua de alimentar y del agua de calderas? Un análisis diario.	Si	No
20)	¿Se registran adecuadamente en un libro los resultados de los análisis del agua de alimentar y del agua de caldera?	Sí	No
21)	¿Se realiza la dosificación de productos químicos requerida?	Sí	No
22)	¿Se asienta la dosificación en el libro de control analítico?	Sí	No
23)	¿Existe alguna válvula de seguridad calzada por vencimiento de su muelle?	Sí	No
24)	¿Cómo se califica el aislamiento térmico en general de la red de distribución de la fábrica		Muy malo
	– Vapor directo	B	R
	– Vapor de escape	B	M
25)	Tipo de casa de bagazo:		Ninguna



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

	– Mecanizada totalmente (tipo ingenio nuevo)			
	– Semi-mecanizada (solo la retroalimentación con dos sinfines frontales)			
	– Manual			
26)	¿Se ha realizado alguna auditoria energética en las calderas por parte de la Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP como parte del movimiento de calderas eficientes?	Sí		No
27)	¿Cuándo se realizó la auditoria anterior?	D	M	A
28)	¿Se pudo certificar alguna caldera?	Sí		No
	¿Cuáles? (Diga sus números)			
29)	¿Se efectuó la inspección estatal por los inspectores del MTSS a las calderas del ingenio previo a la zafra pasada?	Sí		No
30)	¿Se ha efectuado algún estudio o diagnóstico a las calderas para elevar capacidad o eficiencia en los últimos 5 años por alguna entidad ajena a la empresa? Diga ¿Cuál?	Sí		No
31)	¿Ha habido un nivel de bajas importantes de trabajadores y técnicos del área de calderas en los últimos 3 años?	Sí		No
32)	¿Aproximadamente qué % del total de jefes de turno y operadores causó bajas en los 5 años?			%
33)	¿Las bajas fueron reemplazadas por personal idóneo, sin mayores consecuencias?	Sí		No
34)	¿O por el contrario han afectado el desempeño del área?, de manera:			
	Considerable	Apreciable	Ligeramente	
35)	Relacione el nivel de escolaridad y los años de experiencia en el cargo.			
36)	¿Existe algún programa de calificación o recalificación para el personal de operación de las calderas?	Sí		No
37)	¿Qué departamento de la empresa lleva esta tarea y cómo la controla? Se controla para cada campaña donde se certifican los seminarios y cursos recibidos.			
38)	¿Se considera que la gestión de capacitación de la empresa ha dado los resultados necesarios esperados en el área de generación?	Sí		No
39)	¿Se han ejecutado reparaciones capitales importantes o remodelaciones en el área de calderas en los últimos 5 años?	Sí		No
40)	¿Cuál es el problema más grave a resolver en el estado técnico actual de la			



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

	batería de calderas?		
41)	Datos técnicos de la Planta de Generación	Ver ANEXO II	
42)	¿Existe cuarto de control para la operación de las calderas?	Sí	No
43)	¿Está climatizado el cuarto de control?	Sí	No
44)	¿Posee sistema supervisorio?	Sí	No
45)	¿Se conoce el GRACIL?	Sí	No
46)	¿Cuenta el ingenio con algún equipo portátil de medición para evaluar y ajustar las calderas?	Sí	No
	– Analizador de CO <sub>2</sub> (Firyte)	Sí	No
	– Termómetro para gases entre 0 y 500 °C bulbo largo	Sí	No
	– Columna U de agua	Sí	No
47)	¿Existe Desareador?	Sí	No
48)	Temperatura del agua a la entrada del Deareador		°C
49)	Temperatura del agua a la salida del Deareador		°C
50)	De no existir Deareador ¿Cuál es la temperatura del agua a la entrada de las calderas?		°C
51)	¿Existe tanque flash en cada caldera para aprovechar parte de la energía de las purgas continuas?	Sí	No
52)	¿Adónde se envía el vapor del flasheo?		
	– Al Deareador		
	– A la línea de escape		



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

A

	U	Número de la caldera	
		1	2
Tipo de caldera*			
Capacidad	t/h		
Presión de vapor	psig		
Temperatura del vapor	°C		
Tipo de horno			
¿Posee CAT?			
Temperatura del aire a la salida del CAT	°C		
¿Posee ECO?			
Temperatura agua entrada del ECO	°C		
Temperatura agua salida del ECO	°C		
¿Posee VTF (p)?	Si		
¿Posee VTF (s)?	Si		
¿Posee VTI?	Si		
¿Se aprecia fogoneo? M (Mucho), R (Regular), P (Poco)	M, R, P		
Sopladores de hollín (total/de baja)			
Estado técnico de la superficie radiante	B, R, M		
Estado técnico de la superficie convectiva	B, R, M		
¿Existe lazo de nivel automático?	Si		
¿Existe lazo de vacío del horno automático?			
¿Existe lazo de combustión automático?	Si		
¿Se dispone de variadores de frecuencia para regular alimentación?	Si		
¿Existe lazo de temperatura del vapor automático?			



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

---

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

A

¿Existen señalizaciones preventivas?			
¿Existe enclavamiento?			
¿Hay termómetros para medir la temperatura de gases de salida?	Si		
¿Cuál es la temperatura de gases de salida en cada caldera?	°C		

\* Clasifique los tipos de caldera según las siguientes denominaciones:

A) Calderas de tubos curvos

– RO/45 - Reto 45 t/h



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

**BLOQUE II: Consumo y Generación de los Motores Primarios.**

NOTA: Este bloque de la encuesta debe realizarse con: el Director de la Fábrica, Jefe de la Planta Eléctrica y algún Jefe de Turno u operador de dicha área

1)	¿Está el ingenio interconectado con el SEN?	Sí	No
2)	Índice de Generación Eléctrica (kWh/ ton caña) en Zafra	Plan	Real
3)	Índice de Consumo Total de Electricidad (kWh/ton caña) Zafra	Plan	Real
4)	Índice de Consumo del SEN (kWh/ton c) Zafra	Plan	Real
5)	Índice de Entrega al SEN (kWh/ton c) Zafra	Plan	Real
6)	¿Cuál es la capacidad de la Sub-Estación de Enlace?		kw
7)	¿Cuántas presiones de vapor directo se emplean?		Psig
8)	De existir más de una presión ¿Cuál es el destino del vapor a cada una?		
9)	¿Cuál es la presión nominal de escape?	Psig ( atm)	
10)	¿Cuál es la temperatura de salida del vapor de escape de los turbogeneradores? (Sobrecalentado).	.	
11)	¿Se atempera este vapor?	Sí	No
	¿Cuál es la temperatura establecida?	.	
	¿Existe control automático del atemperamiento?	Sí	No
12)	¿Se bota vapor de escape a la atmósfera? Raras Veces__ En ocasiones__ Frecuentemente_____		
13)	¿Si el ingenio está sincronizado con el SEN, está automatizada la carga activa de los turbogeneradores según la presión de escape?	Sí	No
14)	¿Cuántas reductoras de directo-escape existen?		
	¿Cuáles son los diámetros de cada una, si existe más de una?: - Vapor de alta a escape, - Vapor de alta a escoba, - Escape de Turbo a línea de escape general,		
15)	¿Se usa con frecuencia esta estación? Raras Veces _____ En ocasiones_____ Frecuentemente		
16)	¿Existe atemperamiento del vapor reducido?	Sí	No
	¿Automatizado?	Sí	No
17)	¿De no existir automatización de la carga activa ¿Dónde se decide inyectar por reductora?		
	- Por la Planta Eléctrica		
	- Por la Planta de Vapor		
	- Por el Proceso		



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

- Automáticamente			
18)	¿Se ha podido medir o se conoce el consumo de energía para la preparación y molienda de caña?	Sí	No
19)	¿A cuánto asciende dicho consumo, expresado en kWh/ton caña?		
20)	Se ha ¿ ejecutado en el tándem el trabajo propulsado por el Ing. Barreiros para disminuir velocidad y aumentar grueso de colchón con el fin de disminuir el consumo de potencia? Hay que seguir.	Sí	No
21)	En los últimos 5 años, ¿se han ejecutado reparaciones capitales, cambios y/o remodelaciones en los motores primarios de las áreas de preparación y molienda de caña?	Sí	No
	En caso afirmativo, ¿En qué han consistido?		
22)	¿Cómo se valora el estado técnico de esos motores primarios?	Bueno	Regular Malo
23)	¿Cuál es el problema más inminente a resolver alrededor de ese equipamiento?		
24)	En los últimos 5 años, ¿se han ejecutado reparaciones capitales, cambios y/o remodelaciones en la Planta Eléctrica?	Sí	No
	En caso afirmativo, ¿En qué han consistido?		
25)	¿Existe en el ingenio algún Turbogenerador alemán de 1.5 MW cuya capacidad pudiera duplicarse sustituyendo el generador?	Sí	No
26)	¿Cómo se valora el estado técnico actual de la Planta Eléctrica?	Bueno	Regular Malo
27)	¿Cuál es el problema más inminente a resolver en esa estación?		
28)	Del tiempo perdido industrial en la zafra, ¿qué % correspondió a la Planta Eléctrica?		, %
29)	¿Cuáles fueron las causas que implicaron más tiempo perdido en la generación y distribución eléctrica?		
30)	¿ Está letrado y seccionalizado el batey? Está independiente.	Sí	No
31)	¿Está entregado el Batey a la OBE?	Sí	No
32)	¿Ha habido un nivel de bajas importantes de trabajadores y técnicos de la planta eléctrica en los últimos 3 años?	Sí	No
33)	¿Aproximadamente, que % del total del personal vinculado directamente con la operación causó baja en los últimos 3 años		%



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

A

venida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

34)	¿Las bajas fueron reemplazadas por personal idóneo, sin mayores consecuencias?	Sí	No
35)	¿O por el contrario han afectado el desempeño del área en grado: Significativo_____, Apreciable_____, Leve_____		
36)	De los cargos de planta eléctrica relacionados directamente con la operación, relacione nivel de escolaridad y años de experiencia:	Ver ANEXO I	
37)	¿Existe algún programa de calificación o recalcificación para este personal?	Sí	No
38)	¿Qué departamento de la empresa lleva esta tarea y como la controla?		
39)	¿Considera que la gestión de capacitación de la empresa ha dado los resultados necesarios y esperados en el área de planta eléctrica?	Sí	NO
40)	Datos técnicos de la Planta Eléctrica		
41)	Datos técnicos de los motores primarios de las áreas de preparación y molidas de caña		
42)	¿Existe y se mantiene actualizado un Plan de Acomodo de Carga para mover las cargas fuera del pico eléctrico?	Sí	No



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

**BLOQUE TÉCNICO III: Consumo de Vapor de Escape**

**A) Producción de Crudo**

NOTA: Este bloque debe realizarse con: el Director de Fábrica, el Jefe de Área de Proceso y algún Jefe de Turno u operador de dicha área.

1)	¿A qué valor de presión están ajustadas las válvulas de seguridad del colector de escape?			(psig)	
2)	¿Tienen termómetros instalados para medir la temperatura del vapor de escape en las calandrias que lo consumen?	Sí			
	– Pre Evaporador BDM de 17500 pcsc	Sí	No		
	– Tachos	Sí	No		
	– Calentador	Sí	No		
		Sí	No		
3)	De acuerdo con el valor nominal de la presión de escape, ¿cuál es la temperatura a mantener en el vapor?				°C
4)	¿Cuál es el Brix típico de jugo diluido?				° B
5)	¿Controlan el flujo de jugo mezclado a fábrica?	Sí	No		
6)	¿Tienen calentador líquido – líquido para el jugo?	Sí	No		
	– ¿Se mide la temperatura de entrada de jugo? No tenemos calentador líquido-líquido.	Sí ___ °C	No		
	– ¿Se mide la temperatura de salida de jugo? No tenemos calentador líquido-líquido.	Sí ___ °C	No		
	– ¿Se mide la temperatura de entrada de agua? No tenemos calentador líquido-líquido.	Sí ___ °C	No		
	– ¿Se mide la temperatura de salida de agua? No tenemos calentador líquido-líquido.	Sí ___ °C	No		
7)	¿Cuántas etapas de calentamiento de jugo mezclado se utilizan?				
8)	Describir: Se utiliza calentamiento y rectificador.				
	ETAPA	VAPOR UTILIZADO	TEMP. PROMEDIO		
	Calentamiento Primario (dos calentadores).		°C		
	Calentamiento Rectificador (un calentador).		°C		
9)	¿Se calienta el jugo clarificado?	Sí	No		
10)	Si la respuesta anterior es positiva, ¿cuántas etapas de calentamiento se utilizan?				
11)	Describir :				
	ETAPA	Vapor Utilizado	Temperatura Entrada Jugo	Temperatura Salida Jugo	



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

Primario	Pre - II		°C		°C		
Final	Escape General		°C		°C		
12)	¿Tiene sistema de recirculación de jugo clarificado para impedir situaciones de “no flujo” por los calentadores?				Sí	No	
13)	Datos Técnicos calentadores de jugo:						
Servicio	Modelo	Cantidad	S.C.	df	Lf	Flus /pase	No. de pases
L-L (O)							
L-L (E)							
J. Mez (P)							
J. Mez (R)							
J. Mez (E)							
J. Clar (P)							
J. Clar (F)							
J. Clar (E)							
Leyenda: (O) En operación, (E) En Rotación para Limpieza, (P) Primario, (S) Secundario, (R)Rectificador, (F)----Final							
14)	¿Hay instalado lazo automático para la temperatura final? en:						
	Jugo mezclado: Sí ___ No ___ ¿Funciona?, Sí ___ No ___						
	Jugo clarificado: Sí ___ No ___ ¿Funciona?: Sí ___ No ___						
15)	¿Existen termómetros para jugo en las etapas intermedias de calentamiento?: Sí ___ No ___ Algunos _____. Si la respuesta es la ultima, explique:						
16)	¿Qué esquema de evaporación existe? Marcar con una cruz:						
	a) Cuádruple Efecto sin Extracciones (Bleeding)						
	b) Pre-Evaporador + (a)						
	c) Doble Efecto + (a)						
	d) Otra combinación no incluida. Por favor, describirla:						
	e) Pre-evaporador II con extracción a calentadores.						
	f) Pre-evaporador I entregando a la línea de escape.						
16)	¿Está automatizada la planta de evaporación?				Sí	No	
17)	En caso afirmativo, ¿cuál es el alcance de la automatización?: Niveles de Jugo ___ ___ Densidad de la Meladura ___ Presión de las Extracciones ___						
18)	EXTRACCIONES (BLEEDING) DE PLANTA DE EVAPORACIÓN						
Efecto de Procedencia		Equipos de Destino		Presión (psig)	Aproximada		



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

19)	¿Cuál es el valor más típico del Brix de la meladura?							
20)	¿Existen reductoras de presión de escape hacia sistemas de vapor vegetal?						Si	No
21)	En caso afirmativo, ¿cuántas existen?							
22)	Enumerarlas:							
No. Orden	Diámetro	Presión de Escape	Presión Reducida	Automática	Manual			
23)	¿Cuál es el concepto de uso de esas reductoras? Explicar:							
24)	DATOS TÉCNICOS ESTACIÓN DE EVAPORACIÓN (VASO A VASO)							
Posición	Modelo	S.C.	d <sub>f</sub>	L <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	Dc	Observaciones	
P1								
P2								
C1								
C2								
C3								
C4								
Guía: S. C. (Sup. Calórica, pie <sup>2</sup> o m <sup>2</sup> ); d <sub>f</sub> (Diam. Fluses, mm); L <sub>f</sub> (Longitud fluses, mm); N <sub>f</sub> (Número de fluses); Dc (Diámetro calandria, pie o metros). Posición: P (Pre-Evap. Único);-- P1, P2... (Pre-Evap. 1,2, ...) D1, D2 (Vasos 1 y 2 de Doble Efecto único);--1D1,1D2; 2D1, 2D2...(Vasos 1 y 2 de Doble Efecto 1; Vasos 1 y 2 de Doble Efecto 2...) C1, C2, C3, C4 (Vasos 1 al 4 de Cuádruple Único)---1C1,1C2,1C3,1C4... (Vasos 1 al 4 de Cuádruple 1...) Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 (Vasos 1 al 5 de Quíntuple Único); 2Q1, 2Q2, 2Q3, 2Q4, 2Q5 (Vasos 1 al 5 del Quíntuple 2)								
25)	¿Es necesario efectuar parada del ingenio para limpieza de evaporadores?						Si	No
26)	En caso afirmativo, ¿cuál es el ciclo de limpiezas?							
27)	Si se limpia moliendo, ¿se mantiene en operación la superficie necesaria, mientras se efectúan las limpiezas?						Si	No
28)	Si la respuesta es negativa, ¿cuál es la afectación a la molida (en % 2,2) o a la eficiencia? Explique.							
29)	¿Tienen establecida la licuación de las mieles intermedias?						Sí	No
30)	Valores de Brix (licuación) en ambos casos: Miel A Miel B							



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

31)	¿Qué material se utiliza para "minglear"? Magma "B" ( ). Magma "C" ( ).									
32)	¿Qué material se utiliza para disolver la semilla sobrante? ( )									
	¿Existe control automático del Bx del disuelto?								Si	No
33)	DATOS TÉCNICOS DE LOS TACHOS AL VACIO									
No. Orden	Modelo	Clase M.C.	Dc (PIE)	L <sub>f</sub> (PIE)	d <sub>f</sub> (mm)	Materia l Fluses	N <sub>f</sub> (u)	S. C. (Pie <sup>2</sup> )	Vol (p) (pie <sup>3</sup> )	Vol (o) (pie <sup>3</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Legenda: L <sub>f</sub> , d <sub>f</sub> , N <sub>f</sub> (Longitud, diámetro y número de fluses).										
34)	¿Existe instalación de circulador mecánico en uno o más tachos?								Si	No
35)	En caso afirmativo, enumerar los tachos con dicha instalación y la información básica sobre los revolvedores									
Número de Orden	Clase de M.C.		R.P.M. Revolvedor				Potencia del Motor			
36)	¿Existe reductora para el vapor de escoba?								Sí	No
	En caso afirmativo: Diámetro__ pulg. lb__Presión Establecida_ lb___Accionamiento Manual ___Automático___									
37)	¿Cuál fue el aprovechamiento de la capacidad potencial de molienda en las últimas 3 zafras:									
38)	Cuando el ingenio muele a la capacidad nominal horaria, ¿sobra bagazo?								Sí	No
	Si la respuesta es afirmativa: Abundante___ Suficiente___ Muy escaso___									
39)	¿Tienen problemas con el vacío?								Sí	No
40)	¿Cuál es el valor típico del vacío? Evaporadores " Hg Tachos " Hg General " Hg									
41)	¿Va por gravedad el agua de rechazo al enfriadero?								Sí	No



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

42)	¿Cuántos GPM de agua de inyección utiliza el ingenio?		
43)	¿Cuál es la tendencia imperante en el ingenio en cuanto a la presión de escape disponible?: A botar escape _____ Normal _____ A la baja _____		
44)	Para condiciones normales de molienda, ¿existe algún valor confiable de vapor consumido % caña, a partir de balances directos y/o indirectos realizados en el ingenio?	Si	No
	En caso afirmativo, ¿cuál es ese valor?:	46	
45)	¿Cómo califica la situación del aislamiento térmico en las áreas de proceso: equipos, tuberías de productos calientes, red de tuberías de vapor, de condensados y sus recipientes, etc.? Favorable _____ Regular _____ Mala _____ Crítica _____. ¿Criterios alrededor de este problema? Consideramos que se debe mejorar ya que existen tramos de tubería sin aislamiento insuficiente y otras fuera de las NT, lo que implica pérdidas calóricas al exterior.		
46)	¿Existe el manual de procedimiento energético ajustado a las características particulares del ingenio?	Si	No
47)	Si la respuesta es afirmativa ¿se utiliza en la práctica?	Si	No
48)	Si el manual no existe, ¿tienen alguna fecha para su confección e introducción?	Si	No
49)	¿Cómo evalúa la calificación del personal a diferentes niveles en cuanto al manejo adecuado del factor energético en el proceso? Alta _____ Suficiente _____ Insuficiente Crítica _____		
50)	¿Se tienen en cuenta las implicaciones energéticas en las decisiones de manejo de la zafra?	Sí	No
51)	¿Hay alguna actividad sistemática para la capacitación, calificación, recalcificación, etc. del personal, sobre la cultura energética?	Sí	No



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

www.uho.edu.cu

BLOQUE IV: Administración de la energía y estimulación de su ahorro

NOTA: Este bloque debe realizarse con: el Director de Fábrica, los Jefe de Área de Generación de Vapor y de la Planta Eléctrica.

–	¿Existe algún órgano en la estructura de la empresa responsabilizado con la gestión y el ahorro de la energía?	Sí	No
–	De ser positiva la respuesta anterior: ¿En qué consiste y a quién se subordina? Consiste en la Comisión de Energía del Consejo Técnico Asesor, subordinada a la Dirección de la Empresa.		
–	¿Está caracterizada energéticamente la empresa, de manera actualizada	Si	No
–	Si la respuesta anterior es positiva, responda: ¿Quién la caracterizó y en qué fecha?		
–	Diga si a partir de la caracterización anterior se conoce:	Si	No
	– La eficiencia de los equipos generadores de vapor		
	– Los consumos de vapor de los motores primarios y sus consumos específicos.		
	– Los consumos de potencia de los equipos de preparación y molida.		
	– Los consumos de vapor de lo equipos del Proceso.		
	– La evaluación y localización de las principales pérdidas de energía.		
	– El balance completo de energía y materiales del ingenio		
–	Como parte de la caracterización anterior, o incluso sin que se haya realizado: ¿Existe algún Programa o Plan para el incremento de la eficiencia de la generación y uso de la energía a corto, mediano y largo plazo, incluyendo inversiones, basado en algún estudio previo:	Sí	No
–	¿Quién realizó y estructuró ese Plan?.		
–	¿Tiene el ingenio metas trazadas concretas de ahorro y entrega de energía?	Sí	No
–	¿Cuáles son esas metas? Entregar _____ KWh/tm al SEN y consumir _____ - KWh/tm.		
–	¿Cuáles son las áreas y equipos donde existe actualmente el mayor potencial de ahorro energético?		
–	¿Constituye un punto permanente en la orden del día de las reuniones del Consejo de Dirección el análisis del desempeño energético de la empresa? (falta de bagazo, exceso de consumo de otros portadores, alto consumo del SEN, baja generación eléctrica, etc.)	Sí	No



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380

[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

–	Del personal que atiende la gestión energética del ingenio, ¿existe algún técnico de nivel superior especializado en energética?	Sí	No
–	¿Existe algún sistema para la estimulación de los trabajadores sobre la base de los resultados respecto al ahorro o la entrega de energía?	Sí	No
–	De existir, diga cuáles áreas del ingenio les comprende: Planta de generación de Vapor y Planta Eléctrica.		
–	De existir, diga si ha dado los resultados esperados	Sí	No
–	Diga qué problemas fundamentales ha presentado		
–	Diga cómo pudiera mejorarse:		
–	¿Cuál es el área del ingenio con mayor inestabilidad de su fuerza de trabajo?		
–	¿Cuál es el área del ingenio que tiene la peor imagen y peores condiciones de trabajo?		
–	¿Existe algún Plan de Divulgación a nivel de área o de puestos de trabajo que propicie el ahorro energético destacando las causas que provocan el sobreconsumo?	Sí	No
–	Establezca un orden del 1 al 6, de acuerdo a la mayor o menor influencia que Ud. le concede en la eficiencia energética de la fábrica.		
	– Alto tiempo perdido y bajas molidas.		
	– Equipos de generación, transformación y uso de la energía ineficientes.		
	– Baja calificación y experiencia del personal de operación.		
	– Ausencia de un órgano encargado de administrar y controlar la energía en la fábrica		
	– Ausencia de un sistema de estimulación o insuficiencia del existente en base a resultados del personal involucrado en el desempeño		
	– Otros		



### Anexo 3. Plan de acción

Nº	Acciones Bloque I	Participantes	Responsable	Fecha de cumplimiento
1	Auditar las calderas por parte de la Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP como parte del movimiento de calderas eficientes.	Comisiones de Energía Provinciales del MEP-PP y Área de GV	Director y Energético de la UEB Jefe de Área de GV	Período de zafra
2	Efectuar diagnóstico a las calderas para elevar su capacidad o eficiencia.	Grupo técnico	Director y Energético de la UEB	Período de zafra
3	Ejecutar reparaciones capitales importantes o remodelaciones en el área de calderas.	Jefe de Área	Director de la UEB	Período de reparaciones
4	Sustituir tubería de conexión entre las dos calderas	Jefe de Área	Director de la UEB	Período de reparaciones
	Acciones Bloque II			
1	Automatizar la carga activa del turbogenerador según la presión de escape.	Especialista y técnicos del área Automática	Jefe de Área	Período de reparaciones
2	No expulsar vapor de escape a la atmósfera.	Operador de cuádruple	Jefe de turno y Energético de la UEB	Período de zafra
3	Medir el consumo de energía para la preparación y molienda de caña.	Operador de Planta Moledora	Jefe de Área y Energético de la UEB	Período de zafra



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca,

Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

4	Ejecutar reparaciones capitales, cambios y(o) remodelaciones en los motores primarios de las áreas de preparación y molienda de caña y en la Planta Eléctrica	Jefes de área	Director y Energético de la UEB	Período de reparaciones
5	Capacitar a los trabajadores en el área de planta eléctrica.	Energético y director de capital Humano de la UEB	Jefe de Área	Anual
	Acciones Bloque III			
1	Medir la temperatura de entrada de jugo al calentador líquido – líquido	Grupo de automatización	Jefe de Área	Periodo de Zafra
2	Aislar térmicamente en las áreas de proceso: equipos, tuberías de productos calientes, red de tuberías de vapor, de condensados y sus recipientes, lo que implica pérdidas calóricas al exterior.	Técnicos de las áreas y trabajadores	Jefes de área	2013-2014
3	Capacitar y recalificar los trabajadores que operan los en el área energética de manera sistemática para la operación con los equipos de proceso.	Trabajadores de las áreas, jefes de turno, y operadores	Especialista de capacitación de la UEB	Anual
4	Diseñar programas de capacitación para elevar la cultura energética en los trabajadores.	Trabajadores, Jefe de turno y jefe de área	Especialista de capacitación y energético de la UEB	Anual



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN  
OSCAR LUCERO MOYA

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca,  
Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

Acciones Bloque IV				
1	Detectar las áreas y equipos donde existe actualmente el mayor potencial de ahorro energético en la UEB	Energético y técnico de la UEB	Director de la UEB	Mensual
2	Disminuir el exceso de consumo de portadores energético, el alto consumo del SEN y aumentar la capacidad de generación eléctrica	Director de la UEB	Director de la UEB	2013 - 2015
3	Preparar un técnico de nivel superior especializado en los temas energéticos.	Director de capital Humano Director de la UEB	Director de la UEB	2013 - 2016
4	Estimular las áreas de menor consumo y el personal involucrado en la misma par obtener resultados satisfactorios	Director de capital Humano CTC	Director de la UEB	Mensual
5	Aumentar disponibilidad de entrega al SEN	Energético Jefe de área de Palta Eléctrica y Generación de Va por	Director de la UEB	Periodo de zafra
6	Elaborar Plan de divulgación a nivel de área o de puestos de trabajo que propicie el ahorro energético destacando las causas que provocan el sobre consumo en la UEB	Energético de la UEB	Energético de la UEB	2013-2014