

Trabajo de Diploma

Título: La Gestión de Proceso en la Generación de Vapor.

Autor: Alberto Hernández Pérez.

Tutor: M.Sc. Fernando Ramos Miranda.

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución..”

Dedicatoria:

Quiero obsequiar este trabajo de diploma a las personas que significan mucho en mi vida.

- A mi madre Rosa María Pérez Fernández, que con su ayuda he podido llegar a ser realidad mis sueños.
- A mi esposa e hijos que siempre han estado presente.
- A la persona que convirtió mis momentos más difíciles en felicidad, como en un sueño.

A todos los que de una u otra manera han sabido darme ánimos para continuar en los momentos más difíciles.

Agradecimientos:

Ser agradecido es uno de los sentimientos que un ser humano no puede perder en la vida, por lo tanto expreso mis más sinceros agradecimientos a:

- A mi tutor Fernando Ramos del cual estoy plenamente agradecido por tanto apoyo moral como profesional.
- A mi familia que estuvo atenta en estos años de estudio.
- A mis compañeros de aulas, amigos y amigas a los que siempre voy a recordar por todos los momentos que juntos pasamos.

Le agradezco a todos los que saben que han puesto un grano de arena en mi formación.

A todos muchas gracias.

Pensamiento:

Medimos a un técnico o a un científico, no por sus conocimientos, sino por el grado de humanidad y modestia con que sea capaz de transmitirlo al género humano.

Fidel Castro Ruz.

Resumen.

Esta investigación surge ante la necesidad de revisar los resultados del Área de Generación de Vapor en la zafra 2008 - 2009 en la E. A. Ciudad Caracas.

Primeramente se elaboró un marco teórico sobre el tema con el objetivo de lograr una mejor comprensión de los problemas energéticos y como puede aplicarse un Proceso de Mejoras, sus principios, objetivos, lo que representa para la organización, su importancia y los principales métodos de evaluación, entre otros aspectos.

Posteriormente se organizó un equipo de Mejoras y un Comité de Expertos. Se aplicaron las técnicas y herramientas necesarias para llegar a conocer cuáles son los criterios más importantes para aumentar la eficiencia en el área, y que la calidad de entrega del vapor sea la necesaria para que la industria pueda ser eficiente.

Indice

	Dedicatoria
	Agradecimiento
	Pensamiento
	Índice
	Resumen
	Introducción
1.0	La Gestión de Procesos en la Generación de Vapor. Estado del Arte
1.1	Técnicas de recopilación de información
1.2	Gestión de Proceso. Conceptos
1.2.1	Clasificación de los Procesos.
1.2.2	Antecedentes de los generadores de vapor de la Industria Azucarera.
1.2.3	Situación actual de las calderas en la industria azucarera cubana
1.2.4	Documentación de procesos.
1.2.5	Equipo de Proceso.
1.2.6	Indicadores de gestión.
1.2.7	Modelado de Procesos
1.2.8	El rediseño y mejora de procesos.
1.3	Métodos para la selección de los criterios más importantes en la evaluación
1.3.1	Expertos
1.4	Diagnostico, Análisis y determinación de las oportunidades de mejora
1.5	Acción para el control (Etapa 3).
1.5.1	Teoría de la decisión y Sistemas de Expertos no Estructurados.
1.5.2	Rondas de expertos.
1.6	Energía y medio ambiente.
	Conclusiones parciales
2.0	Diagnóstico del proceso en el área de generación de vapor
2.1	Caracterización de la Empresa Azucarera C. Caracas.
2.1.2	Características fundamentales del Bagazo como combustible biomásico en el área de generación.
2.1.3	El aire en el proceso de combustión.
2.1.4	Influencia de los volúmenes de aire en la temperatura y otros parámetros de la caldera.
2.1.5	Importancia del aire secundario en la distribución del combustible en el horno.
2.2	Proceso de Mejora.

- 2.2.1 Selección del personal para la determinación de los indicadores (Expertos).
- 2.2.2 Indicadores seleccionados en la tormenta de ideas.
- 2.3 El impacto ambiental de la generación por bagazo
- 3.0 Plan de Mejoras.
- 3.1 Mala combustión en la caldera Reto.
- 3.2 Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto de 60 t / día.
- 3.3 3.3 Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno.
- 3.4 Temperatura de agua de alimenta baja
- 3.5 Deterioro de la Caldera Retal de 45 t / h.
- 3.6 Mal aislamiento térmico.

Introducción.

El ingenio de la E.A. Ciudad Caracas ha tenido un proceso inversionista por etapas en la cual se han modificado sistemas fundamentales en las áreas energéticas y de molienda con los objetivos de mejorar la tecnología existente y preparar el ingenio para molidas estables con índices de generación altos y producción de bagazo significativa.

En las zafras anteriores a 1998 se confrontaron serios desbalances termos energéticos debidos precisamente a etapas intermedias de este proceso inversionista por lo que se tuvo que trabajar con dos presiones, y varias reductoras.

En la zafra 1998 se llega con un tandem completamente electrificado, una Planta Eléctrica con capacidad nominal de 8 MW y un mejoramiento energético en la casa de calderas. Sin embargo, el área de generación de vapor no presentaba una situación buena, debido a la obsolescencia de dos calderas B.W. muy antiguas que no encajaban adecuadamente en el esquema nuevo, su tiempo de explotación era de más de 70 años, su eficiencia, capacidad y estado técnico habían caído por debajo de condiciones admisibles por lo que fueron clausuradas definitivamente.

En su lugar se proyectó y comenzó el montaje de una caldera Reto de 60 TM en el 2002, por lo se concibió una estrategia para atacar los principales puntos que había que garantizar para obtener buenos resultados en la generación de vapor para la producción y también la generación eléctrica. Así mismo se realizó un enfoque ambientalista y social como consecuencia de aumentar la eficiencia energética y obtener cifras significativas de combustibles fósiles y CO₂ evitados.

La Tabla 1 muestra el estado del área de generación de vapor según una inspección realizada en el 2007.

Tabla 1. Indicadores de las calderas (2007)

Calderas	Tg °C	CO ₂ %	O ₂ %	α	Tv °C	Pv Kg/cm ²	N _r %	N _n %	Sobreconsumo t bag/zafra
Reto 60 t/h	190	11.5	8.71	1,70	260	15,0	79,0	81	1182.00
Retal 45 t/h	280	9,0	11.21	2.17	300	15,0	62.9	75	7133.85

Taa - 95 °C Total - 10 889.35 ton bag/zafra

Donde:

Tg: Temperatura de gases a la salida de la caldera

% CO₂: Dióxido de Carbono en la combustión.

% O₂: Oxígeno en la combustión.

α : Coeficiente.

Tv: Temperatura del vapor a la salida de la caldera.

Pv: Presión del vapor a la salida de la caldera.

Nr y Nn: Nitrógeno

Taa: temperatura de agua de alimentar.

Terminada la zafra 2008 - 2009 se creó un Equipo de Mejora que realizó un análisis exhaustivo para identificar las causas que provocaban los bajos índices de generación.

Se decide entonces convocar a un Comité de Expertos e iniciar un Proceso de Mejoras cuyo trabajo se recoge en esta investigación.

Capítulo 1

La Gestión de Procesos en la Generación de vapor. Estado del arte

La revisión bibliográfica es el proceso analítico que se sigue para el ordenamiento de las ideas básicas sobre temas específicos y la literatura con fines investigativos, incluyendo todos aquellos aspectos que están relacionados con el tema a tratar y que inciden decisivamente en el ahorro de tiempo y recursos en la investigación, ya que en ella se reflejan las experiencias anteriores tanto positivas como negativas, que permiten una mejor proyección hacia sus objetivos finales.

En el presente capítulo se reflejan los criterios de diferentes autores y se realiza un análisis de la bibliografía nacional e internacional actualizada en el tema objeto de estudio, se valoran todos los aspectos relacionados con la Gestión de Proceso, las técnicas y herramientas que esta utiliza, técnicas de diagnósticos utilizadas en esta temática, por último se trata todo lo referido al Plan de Mejoras del área de Generación de Vapor de la Empresa Azucarera Ciudad Caracas.

Como resultado de muchas experiencias en la continua mejora de trabajos, los ingenieros industriales nunca hablan del "mejor método ideado hasta ahora". Siguiendo con este razonamiento, podríamos decir: "Cada vez que un hombre utiliza sus manos, hay una permanente oportunidad de mejora de métodos.

Esta oportunidad existe hasta que la operación es mecanizada en un grado tal que la atención humana queda totalmente eliminada y los dispositivos mecánicos utilizados son de máxima simplicidad".

Esta sentencia hace claro y simple que la operación automática es el objetivo final de cualquier programa de mejora de métodos. El mejor método para hacer una operación, desde el punto de vista económico, es alcanzado cuando la atención humana exigida ha sido reducida a cero y todo el complicado equipo de producción ha sido eliminado o simplificado. Hasta que se alcanza este punto, ulteriores mejoras son siempre posibles.

Este principio suministra la base para un enfoque del análisis operacional con vistas a la mejora de métodos y a la automatización. Si el analista valora su lógica, tendrá una mente abierta. Si lo acepta, no será cegado por obstáculos mentales como el "no funcionará" o el "lo intentamos antes y no pudimos".

Fracasos en mejoras o en la automatización de cualquier tarea no han de interpretarse como que significan que la tarea no puede ser mejorada. Tal suceso es sólo una indicación de que el analista no conoce el desarrollo que mejoraría la tarea o que el equipo disponible es todavía demasiado caro para ser económico. La aceptación del principio de continua oportunidad para la mejora combatirá cualquier tendencia a quedarse satisfecho con las cosas como son, e inspirará ataques renovados desde nuevos ángulos. Conduce al progreso.

Una mente abierta allana el camino para un trabajo analítico feliz, pero no es suficiente por sí sola. Uno puede ser de mente abierta en el sentido pasivo de ser receptivo a las sugerencias, pero este tipo de mentalidad no conducirá a ninguna realización. Para obtener resultados, el analista debe tomar la iniciativa provocando sugerencias.

En un mundo donde se dice que nada es nuevo, la mayor cantidad de originalidad (o de lo que pasa por original) viene de las personas que tienen una postura de mente interrogatoria.

El hombre que constantemente pregunta y no hace concesiones, molesta a los miembros complacientes de la organización, pero origina nuevos y mejores caminos para hacer las cosas. El progreso comienza con la duda. La mejora comienza con el análisis de lo que se está haciendo y preguntando entonces qué nuevas técnicas están disponibles para que se pueda hacer mejor.

Una vez que este punto es comprendido, el ingeniero industrial desarrollará conscientemente lo que se conoce como "actitud interrogativa". Esta actitud es un estado de la mente que previene contra cualquier actitud laxa al investigar una tarea. Pregunta y provoca respuestas en base a los hechos. Previene contra la influencia de emociones, gustos, antipatías o prejuicios.

El hombre que tiene éxito en inducir mejoras tiene, solamente, una profunda convicción: que el método puede ser mejorado. No acepta que nada sea correcto sólo porque existe. En su lugar, pregunta y clasifica respuestas. Valora las posibles respuestas a la luz de su conocimiento y experiencia. Lo cuestiona todo. Investiga todas las fases de la tarea en la extensión que el tiempo se lo permite. Pregunta aunque las respuestas puedan parecer obvias, porque las cosas obvias frecuentemente señalan valiosas oportunidades de mejora.

Las preguntas que hace el ingeniero industrial toman la forma general de qué, por qué, cómo, quién, dónde y cuándo. ¿Qué o cuál es la operación? ¿Por qué se realiza? ¿Cómo se está haciendo? ¿Quién la hace? ¿Dónde se hace? ¿Cuándo se hace en relación con otras operaciones? Estas cuestiones, en una forma u otra, serán formuladas acerca de cada factor relacionado con la tarea o clase de trabajo que se esté analizando (Tabla 2).

Tabla 2. Oportunidad de Mejora

Oportunidad de mejora:					
Meta:					
Responsable General					
Qué	Quién	Cómo	Porqué	Donde	Cuando

Cuando una tarea es examinada en detalle sistemáticamente y todos los factores relacionados con ella son investigados, las posibilidades de mejora son ciertamente descubiertas. La acción que se ejerza a partir de estas posibilidades dependerá de la posición de la persona que las descubre. Si tiene autoridad para emprender la acción y aprobar los gastos, indudablemente irá adelante y hará la mejora sin esperas. Si no tiene tal autoridad, debe presentar sus ideas en forma de sugerencias a la persona o personas que tienen tal autoridad.

Para la elaboración de esta investigación, se tuvo en cuenta, por supuesto todas las valiosas opiniones de la Dirección de Capital Humano de la E. A. Ciudad Caracas, y del G.E.A. de Cienfuegos, sus opiniones, puntos de vistas, como realizan sus operaciones, sus insatisfacciones, etc.

Para lograr los objetivos de esta investigación, se aplicaron técnicas de uso frecuente en Ingeniería industrial como son las técnicas de recopilación de información, los métodos de Expertos con sus respectivas validaciones, y algunos software como el Microsoft Excel y el software SPSS versión 15.0.

1.1 Técnicas de recopilación de información.

Entrevistas. La entrevista es una de las dos formas que adopta la encuesta, la otra es el cuestionario. La entrevista tiene la particularidad de realizarse mediante un proceso verbal que se da generalmente a través de una relación “cara a cara” entre al menos dos individuos.

La entrevista es una técnica que obtiene información de forma amplia y abierta, en dependencia de la relación entre entrevistador y entrevistado. Esto hace necesario que, en primer lugar, el entrevistador tenga con anterioridad y bien claro, cuáles son los objetivos de la entrevista y cuáles.

Son los problemas o aspectos importantes sobre los que le interesa obtener información del sujeto entrevistado, y en segundo lugar, que ejecute con precisión y dinámicamente la conducción de la entrevista.

Constituye un interrogatorio ORAL Y PERSONAL a través del cual el proyectista se comunica con un interlocutor para obtener una determinada información que éste domina. Precisamente esto último es definitorio, ya que se debe entrevistar sobre determinado asunto a aquel interlocutor que lo domina por su especialización, experiencia, relación con el mismo o posición en la estructura. Una mala selección puede ser fuente de obtención de información inexacta.

Cuestionario. Hablando en términos generales, un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas que se presentan a los encuestados para obtener sus respuestas. Es un instrumento muy flexible porque existen diversas formas de preguntar.

O lo que es lo mismo es una comprobación general o investigativa sucinta de una actividad u organización, efectuada para valorar la situación existente y, generalmente, las oportunidades de mejora.

También puede definirse como interrogatorios por ESCRITO para obtener información de numerosas personas o que están dispersas geográficamente.

La validez de esta técnica esta dada cuando mide lo que pretende medir y su éxito requiere:

1. Que sea fácil de puntuar.
2. Preparación adecuada que implique que las preguntas se ajusten a las
3. Características de los entrevistados, o sea considerar grado de dificultad con respecto a las personas a quienes se aplica.
4. No inducir respuestas determinadas.
5. Su redacción debe ser clara y ordenada.
6. Contar con las instrucciones correspondientes.
7. Su diseño debe tener la menor carga posible para el entrevistado.
8. Las respuestas a las preguntas deben ser en forma concreta e inequívoca.

1.2. Gestión de Proceso.

De manera tradicional las organizaciones se han estructurado sobre la base de áreas funcionales que de funcionar estas de manera aislada dificultan con ello, el cumplimiento de las estrategias y la orientación hacia el cliente. Se va hacia una sociedad donde el conocimiento va a jugar un papel de competitividad de primer orden y es el enfoque de proceso y no el funcional el capaz de responder a las exigencias de hoy en un mundo cada vez más competitivo, donde se requiere con ello constar con la capacidad de adaptación ante los cambios que se suceden.

Para comprender la gestión de procesos es necesario conocer que es, un conjunto de actividades empresariales que garantizan la satisfacción de las necesidades de un cliente en términos de tiempo, costo y calidad, ¿por qué la gestión por proceso? Porque las organizaciones son tan eficientes como lo son sus procesos. La mayoría de las empresas y las organizaciones que han tomado conciencia de esto han reaccionado ante la ineficiencia que representan las organizaciones departamentales, con su nicho de poder y su inercia excesiva ante los cambios potenciando el concepto del proceso, con un foco común y trabajando con una visión de objetivo en el cliente.

La Gestión de o por proceso es la forma de gestionar toda la organización basándose en los procesos, no existe producto o servicio sin un proceso. Del mismo modo, no existe proceso sin un producto o servicio.

El entorno dinámico en el que se mueve actualmente cualquier organización se encuentra caracterizado fundamentalmente por lo que ha sido llamado las “Seis Ces” (6C): cambio, complejidad, clientes (peticiones de estos, aspecto prioritario a tener en cuenta por la organización), competencia (presión que esta ejerce), costes(impacto de estos e incidencias sobre la salud financiera de la organización) y condicionantes. Todas tienen un gran impacto sobre la capacidad de la organización para cumplir con sus metas y objetivos declarados.

Una organización cualquiera puede ser considerada como un sistema de procesos más o menos relacionados entre sí en los que buena parte de las entradas (Inputs) serán generadas por proveedores internos y cuyos resultados irán frecuentemente dirigidos hacia clientes también internos.

Se habla realmente de proceso si cumple las siguientes condiciones:

- Se pueden describir las ENTRADAS y las SALIDAS.
- El Proceso cruza uno o varios límites organizativos funcionales.
- Una de las características significativas de los procesos es que son capaces de cruzar verticalmente y horizontalmente la organización.

- Se requiere hablar de metas y fines en vez de acciones y medios. Un proceso responde a la pregunta "QUE", no al "COMO".
- El proceso tiene que ser fácilmente comprendido por cualquier persona de la organización.
- El nombre asignado a cada proceso debe ser sugerente de los conceptos y actividades incluidas en el mismo.
- Todos los procesos tienen que tener un Responsable designado que asegure su cumplimiento y eficacia continuados.
- Todos los procesos tienen que ser capaces de satisfacer el ciclo Gerencial de Deming PHVA.

Todos los procesos tienen que tener indicadores que permitan visualizar de forma gráfica la evolución de los mismos. Tienen que ser planificados en la fase P, tienen que asegurarse su cumplimiento en la fase D, tienen que servir para realizar el seguimiento en la fase C y tiene que utilizarse en la fase A para ajustar y/o establecer objetivos.

Están presentes en la gestión de procesos, otras características que le confieren una personalidad bien diferenciada de otras estrategias y que suponen, en algunos casos, puntos de vista radicalmente novedosos en relación con los tradicionales.

Objetivos fundamentales de la gestión:

- Incrementar la eficacia.
- Reducir costos.
- Mejorar la calidad del proceso y con ello la calidad de sus salidas.
- Acortar los tiempos y reducir, así, los plazos de producción y entrega del ser.

1.2.1 Clasificación de los Procesos.

Algunos autores clasifican los procesos en dos formas:

- Proceso de producción
- Proceso de la empresa

En el primero se incluye todos los procesos que entren en contacto físico con el producto que se entregará al cliente externo, sin incluir los procesos de embarque y distribución. Y en el segundo aborda todos los procesos de servicio y los que respaldan a los de producción, es decir, un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definitivos en apoyo de los objetivos de la compañía.

Los procesos de la empresa según se componen de tres tipos principales de actividades:

- Las que agregan valor (actividades importantes para los clientes).
- Actividades de traspaso (las que mueven el flujo de trabajo a través de fronteras que son principalmente funcionales, departamentales u organizacionales).
- Actividades de control (las que se crean en su mayor parte para controlar los traspasos a través de las fronteras mencionadas).

Existen diferentes **TIPOS DE PROCESOS** a identificar dentro de sus organizaciones. Una posible clasificación de los mismos es la que les detallamos a continuación [Alfonso Raso 200?]:

Procesos estratégicos: tienen como fin el desarrollo de la misión y visión del servicio. Establece, revisan y actualizan la política y estrategia.

Procesos operativos o clave: son los que están orientados al cliente y los que involucran un alto porcentaje de los recursos de la organización. Son la razón de ser del Servicio y definen su actividad: diseño de nuevos tratamientos, la prestación de los propios tratamientos médicos, altas y bajas, etc.

Procesos de soporte: Dan apoyo a los procesos clave. Son los relacionados con RR.HH., sistemas de información, financieros, limpieza, mantenimiento etc.

Dentro de todos ellos, periódicamente se establecen los denominados *Procesos Críticos* que son los que suponen un alto riesgo técnico o tecnológico, o los que pueden presentar de forma continua o esporádica, situaciones o riesgos de operar “fuera de control” o presentar resultados que no cumplen con los requerimientos del cliente. Varían en el tiempo y requieren un seguimiento exhaustivo.

Para visualizar la interrelación entre los procesos se construyen los mapas de procesos.

El problema que les puede plantear la Gestión por Procesos es la propia identificación de los procesos. Ante esto, ¿qué criterios pueden seguir para identificar los procesos adecuadamente? Los criterios que nosotros les proponemos para asignar prioridades a efectos de selección son [Alfonso Raso 200?]:

- Escuchar la voz del cliente.
- Factores críticos de éxito.
- Razones de competencia.
- Cambios en el entorno que afectan al proceso.
- Bechmarking.
- Evaluación negativa del proceso.
- Nuevas tecnologías.
- Innovación.
- Impacto en las personas.

Los procesos se pueden dividir en varios subprocesos según sea el caso. Al igual que un proceso, un subproceso tiene varios insumos y rendimientos, la única diferencia es que los rendimientos de este son los insumos del siguiente. Es posible dividir aún más un subproceso en actividades y estas a su vez en una serie de pasos [Harbour 1994].

Para gestionar y mejorar un proceso es necesario en primer lugar describirlo adecuadamente. Los elementos que van a describir adecuadamente el proceso son:

- *Salida:* Resultado del proceso
- *Destinatario:* Persona o conjunto de personas que reciben y valoran la salida del proceso
- *Los participantes:* Personas o grupos de personas que desarrollan la secuencia de actividades del proceso-
- *Secuencia de actividades:* Es la descripción de las acciones que tienen que realizar los intervinientes.
- *Recursos:* Elementos materiales o de información que el proceso consume o necesita para poder generar la salida.
- *Indicadores:* Son mediciones del funcionamiento de un proceso. Pueden ser de dos tipos:
 - *De eficacia.* Miden lo bien o mal que la salida cumple con las expectativas de los clientes.
 - *De eficiencia.* Miden el consumo de los recursos.

Estos indicadores se pueden aplicar al funcionamiento global del proceso o a una parte.

1.2.2 Antecedentes de los generadores de vapor de la Industria Azucarera.

Al triunfo de la Revolución la industria azucarera cubana tenía instaladas más de mil calderas generadoras de vapor, la inmensa mayoría de las cuales presentaban las siguientes características:

- Procedían de uso de los Estados Unidos, readaptadas para quemar bagazo en vez de carbón.
- Llevaban en operación 40, 50 e incluso más años, solo en Cuba.
- Eran del diseño de tubos de agua rectos y había cierta cantidad del tipo de tubos de fuego (multitubulares), y todas de tiro natural y horno de herraduras.
- Resultaban muy sencillas y baratas y no exigían ningún nivel de calificación en los operadores. Todas las operaciones eran manuales careciendo de lazos automáticos.
- Generaban el vapor a baja presión (90÷150 psig), y casi siempre saturado, aunque algunas poseían pequeños sobrecalentadores.
- Eran de baja capacidad (10 ÷ 20 t/h) por lo que, en dependencia de la molienda del ingenio, las baterías de calderas poseían un elevado número de unidades, que podían llegar a 10, 15 e incluso más.
- Eran de muy baja eficiencia (50 - 60 %), debiendo consumirse grandes cantidades de leña o petróleo, que por aquellos años resultaban baratos.

Solo en muy contados ingenios existían calderas más modernas del tipo Stirling con cuatro domos, tubos curvos y tiro balanceado, así como superficies recuperativas (calentadores de aire) y hornos de parrilla basculante (Spreader-Stoker), con eficiencias que superaban en 15 ÷ 25 enteros la eficiencia de las otras calderas, como es el caso de Jesús Menéndez, Camilo Cienfuegos, Primero de Enero, Venezuela y Sandino, pero el total de tales unidades no pasaba de 20 en toda la industria azucarera.

1.2.3 Situación actual de las calderas en la industria azucarera cubana

Después del triunfo de la Revolución el área de generación de vapor en la industria azucarera ha experimentado un cambio radical, debido en lo fundamental a:

- La importación de 89 calderas EKE de 45 t/h, 23 calderas soviéticas RETO de 25 t/h y 4 calderas de Checoslovaquia y Francia, lo que totaliza 116 calderas, todas con una eficiencia del 80 %.
- La importación de 130 calderas alemanas EKE de 25 t/h, de las cuales 60 fueron posteriormente remodeladas al modelo RETAL de 45 t/h y 80% de eficiencia, manteniéndose 70 según el diseño original con una eficiencia del 65% debido a que sus domos no permiten elevarles la presión a 18 kg/cm².
- La construcción nacional de 33 calderas RETAL totalmente nuevas de las cuales 23 son de 45 t/h y 10 son de 60 t/h, así como 24 calderas RETO de 45 t/h, totalizando 57 calderas, todas con una eficiencia del 80 %.
- La construcción nacional de 108 calderas EVELMA de 15 ÷ 20 t/h (modelos I y II), y 25 t/h (modelo III), todas con eficiencias del 70 %.
- La construcción nacional de 27 calderas IP, de tubos rectos, hornos de herraduras y tiro natural, que pueden trabajar a 18 kg / cm² y eficiencia de 65 %.

Esto fué posible por la colaboración que se estableció con el antiguo campo socialista, en particular con la URSS y la RDA, que permitió no-solo la importación de 246 nuevas calderas, sino la creación de una fábrica de calderas en Sagua la Grande en 1980 que ha permitido la construcción de 192 calderas nuevas de los modelos RETAL 45 y 60, RETO 45, EVELMA I, II y III y calderas IP, además de construir todos los componentes que permitieron remodelar 60 calderas alemanas de 25 t/h al modelo RETAL, todo ello en el breve plazo de algo más de 10 años hasta principios de la década del 90 en que la producción se redujo drásticamente por el comienzo del período especial.

Todo este proceso también fue posible por la creación de un fuerte grupo de ingenieros especializados en el diseño, construcción y montaje de calderas, agrupados en la Empresa de Diseño Mecánico (EDIMEC), donde se efectuaron los diseños de las calderas RETO,

EVELMA y RETAL, así como multitud de remodelaciones para mejorar la eficiencia y aumentar la capacidad de calderas existentes.

Todo lo anterior ha permitido reducir el total de calderas instaladas de mas de 1000 antes del triunfo de la Revolución a 716 actualmente, debido a la instalación de 438 nuevas unidades entre importadas o construidas y remodeladas nacionalmente, de mayores eficiencias y capacidades.

De tal manera la estructura actual del parque de calderas de la industria azucarera cubana es la siguiente:

Tabla 3. Calderas cubanas instaladas en los ingenios azucareros

Calderas viejas americanas	278 *
EVELMA I y II	90
EVELMA III	18
RETO 25	23
RETO 45	24
RETAL 45	83
RETAL 60	10
IP	27
EKE 25	70
EKE 45	89
CKD (Checoslovaquia)	2
BABCOCK (Francia)	2
<u>TOTAL</u>	716

* Las características de estas calderas se corresponden con las que se han enumerado en el punto 1 de este informe.

Tal como puede apreciarse, el parque actual de calderas mantiene aún 278 calderas provenientes de la época pre-revolucionaria, lo que constituye el 39 % de todas las unidades existentes.

Sin embargo, por ser estas calderas mucho mas pequeñas, desde el punto de vista de la capacidad de generación ellas representan solo el 24 % del total, siendo la capacidad total de generación de las 716 calderas actualmente existentes cercana a las 20 000 t/h

.

Desde el punto de vista de la capacidad unitaria, la estructura actual del parque de calderas es:

Tabla 4. Capacidad de las calderas instaladas

Capacidad (t/h)	No. de unidades	% del total
20 <	366	51,1
25	138	19,3
35	2	0,3
45	200	27,9
60	10	1,4

Desde el punto de vista de las eficiencias, la estructura es:

a) Considerando el número de unidades:

Tabla 5. Estructura tecnológica de las calderas instaladas

Eficiencia (%)	No. de unidades	% del total de unidades
(*) 60 ÷ 65	375	52,4
(**) 65 ÷ 70	108	15,1
(***) 75 ÷ 82	233	32,5

(*) Calderas viejas americanas, IP y EKE 25.

(**) Evelma I , II y III

(***) Reto 25 y 45, Retal 45 y 60, EKE 45, CKD y Babcock.

b) Considerando el volumen de generación:

Tabla 6. Estructura considerando el volumen de generación

Eficiencia (%)	Volumen total de generación, t/h	% del volumen total
60÷65	6 600	35,1
65÷70	2 100	11,2
75÷82	10 100	53,7

1.2.4 Documentación de procesos.

Es un método estructurado que utiliza un manual preciso para comprender el contexto y los detalles de los procesos claves. Siempre que un proceso vaya a ser rediseñado o mejorado, su documentación es esencial como punto de partida. Lo habitual en las organizaciones es que los procesos no estén identificados, y por consiguiente no se documenten ni se delimiten. Los procesos fluyen a través de distintos departamentos y puestos de la organización funcional, que no suele percibirlos en su totalidad, y como conjuntos diferenciados y, en muchos casos interrelacionados.

1.2.5 Equipo de Proceso.

La configuración, entrenamiento y facilitación de equipos de procesos es esencial para la gestión de los procesos y la orientación de estos hacia el cliente. Los equipos han de ser liderados por el “propietario del proceso”, y han de desarrollar los sistemas de revisión y control.

1.2.6 Indicadores de gestión.

La Gestión por Proceso implicará contar con un cuadro de indicadores relacionados con la calidad y otras variables significativas. Este es el modo en que verdaderamente la organización puede conocer, controlar y mejorar su gestión.

1.2.7 Modelado de Procesos.

Frecuentemente los sistemas (conjuntos de procesos y subprocesos integrados en una organización) son difíciles de comprender, son amplios, complejos y confusos, con múltiples puntos de contacto entre sí y con un buen número de áreas funcionales, departamentos y puestos implicados. Un modelo puede dar la oportunidad de organizar y documentar la información sobre un sistema. Pero, ¿qué es un modelo? Un modelo es una representación de una realidad compleja. Modelar es desarrollar una descripción lo más exacta posible de un sistema y de las actividades llevadas a cabo en él.

Cuando un Proceso es modelado, con la ayuda de una representación gráfica a través de diferentes diagramas, se pueden apreciar con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos, así como identificar los subprocesos comprendidos. Al mismo tiempo, los problemas existentes pueden ponerse de manifiesto claramente, dando la oportunidad al inicio de acciones de mejora.

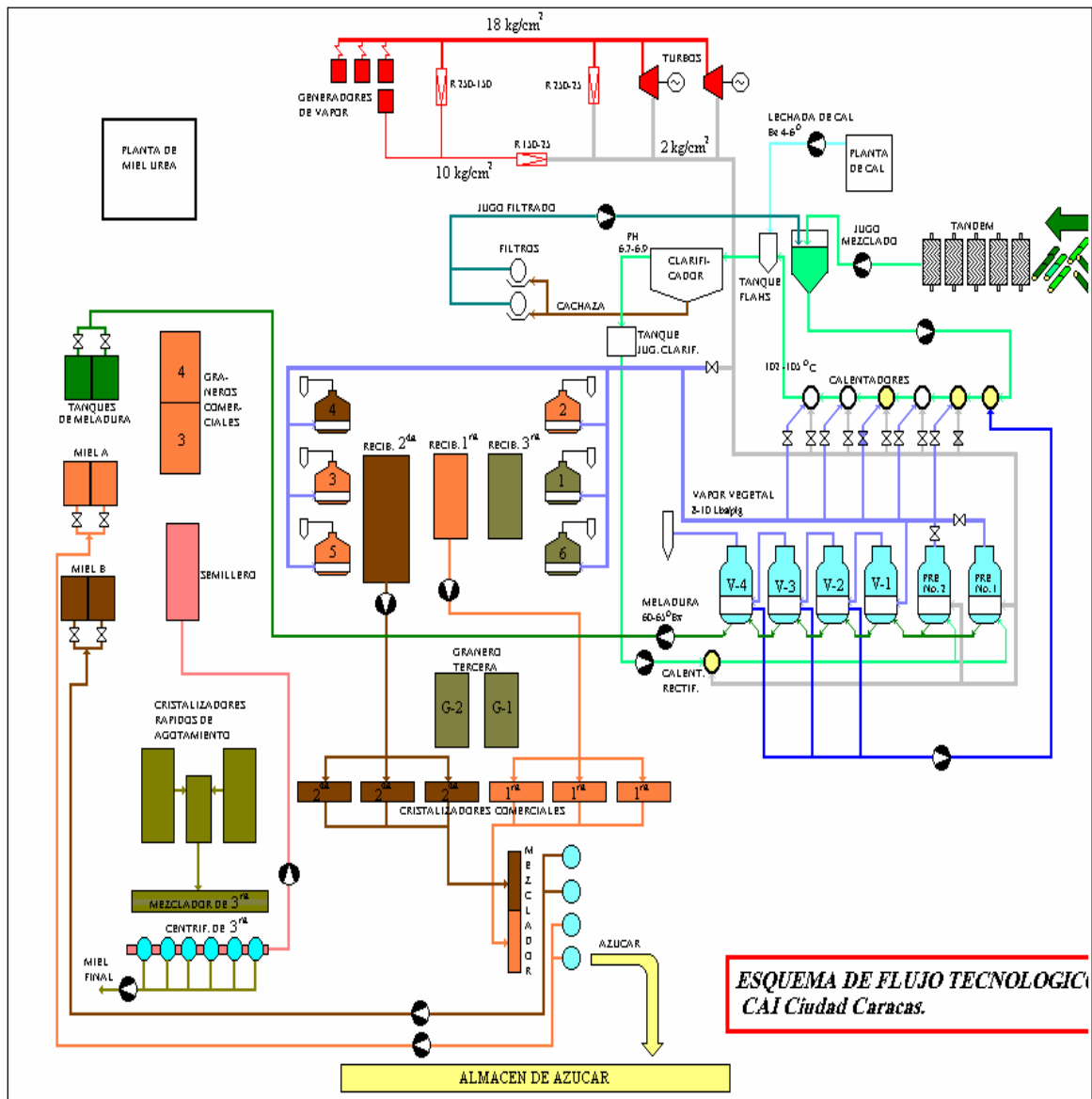
Diagramar es establecer una representación visual de los procesos y subprocesos, lo que permite obtener una información preliminar sobre la amplitud de los mismos, sus tiempos de ciclo y los tiempos de sus actividades.

La representación gráfica facilita el análisis, uno de cuyos objetivos es la descomposición de los procesos de trabajo en actividades discretas. También hace posible la distinción entre aquellas que aportan valor añadido de las que no lo hacen, es decir, que no proveen directamente nada al cliente del proceso o al resultado deseado. En este último sentido cabe hacer una precisión, ya que no todas las actividades que no proveen valor añadido han de ser necesarias, estas pueden ser actividades de apoyo y ser requeridas para hacer más

eficaces las funciones de dirección y control, por razones de seguridad o por motivos normativos y de legislación.

Diagramar es una actividad íntimamente ligada al hecho de modelar un proceso, que es por sí mismo un componente esencial en la gestión por procesos (Fig 1).

Fig. 1. Diagrama de Flujo de Fabricación de azúcar crudo.



1.2.8 El rediseño y mejora de procesos.

Una organización cualquiera puede ser considerada como un sistema de procesos relacionadas entre sí, en los que buena parte de las entradas serán generadas por proveedores internos y cuyos resultados irán frecuentemente dirigido hacia los clientes también internos. Esta situación hará que el ámbito y alcance de los procesos no sea

homogeneo, debiendo ser definido en cada caso cuando se aborda desde una de las distintas estrategias propias de la gestión de procesos. Quiere esto decir, que a veces no es tan evidente donde se inicia y donde finaliza un proceso, siendo necesario establecer una delimitación a efectos operativos de dirección y control del proceso.

Un proceso puede ser realizado por una sola persona, o dentro de un mismo departamento. Sin embargo, los más complejos fluyen en la organización a través de diferentes áreas funcionales y departamentos, que se implican en aquel, en mayor o en menor medida.

El hecho de que en un proceso intervengan distintos departamentos dificulta su control y gestión, diluyendo la responsabilidad que esos departamentos tienen sobre el mismo. En una palabra, cada área se responsabilizará del conjunto de actividades que desarrolla, pero la responsabilidad y compromiso con la totalidad del proceso tenderá a no ser tomada por nadie en concreto.

Evidentemente la organización funcional no va a ser eliminada. Una organización posee como característica básica precisamente la división y especialización del trabajo, así como la coordinación de sus diferentes actividades, pero una visión de la misma centrada en sus procesos, permite el mejor desenvolvimiento de los mismos, así como la posibilidad de centrarse en los receptores de las salidas (outputs) de dichos procesos, es decir, en los clientes. Por ello, la gestión por procesos es un elemento clave en la Gestión de la Calidad.

La Gestión por Procesos percibe la organización como un sistema interrelacionado de procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. Supone una visión alternativa a la tradicional caracterizada por estructuras organizativas de corte jerárquico – funcional, que existe desde la mitad del XIX, y que en buena medida dificulta la orientación de las empresas hacia el cliente.

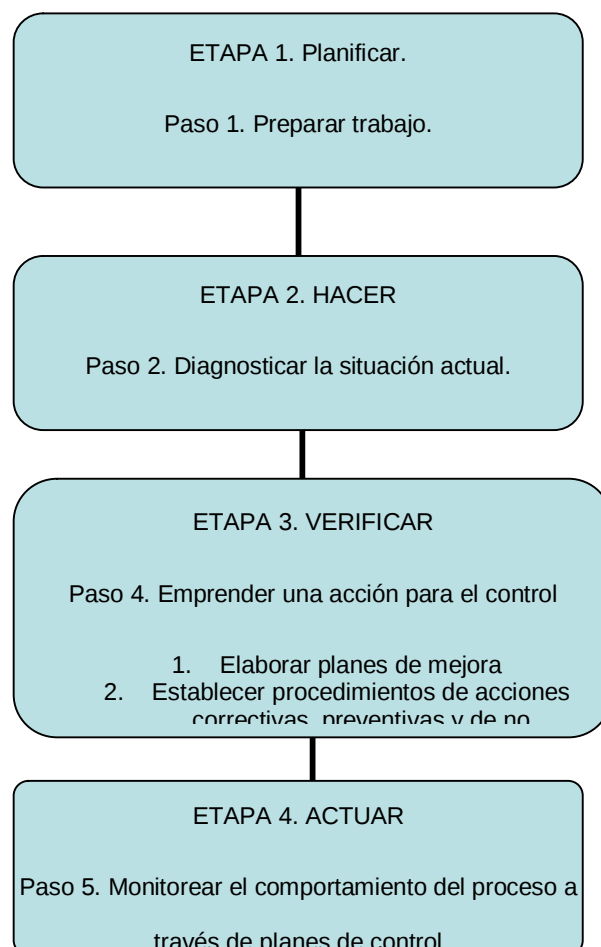
La Gestión de Procesos coexiste con la administración funcional, asignando “propietarios” a los procesos claves, haciendo posible una gestión interfuncional generadora de valor para el cliente y que por tanto procura su satisfacción. Determina que procesos necesitan ser mejorados o rediseñados, establece prioridades y provee de un contexto para iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar objetivos establecidos. Hace posible la comprensión del modo en que están configurados los procesos de negocio, de sus fortalezas y debilidades.

La Gestión por Procesos es la diligencia en sistema, de variables organizacionales tales como estrategia, tecnología, cultura organizacional, estilo de dirección, métodos y herramientas, en interacción con el entorno, encaminada al logro de la efectividad, la eficacia y adaptabilidad de los procesos, para ofrecer un valor agregado al cliente.

Rediseñar un proceso es hacerlo más eficiente y eficaz. Es conseguir que rinda en un grado superior al que tenía anteriormente, y ello gracias a una acción sistemática sobre el proceso que hará que los cambios sean estables.

Se trata de conocer el proceso, sus causas asignables (imputables) de variación, eliminar actividades sin valor añadido y aumentar la satisfacción del cliente. El rediseño de procesos incluye una actividad de mejora permanente, ya que el rediseño en sí ha de seguir la aplicación del ciclo Planear – Hacer – Verificar – Actuar (PDCA, en inglés) de Mejora Continua (Fig. 2).

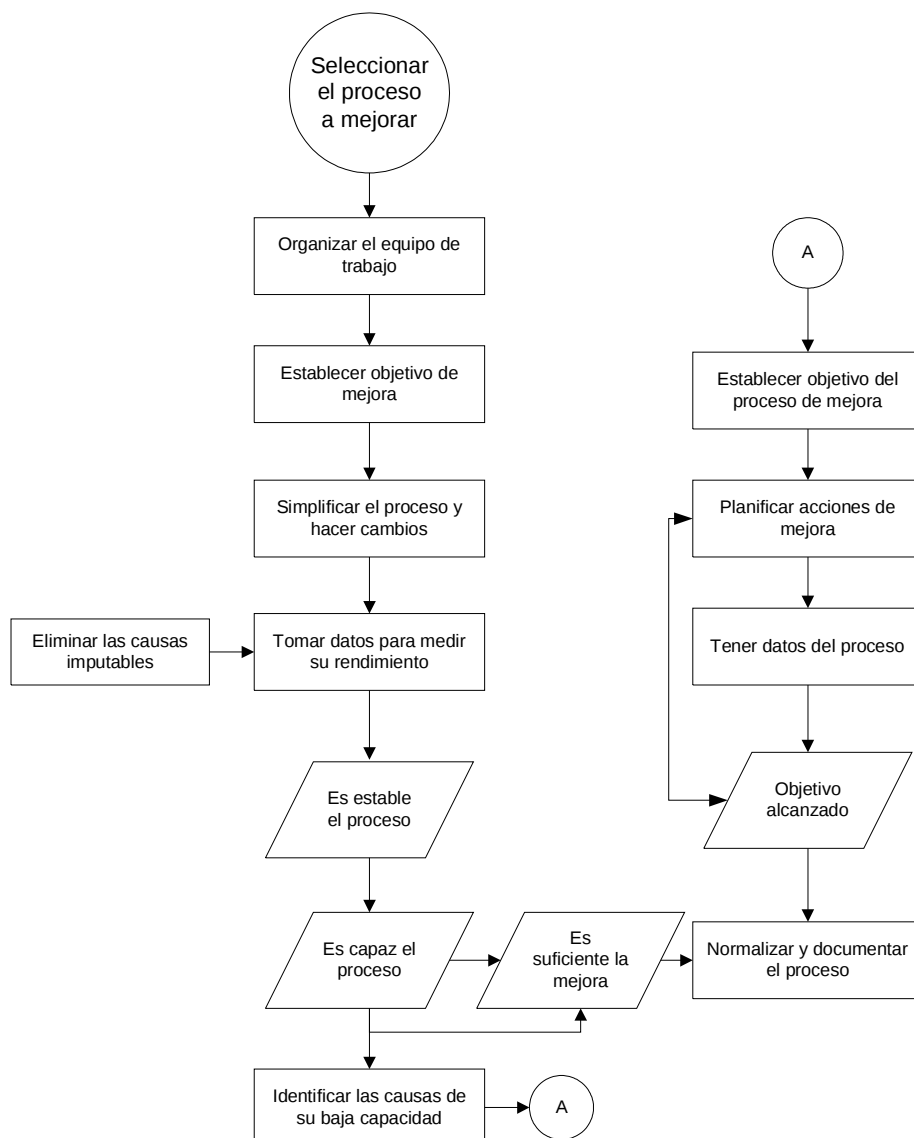
Fig. 2. Ciclo PDCA



Un primer paso, esencial para acometer la mejora de procesos, es contar con el liderazgo de la alta dirección de la organización. Este liderazgo ha de ser asumido decididamente, e ir acompañado de un intenso compromiso, mientras es comunicado explícitamente de manera que se genere un estado de opinión y actitudes favorables hacia las actividades de mejora y sus resultados. Igualmente, los líderes deben asegurar que los equipos de mejora tengan a su disposición todos los recursos necesarios y la capacitación precisa para emprender y cumplir su misión.

La mejora de un proceso implica una serie de actividades ordenadas que constituyen en sí mismas un proceso, y cuyas fases principales están contenidas en la Fig. En el se puede observar la presencia (A) que no es otro que el correspondiente a la mejora continua.

Fig. 3. Proceso de Mejora



Por lo tanto, en el próximo capítulo se explicará como se implementó el Proceso de Mejoras para el área de generación de vapor de la E.A. Ciudad Caracas.

1.3 Métodos para la selección de los criterios más importantes en la evaluación (Etapa 1).

1.3.1 Expertos. Entre los principales métodos creativos de grupos se encuentran:

Los Sistemas de expertos Basados en el Conocimiento (KBES), Son experiencias acumuladas en bases de datos para resolver problemas de un campo específico del conocimiento.

En la Etapa Inicial el o los expertos pueden utilizar una serie de métodos para organizar, agrupar, conformar y llegar a conformar consensos de opiniones. Son los llamados Métodos de grupos o métodos creativos de grupo, se utilizan métodos del tipo heurísticos donde juega un papel importante el uso de los llamados Métodos de Expertos. Entre los principales métodos creativos de grupos se encuentran:

- Brain Storming.
- Grupos Nominales.
- Método Delphi.

Está basado el método Delphi en la utilización sistemática e iterativa de juicios de opinión de un grupo de expertos hasta llegar a un acuerdo. En este proceso se trata de evitar las influencias de individuos o grupos dominantes y al mismo tiempo que exista una retroalimentación de forma que se facilite el acuerdo final. Este es uno de los métodos heurísticos más efectivos y de mayor utilización para la toma de decisiones. Fue creado en

los años sesenta por la RAND CORPORATION, específicamente por Aloy Helmer y Dalkey Gordon, con el propósito de pronosticar situaciones a largo plazo.

Para la selección de los expertos en primer lugar se debe determinar la cantidad (n) y después la relación de los candidatos atendiendo a los criterios de idoneidad, competencia y creatividad, disposición a participar, conformismo, capacidad de análisis y de pensamiento lógico, espíritu colectivista y autocrítico y experiencia en el tema.

$$n = \frac{P(1-P)C}{i^2}$$

1- α	C
99	6,6569
95	3,8416
90	2,6896

Donde C: constante que depende del nivel de significación $n(1-\alpha)$

P: proporción de error

I: precisión

1.4 Diagnostico, Análisis y determinación de las oportunidades de mejora (ETAPA 2, HACER).

Planteamiento de oportunidades de mejora y definición de oportunidades.

La frecuencia se obtiene a partir de la cantidad de votos de los expertos en sus secciones, y la prioridad es definida por los mismos, teniendo en cuenta la total e importancia de sus votaciones.

Se procede a priorizar las oportunidades de mejoras planteadas utilizando la herramienta UTI. Para cada una de las oportunidades se evalúan los siguientes criterios del 1 al 10.

- Urgencia: Tiempo disponible en comparación con el necesario para realizar acciones de mejora.
- Tendencia: Consecuencias de tomar la acción sobre la situación
- Impacto: Incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de la gestión en determinada área.

.Para ello se realiza el plan de la forma que muestra la Tabla 6.

Oportunidad de mejora:					
Meta:					
Responsable General					
Qué	Quién	Cómo	Porqué	Donde	Cuando

**Tab
la 6.
Pla
n
de
acci
ón.**

1.5 Acción para el control (Etapa 3).

1.5.1 Teoría de la decisión y Sistemas de Expertos no Estructurados.

La Teoría de la Decisión es una herramienta importante para la utilización y aplicación de la Modelación Matemática y en forma muy especial en los Modelos Multicriteriales.

El Método **Brain Storming** dirigido a la obtención de una gran cantidad de ideas del grupo de expertos reunidos, presenta las siguientes características:

- El grupo es dirigido por alguien con experiencia, llamado **facilitador**, que lo **excita**, mediante un plan, a la generación de ideas.
- En ocasiones se nombra a otra persona que registre las ideas obtenidas del experimento en un pizarrón, a esta persona se le llama **registrador**.
- Se aspira a un máximo de ideas para aumentar la probabilidad de respuestas útiles, que después pueden ser combinadas y perfeccionadas.
- Es ideal en grupo de expertos de pequeña cantidad.
- Se aplica a cuestiones bien definidas.
- La generación de ideas no es restringida.
- No se permite la crítica de una idea.
- El que dirige no da criterios.
- El análisis de las ideas se separa del que las generó.

- Existen varias formas de llevarlo a cabo:

1. Las ideas se registran en una pizarra y finalmente, cuando no existan mas ideas se agrupan detectando las que son repetitivas y se organizan como quedarían finalmente. El orden de presentación de las ideas es inmaterial.
2. Metaplan. Las ideas se anotan en tarjetas, de forma que todos las puedan, cuando un participante incorpora una tarjeta, lee las que ya hay colocadas, que a su vez le servirán de inspiración para nuevas ideas. Al final cada participante colorea en las tarjetas, con ideas de su interés, y finalmente las ideas más aceptadas son las que se escogen.
3. Seis-Tres-Cinco. Grupo de 6 participantes, cada uno escribe 3 propuestas en un papel y pasa la hoja al de al lado que inspirándose en esas ideas o soluciones, escribirá otras 3. Seis participantes, preparando tres ideas y analizando las de los cinco restantes dan 36 propuestas con un total de 108 sugerencias. $(6 \text{ participantes} * 3 \text{ ideas iniciales c/u} = 18 \text{ ideas iniciales}) * 5 \text{ rondas de los restantes participantes} = 90 \text{ propuestas} + 18 \text{ iniciales} = 108 \text{ sugerencias}$

Los Grupos Nominales. Es una variante entre el Brain Storming y el Delphi, algunas características del mismo son:

1. Ideal para grupos de entre 10 a 20 expertos.
2. Se define abiertamente el objetivo.
3. Cada experto brinda sus ideas en forma anónima escrita.
4. No se debe evaluar ninguna idea hasta que todos los resultados se conozcan.

5. Deben debatirse todos los puntos antes de efectuar la votación.
6. Debe limitarse la discusión a la presentación de los pro y los contras de cada punto.
7. Puede permitirse la incorporación de una nueva idea a partir del análisis.
8. Utiliza siempre votación anónima.
9. Se realizan tantas votaciones como sean necesarias, para llegar a las ideas finalmente aprobadas por la mayoría.

1.5.2 Rondas de expertos.

- **Primera Ronda.** El facilitador debe escribir una pequeña explicación a los expertos por qué fue seleccionado y cuál es el objetivo del trabajo investigativo que se va a llevar a cabo, del cuál él forma parte por sus conocimientos y experiencia al respecto, a continuación se formula en forma clara y precisa la pregunta abierta para la que se quiere que él de sus criterios al respecto en forma escrita y lo responda por la vía de la correspondencia, fundamentalmente por e-mails en los tiempos actuales. Una vez recibidas las respuestas por parte del facilitador. Este puede construir una tabla en dónde las filas se reserven a los expertos supongamos m y las columnas a los criterios emitidos supongamos n. A esa tabla se le pondrá una X a la intersección del experto con el criterio que formuló. El facilitador aquí debe agrupar los criterios, eliminando las repeticiones literales y reformulando las similares, de manera que todos los expertos vean sus ideas reflejadas. Aquí se deben agrupar los criterios en un orden de aparición, nunca en orden de importancia, dado que el facilitador no debe participar en el proceso de forma directa.

Expertos	Criterio 1	Criterio 2		Criterio n
Experto 1		X		
Experto 2	X			X
.....				
Experto m	X	X		

- Segunda Ronda.** Los criterios agrupados en la tabla antes expuesta le son enviados a los expertos para que marquen con una X los que consideren mas importantes, aquí van los criterios nunca quién los emitió porque el anonimato debe continuar hasta el final. El facilitador recibe los resultados de los expertos y entonces debe iniciar una labor de eliminación de aquellos que no representan a la mayoría de los expertos. Los criterios que estén avalados por menos del percentil, elegido para la investigación, (por ejemplo los que representen menos del 20 % de los expertos) se eliminan. Algunos trabajan con los intervalos de confianza del 1 %, 5 %, 10 %, o dejar lo que quede dentro del intervalo de confianza (Media- 3 Desviación Estandar , Media + 3 Desviación Estandar). En forma general esta ronda logra hacer la decantación del los criterios minoritarios, si hubiese problemas con esto entonces se debería hacer una ronda adicional para precisar bien los criterios eliminados. Con los criterios finalmente aceptados se pasa a la próxima Ronda.
- Tercera Ronda.** Esta es la Ronda de la Pesada de los criterios para cada experto. Se envían los criterios definitivamente aceptados a los expertos y se les pide que deben determinar el Peso de cada Criterio en la forma desde el número 1, el criterio mejor o de mayor importancia, hasta el número N, el criterio de menor importancia o último en ser seleccionado. Quiere esto decir que los expertos deben poner un valor a cada criterio, número entre el 1 y el N, se pueden dar iguales valores a los criterios que los expertos consideren que tienen la misma importancia, a este hecho se le llama LIGADURA. Así el facilitador obtiene una tabla parecida a la antes vista pero con los valores numéricos dados por cada experto a cada criterio.

Después de realizado el trabajo de los expertos y evaluado el resultado del mismo podremos continuar el Proceso de mejoras.

1.6 Energía y medio ambiente.

Biomasa

Hasta la Revolución Industrial, que supuso la introducción del carbón como fuente de energía, el hombre utilizaba, fundamentalmente, la biomasa para cubrir sus necesidades de calor e iluminación. En los países en desarrollo, millones de personas siguen dependiendo de esta transformación directa de la biomasa para atender sus necesidades más básicas, como cocinar o calentarse. Sin embargo, la tecnología actual permite aplicaciones más sofisticadas de la biomasa.

De dónde procede. En su acepción más amplia, el término biomasa abarca toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluidos los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. Por tanto, la energía de la biomasa se puede obtener de multitud de materiales:

- Cultivos que se transforman posteriormente en energía (cultivos energéticos).
- Residuos de diferente tipo: forestales, agrícolas, ganaderos, lodos de depuración de aguas residuales y emisiones de gas de vertederos controlados (biogás).
- La transformación química o biológica de determinadas especies vegetales o de los aceites domésticos usados para convertirlos en biocombustibles (metanol y etanol) y emplearlos como sustitutos o complementos del gasóleo y de la gasolina.

Cómo se aprovecha. Esa gran variedad de materiales que componen la biomasa permite aplicaciones muy distintas, que varían según el tratamiento previo al que se la someta:

Refinación (para homogeneizar las características del material empleado), fermentación, pirolisis, gasificación, esterificación, etc.

Producción térmica. La más sencilla es utilizar la biomasa como combustible en los hogares.

Producción eléctrica. Con la biomasa también se puede generar electricidad, para lo cual se utilizan dos técnicas:

- Combustión. Consiste en quemar materiales leñosos para lograr una combustión integrada en un ciclo de vapor. Con la tecnología actual, se obtienen rendimientos que pueden llegar al 30%, y potencias de generación eléctrica de hasta 50 MW. La 35 electricidad obtenida puede utilizarse en aplicaciones aisladas o volcarse a la red.

- Gasificación. A partir de la fermentación natural de determinados materiales (por ejemplo, las basuras de un vertedero) se produce biogás. Este es canalizado hasta una central térmica próxima, donde se transforma en energía eléctrica que, a su vez, puede conectarse a la red general eléctrica.

Elaboración de combustibles limpios.

- Biodiesel: se utiliza como complemento o sustituto del gasoil, y se obtiene a partir del aceite de materias oleaginosas (girasol, colza u otros), y de los aceites alimentarios usados. Estos aceites se esterifican con alcohol, en un proceso que, además del biodiesel, produce glicerina.

- Bioalcoholes. Proceden de materiales azucarados (tubérculos, caña de azúcar, granos de cereal, etc). Mediante su fermentación se extrae etanol, que puede ser utilizado mezclado con gasolina, en forma de ETBE (éter derivado del etanol que la oxigena) o como sustituto total de la gasolina. Los bioalcoholes también pueden ser empleados para generar electricidad.

Qué ventajas tiene:

Medioambientales

- Balance neutro en emisiones de CO₂. Realizada en las condiciones adecuadas, la combustión de biomasa produce agua y CO₂, pero la cantidad emitida de este gas (principal responsable del efecto invernadero), fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento. Es decir, el CO₂ de la biomasa viva forma parte de un flujo de circulación natural entre la atmósfera y la vegetación, por lo que no supone un incremento en el efecto de gas invernadero en la atmósfera (siempre que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada).
- No produce emisiones sulfuradas o nitrogenadas, ni apenas partículas sólidas.
- Como una parte de la biomasa procede de residuos que es necesario eliminar, su aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso.

Socioeconómicas

- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola, ya que permite sembrar cultivos energéticos en sustitución de otros poco rentables.
- Abre oportunidades de negocio a la industria nacional, favorece la investigación y el desarrollo tecnológicos, e incrementa la competitividad comercial de los productos.

Conclusiones parciales.

1. El área de generación de vapor en la industria azucarera cubana es factible de recibir mejoras para aumentar su eficiencia y aprovechar el bagazo sobrante como fuente para la diversificación.

1. El Proceso de Mejoras es un instrumento eficaz para resolver los problemas en las áreas de generación de vapor de la industria azucarera cubana.

Capítulo # 2.

Diagnóstico del proceso en el área de generación de vapor.

Etapas 2. Paso 2

En el presente capítulo se pretende abordar de manera amplia las condiciones en que se encuentra el área de generación de Vapor de la Empresa Azucarera Ciudad Caracas.

Durante el desarrollo de la investigación se tienen en cuenta aspectos como: misión, visión, breve historia sobre la empresa, su ubicación, la realización de una caracterización general del área de Generación de Vapor y finalmente el Plan de Mejoras que se efectuó dicha área.

2.1. Caracterización de la Empresa Azucarera C. Caracas.

Con el triunfo de la Revolución se llevó a cabo un proceso de nacionalización en los diferentes sectores de la economía. Mediante la Ley 890, del 13 de Octubre de 1960 se nacionalizó entre otras industrias la azucarera y los Centrales se convirtieron en propiedad de todo el pueblo.

En los primeros años de la década del 80, en la búsqueda de nuevas formas de integración de la producción agrícola e industrial se crearon los Complejos Agroindustriales.

En el año 2003 con vista a la búsqueda de nuevas formas de organización de la producción, como vía de rescate de la caña de azúcar, se dispuso mediante la Resolución 4, de fecha 7 de Enero del 2003, emitida por el Ministro del Azúcar crear la Organización Superior de la Dirección Empresarial con personalidad jurídica independiente y patrimonio propio denominada Grupo Empresarial Agroindustrial de Cienfuegos, subordinada al Ministerio del Azúcar.

La Misión.

Producir Azúcares de alta calidad, alimentos con competitividad y sostenibilidad que satisfaga las necesidades del cliente y la elevación del nivel de vida de los trabajadores

La Visión.

La producción de azúcar, mieles, derivados, energía y alimentos a pesar de haber disminuido su peso relativo en la economía cubana continua siendo importante para el desarrollo económico social del país y la satisfacción de la demanda interna de todas estas producciones que también generan empleo para nuestros trabajadores.

Las producciones tradicionales de la entidad mantienen su importancia como garantía para la conexión de créditos y financiamientos.

Las producciones agropecuarias en los suelos liberados de caña sumados a los que desde antes se utilizaban con otro fin alcanzan volúmenes superiores y contribuyen junto con las que realiza el MINAGRI , a satisfacer la demanda interna de alimentos alcanzando niveles de eficiencia superiores .

A partir de un uso adecuado de la ciencia y la técnica se proyecta para convivir y producir con eficiencia, a pesar de los diferentes fenómenos climáticos que afectan todos los años como sequías, huracanes, etc., cuyas consecuencias son imprevisibles.

La empresa trabaja por incrementar los niveles de producción de caña, producciones no cañeras y azúcar, así como la productividad del trabajo, realizar las actividades de reparación y mantenimiento con eficiencia y calidad.

Se trabaja también en lograr la eficiente gestión de los recursos humanos y un adecuado sistema de retribución y estimulación del trabajo que favorezca la motivación, participación y responsabilidad de los trabajadores en el proceso productivo.

El desarrollo del capital humano como consecuencia del programa de superación que tiene lugar alcanza niveles superiores en todos los ámbitos de la organización.

Así pues en las últimas tres zafas no se han tenido las condiciones de vapor necesarios para poder generar 8 MW debido a que la cantidad de vapor generada y en particular los

parámetros de presión y temperatura óptimos para el trabajo eficiente de los turbogeneradores que hacen posible su máximo rendimiento no puede ser obtenidos.

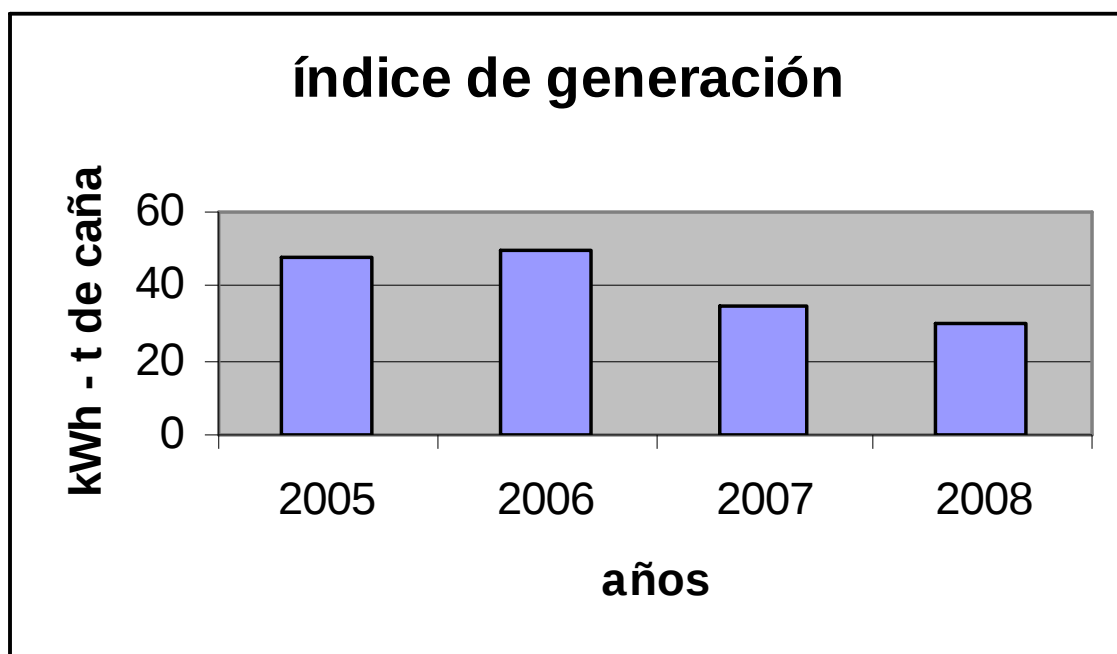
También como consecuencia de esta situación, existe marcada inestabilidad en la cantidad y calidad del vapor necesario para el proceso, que redundan en las consecuentes pérdidas de la eficiencia industrial, principalmente las bajas temperaturas en calentadores y el exceso de tiempo de los materiales en proceso.

Por otra parte, debido al estado técnico en que se encuentra la instalación, se arrojaban por la chimenea entre 200 y 300 TM de inquemados hacia el batey y los alrededores.

A continuación se mostrará gráficamente el comportamiento termoenergético del ingenio en las últimas zafras.

La Fig. 4 muestra como se ha comportado la venta de energía eléctrica en esas tres zafras. De la misma se puede apreciar que ha habido un ligero descenso debido principalmente a los problemas producidos en el área de generación de vapor.

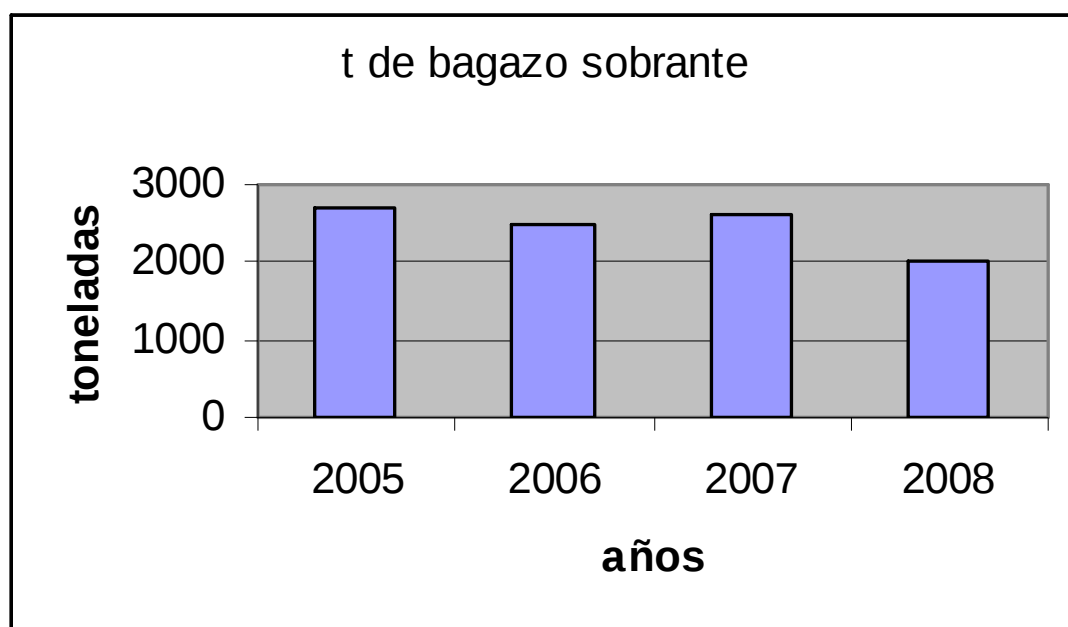
Fig. 4. Índice de generación en los últimos 4 años.



Fuente: Información Interna de la entidad.

La Fig. 5 muestra el comportamiento del bagazo sobrante en las últimas cuatro zafras por caña molida . En la misma se puede apreciar cómo se han ido reduciendo estos valores a medida que se ha ido deteriorando el área de generación de vapor.

Fig. 5. Toneladas de bagazo sobrante en los últimos 4 años



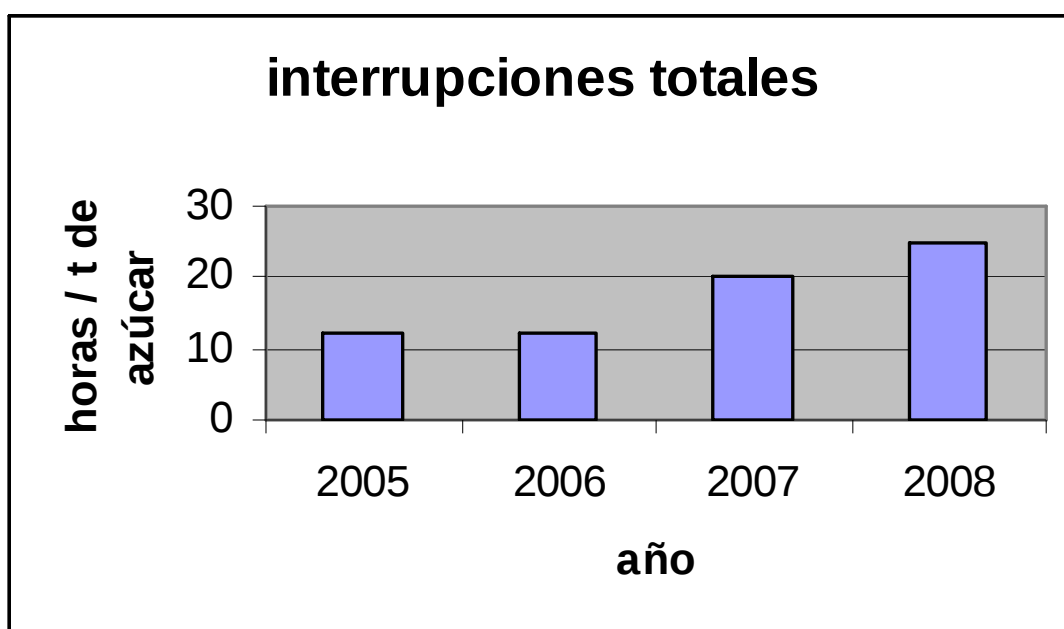
La Fig. 6 muestra que los sobrantes de bagazo sin utilizar (prácticamente se botan o se queman innecesariamente) están en el orden de las mil quinientas toneladas.

Fig. 6. Bagazo sin uso final en los últimos 4 años.



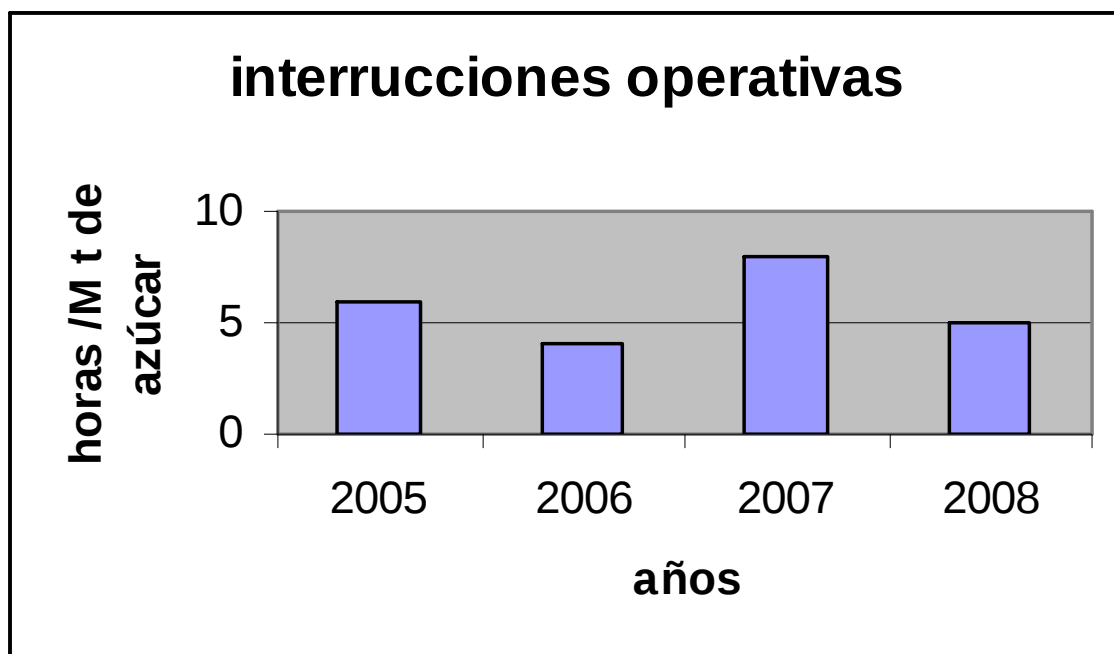
La Fig. 7 muestra las horas de parada / MTM de azúcar producido en las últimas cuatro zafras, hay prácticamente un aumento sostenido.

Fig. 7 Interrupciones totales



Las interrupciones operativas se han comportado inestablemente altas., causado fundamentalmente por llenura de la casa de bagazo y malas operaciones (Fig 8.)

Fig.8. Interrupciones operativas



En la Fig. 9 y la Fig. 10, se muestra la tendencia de las interrupciones por rotura que son altas pero son menores que las interrupciones operativas. y la frecuencia de rotura total que se muestra en ascenso continuo.

Fig. 9 interrupciones por rotura

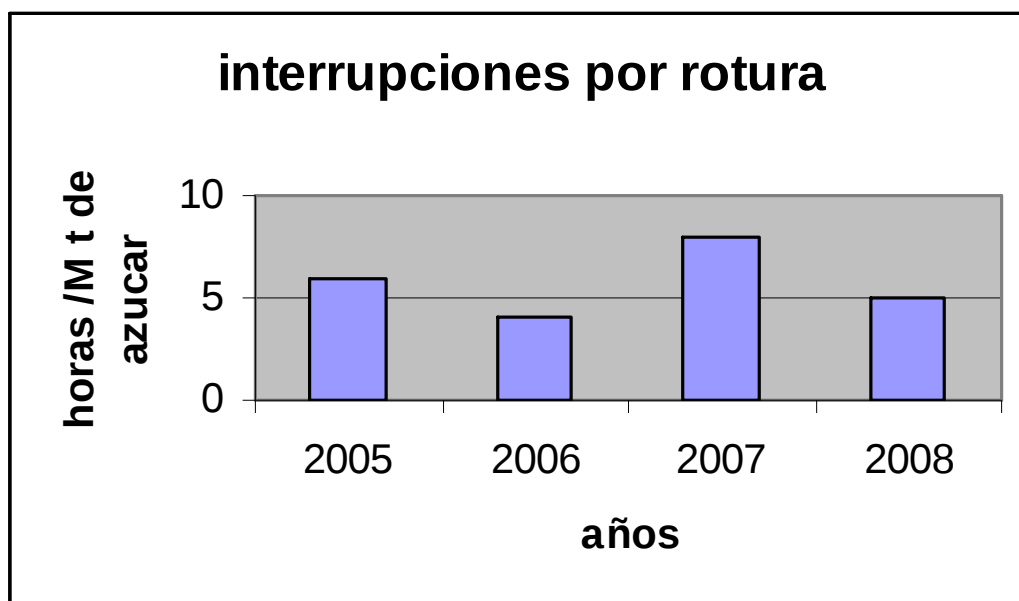
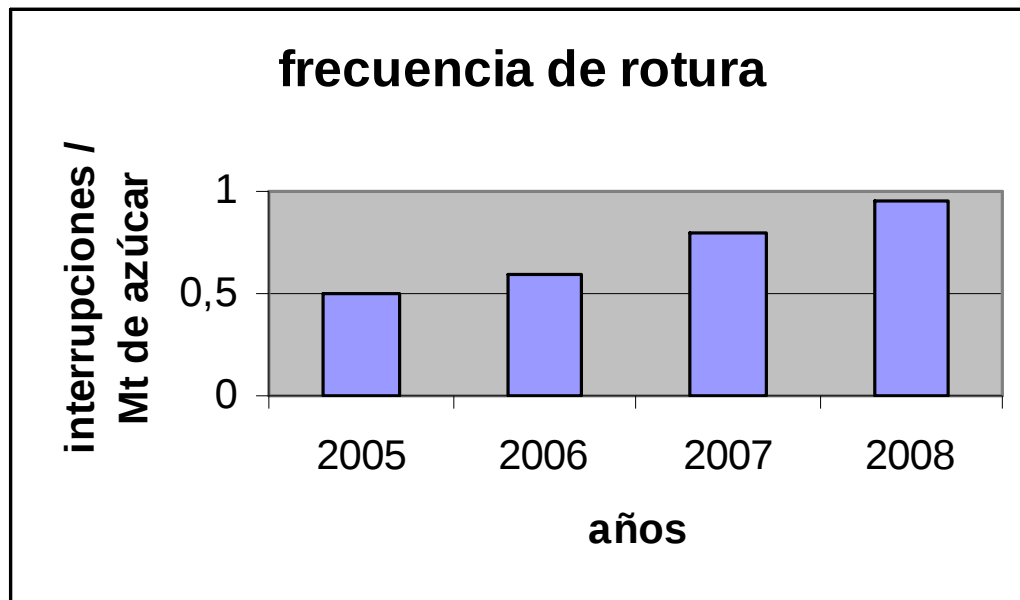


Fig. 10 Interrupciones por rotura



Los objetivos que se plantean a largo plazo con esta área son los siguientes:

1. Garantizar la participación del ingenio en próximas zafras con molidas por encima de 4025 t/día.
2. El aumento de la generación de electricidad para entregar al SEN 3 MW en toda la zafra.
3. Lograr una estabilidad termo energética en el ingenio para con las condiciones tecnológicas que quedarán listas este año, garantizar rendimientos industriales por encima de 11,4.
4. Lograr una producción estable de bagazo para su venta.
5. Introducir mejoras energéticas para la futura introducción de mayores presiones de trabajo obteniendo excedentes adicionales de energía eléctrica.
6. Contribuir al mejoramiento del medio ambiente mediante la disminución de la emisión de inquemados y CO₂ por la chimenea.

2.1.1 Situación actual de la instalación.

Generación de Vapor

Una Caldera Reto 60-18. Buen estado técnico. La Fig. 11 muestra el diseño de esta caldera.

Una Caldera Retal 45-18. Estado Técnico malo. Se plantea su reparación capital.

Otros índices de interés

❑ Molida Plan Actual	4025 T/día
❑ Demanda eléctrica del ingenio.	5 MW
❑ Capacidad Instalada	8 MW
❑ Capacidad subutilizada	3 MW
❑ Demanda Vapor Proceso	0.48-0,50 Tv/Tc
❑ Pérdidas en el Sistema	8-12 T/h
❑ Demanda Total de Vapor Fábrica	92-96 T/h
❑ Consumo Específico Planta Eléctrica	10.5 Tv/kw
❑ Bagazo sobrante actual	5-8 T/h

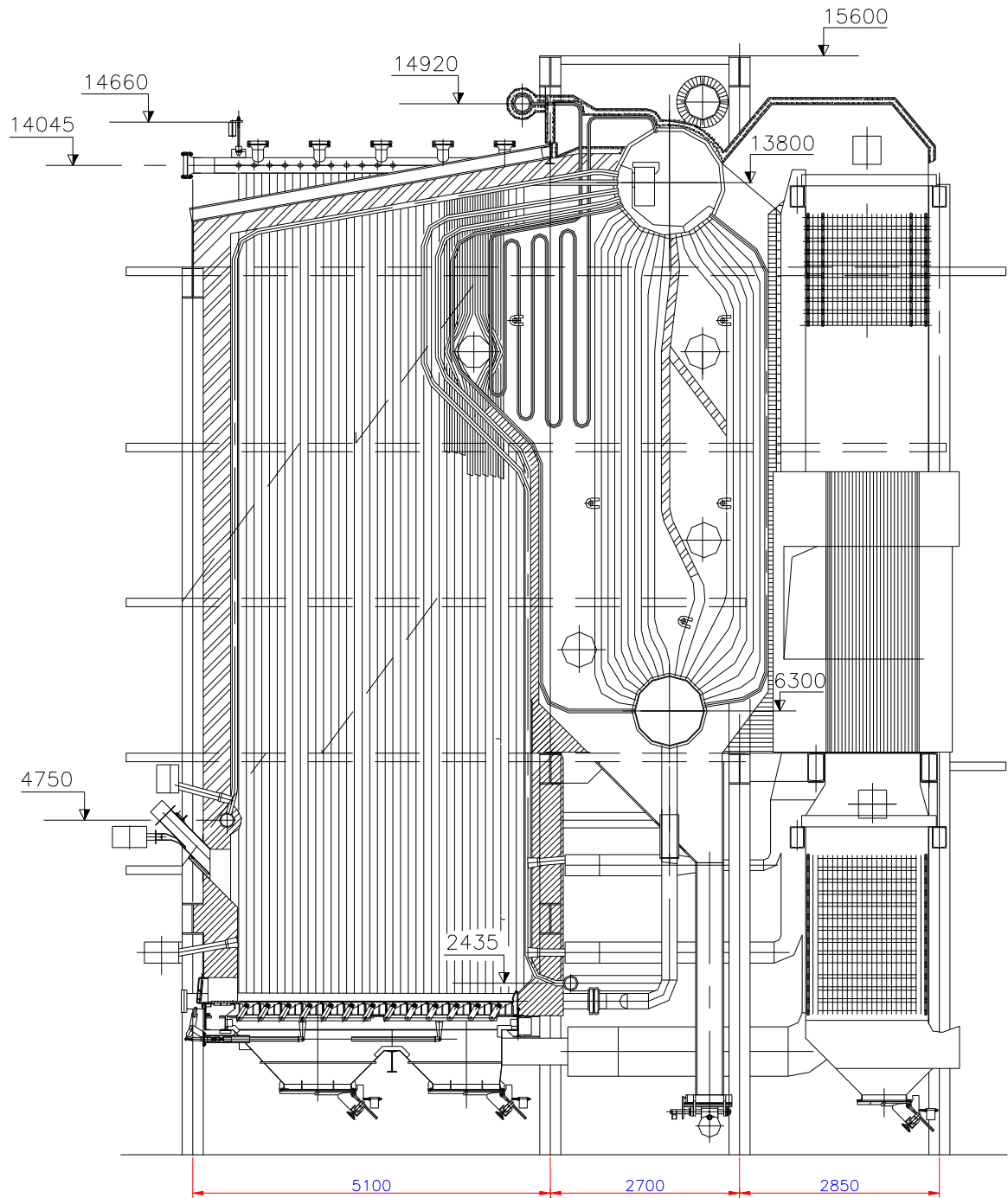
2.1.2 Características fundamentales del Bagazo como combustible biomásico en el área de generación.

El bagazo es un combustible biomásico de alto uso energético en los países productores de azúcar de caña.

La estructura del bagazo esta en dependencia de muchos factores que van desde los climatológicos hasta el tipo de variedad, pasando por el tipo de cepa, edad, época, tipo de suelo, fertilización, etc.

El contenido de humedad, la densidad y su estructura granulométrica son los factores que tienen gran influencia en la utilización del bagazo como combustible.

Fig. 11. Caldera Reto de 60 t /h



Composición elemental del bagazo.

Análisis elemental (% en peso) (Luis Pérez Garay 1999).

Tabla 11

Elementos	Base seca (%)	50 % humedad
Carbón (C)	48,0	24,6
Hidrogeno (H)	6,2	3,1
Oxigeno (O)	41,3	20,65
Nitrógeno (N)	0,3	0,15
Azufre (S)	0,2	0,10
Ceniza (A)	4,0	2,0
Agua (H ₂ O)	0,0	50,0

Análisis aproximado (% en peso)

Tabla 12

	Base seca (%)
Materiales volátiles	81,2
Carbono fijo	14,9
Ceniza	3,9
Humedad	0,0

Poder calórico superior base seca:4 699 Kcal / Kg.

Poder calórico superior (50 % humedad)2 300 Kcal / Kg.

Poder calórico inferior (50 % humedad)1 780 Kcal / Kg.

El contenido de ceniza referido en la tabla 1 es uno de los parámetros que más varia en la composición del bagazo ya que su magnitud se ve afectada por el tipo de cosecha manual o mecanizada, así como del régimen de lluvia y de la cosecha.

Composición química del bagazo.

El bagazo esta constituido por materiales lignocelulo secos que conforman las paredes de las celdas, con humedad absorbida y condensada, varios extractivos y algunos componentes minerales. Esos componentes pueden variar para diferentes partes y especies de plantas.

Para el bagazo la composición media suele estar en entorno a los siguientes valores

(Tesis del candidato) literatura 1

Celulosa 25 - 45 %

Lignina 10 - 30 %

En la tabla 1.3 se refleja la composición de algunas especies legnocelulósica (Shafizadeh F...1993) literatura 2

Composición de algunas especies legnocelulósica según (Shafizadeh F.1993)

Tabla 13

Especie	ceniza	Solvente	agua composici ón	Legneno	Hemicelulo sa	Celulosa
Madera dura	0,3	3,1		19,5	35,0	39,0
Bagazo	2,3	8,4	10,0	18,0	29,0	33,6

La forma principal de la heme celulosa es el ácido 4 - 0 metil - gloctonico (Xileno) conteniendo unidades D- Xilosa y la principal de la legnenia con unidades de propano guayacil (teniendo un grupo Metoxil).

Mientras que las polisacáridos que constituyen la celulosa y Hemicelulosa deben ser convertidos a unidades de azúcar con diferentes grados de facilidad, una despolimerización o desagregación relativamente uniforme se logra con la ligera debido a la presencia de

diferentes grupos C - C y C - O y la tendencia de la molécula a mas condensación bajo tratamiento físico o químico.

Los métodos físicos proveen de una gran oportunidad a los procesos rápidos como control catalítico lecho fluidizado y otra moderna tecnología.

Granulometría del bagazo.

La granulometría del bagazo puede variar de trozos de 100 mm de largo hasta polvo de menos de 0,25 mm de diámetro, lo que esta en dependencia de la estructura anatómica y del sistema de preparación de la caña en la fabrica.

Es muy importante conocer la granulometría del bagazo ya que esta no permite desarrollar sistemas de combustión y alimentación que permitan mantener una distribución homogénea del combustible en la parrilla. Ya sea neumático, mecánico o combinado así como determinar la posición de los sistemas de toberas y la velocidad de aire en cada punto que nos permita mantener las partículas del combustible el tiempo necesario en el horno para su combustión total.

De acuerdo a la experiencia internacional los sistemas de combustión pueden dividirse en tres categorías.

I.-Para una distribución de tamaño de partículas en el que el 100 % de la misma sea menor de 1,5 mm con humedad menor de 10 % se puede lograr combustión total en suspensión.

II.-Para granulometría variable con partículas finas hasta pedazo con dimensiones aproximada de 32 x 75 mm resultando muy adecuado sistemas spreader stoker en cualquiera de sus variantes (Horno de parrilla estacionaria Pinhole, horno de parrilla vasculante, horno de parrilla viajera, horno de parrilla vibratoria, etc.)

III.-Si la granulometría abarca un aspecto amplio como el caso II pero los tamaños masicos superiores 32 x 75 mm entonces resulta mas apropiado utilizar sistemas de quemar en masa lo que se caracteriza por sus bajos valores de la tensión térmica o liberación de calor específico.

Entre estos sistemas se destacan.

- Combustión en pila (celda refractaria).

- Parrilla (-----)
- Parrilla de rodillo (-----)
- Parrilla reciprocante de desplazamiento positivo.
-

2.1.3 El aire en el proceso de combustión.

El aire es uno de los flujos determinantes en el proceso de combustión ya que es el encargado de aportar la cantidad de oxígeno necesario para que el proceso se produzca.

El volumen de aire teórico es la cantidad de aire necesario para la combustión de 1 kg de combustible. En la práctica para poder garantizar la combustión completa del combustible es necesario garantizar un volumen de aire mayor que el teórico, a lo que llamamos exceso de aire que no es más que la reacción del volumen de aire real y el teórico.

El volumen de aire real se divide en aire primario y secundario. El volumen de aire primario es el que se introduce por debajo de la parrilla y tiene como objetivo garantizar el oxígeno necesario para la combustión del combustible que se quema en el lecho (residuo carbonoso).

El volumen de aire secundario es el que se introduce en el volumen del horno y su objetivo es garantizar el oxígeno necesario para la combustión de los productos volátiles y las partículas pequeñas que queman en suspensión ; es por ello que la determinación de que el % de aire que se introduce como aire primario y que % como secundario así como superar el primario y secundario es uno de los aspectos mas importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar nuestro esquema de combustión y que depende de la cantidad de combustible que se quema en la parrilla (residuo carbonoso) y del % de volátiles que aporta el combustible que reacciona en el volumen del horno.

2.1.4 Influencia de los volúmenes de aire en la temperatura y otros parámetros de la caldera.

En el trabajo los experimentos realizados en el CEDER Oliva Deny determinó como se comporta la temperatura en diferentes puntos de la cámara en dependencia de los volúmenes de aire. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores en caldera que queman bagazo en parrillas.

Los expertos han determinado que a medida que el el aire primario aumenta la temperatura en esta zona disminuye, esto se debe a que independientemente que hay mayor cantidad

de oxígeno que favorece la combustión de los residuos carbonosos se necesita mayor cantidad de calor para el calentamiento de aire que se introduce, que aunque cierto precalentamiento la diferencia de temperatura con la temperatura del lecho es muy grande.

También, a medida que el volumen de aire secundario aumenta la temperatura en la parte inferior de la cámara también aumenta. Esto verifica que en esta zona se produce la combustión de los volátiles liberados en el proceso de desvolatilización los que se ven fuertemente favorecidos por la disponibilidad de oxígeno.

Es importante mantener una relación de aire primario- aire secundario adecuada para garantizar niveles de temperatura adecuada en la cámara.

Otra experiencia realizada por Dixon (1983) en Australia en una caldera típica bagacera encontró que había un aumento significativo en las emisiones de CO y de in quemados cuando se disminuye o se elimina el flujo de aire secundario.

Para tener una tabla general del comportamiento de una caldera en dependencia del exceso de aire para una generación constante.

2.1.5 Importancia del aire secundario en la distribución del combustible en el horno.

El volumen de aire secundario como se ha demostrado es determinante en la eficiencia de la combustión desde el punto de vista térmico, sin embargo poco se habla del papel que puede desempeñar una concreta ubicación de los flujos de aire secundario en la distribución del aire en el horno.

Como es conocido en la actualidad se usan 3 formas fundamentales para la alimentación del combustible en el horno:

- 1- Lanzada mecánica
- 2- Lanzada neumática
- 3- Lanzada combinada (neumático mecánico).

Como se analizo en el Capitulo 1 el bagazo que va a la caldera presenta una granulometría y densidad no uniforme en dependencia de varios factores, por lo que lograr una distribución homogénea en el horno es una tarea engorrosa.

Con los lanzadores mecánicos las partículas de mayor peso tienden a dirigirse a la parte trasera del horno mientras las mas livianas tienden a dirigirse a la parte frontal todo lo contrario al lanzador neumático. Esto trae como consecuencia que en la zona donde se acumulan las partículas mas pequeñas el proceso de combustión es mas rápido provocando que la resistencia del flujo de aire primario en esta zona sea menor atrayendo hacia esta zona mayor cantidad de aire que al aumentar provoca cráteres por donde escapa gran cantidad de aire (sin aportar el oxígeno necesario en el lecho y arrastrando gran cantidad de partículas fuera de los límites del horno).

En la parte donde se acumulan las partículas de mayor peso se va produciendo una pila ya que no hay la suficiente cantidad de oxígeno para la combustión por lo que cuando se báscula la parrilla una gran cantidad de partículas de combustible sin haber logrado su total combustión se van con la ceniza aumentando la pérdida.

El uso de lanzadores combinados tienden a resolver este problema pero no en su totalidad. Es por ello que una correcta ubicación de los sistemas de toberas para aire secundario con volumen, presión y ángulo de ubicación adecuado permite que las partículas de bagazo se distribuyan de una forma adecuada en el horno. Además de fungir como barrera neumática para que las partículas no abandonen la zona de combustión sin haber logrado su combustión total.

2.2 Proceso de Mejora.

Etapas 2, Paso 3.

Se seleccionaron los expertos que de forma global:

2 Doctores en Ciencias Técnicas

5 Master en Ciencias

10 profesores de la Universidad

3 Ing. Industriales

8 que están vinculados a la industria azucarera.

La primera vuelta de los expertos se hizo teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico interno y todo el análisis realizado de los indicadores del comportamiento del sistema en cuestión se les pide los 10 principales problemas que a su juicio inciden en la calidad del producto.

Segunda vuelta de los expertos se obtuvo que existen diferentes posibilidades de mejoras, y para definir cuáles serán analizados.

Verificación de las causas más probables. El equipo de mejora revisó las causas posibles y seleccionó las seis más probables mediante una votación ponderada basada en la experiencia, se verificaron las mismas de manera independiente y se le establecieron las oportunidades de mejora, las cuales se muestran en el Anexo 3.

Planteamiento de oportunidades de mejora y definición de oportunidades.

Se procedió a priorizar las oportunidades de mejoras planteadas utilizando la herramienta UTI. Para cada una de las oportunidades se evaluaron los siguientes criterios del 1 al 10.

- Urgencia: Tiempo disponible en comparación con el necesario para realizar acciones de mejora.
- Tendencia: Consecuencias de tomar la acción sobre la situación.
- Impacto: Incidencia de la acción o actividad que se está analizando en los resultados de la gestión en determinada área.

La frecuencia se obtuvo a partir de la cantidad de votos de los expertos en sus secciones, y la prioridad fue definida por los mismos, teniendo en cuenta e total e importancia de sus votaciones.

2.2.1 Selección del personal para la determinación de los indicadores (Expertos).

En el proceso de determinación de los indicadores a medir en la Evaluación del Desempeño para esta unidad participaron algunos miembros del Consejo de Dirección Ampliado y especialistas con mayor calificación de las distintas áreas de la entidad (expertos).

Se seleccionó un método que permitiera evaluar las características que partiendo de la experiencia y el conocimiento humano puedan ser medidas, por lo que se hizo necesario el aporte de especialistas con suficientes conocimientos y dominio de los procesos en la empresa.

Los expertos fueron seleccionados en función de la complejidad, características del trabajo que desarrollan y el nivel de confianza que se debe obtener. Los expertos deben tener probada experiencia y conocimientos del aspecto que se va a evaluar, de manera que cada integrante del panel pondere según el orden de importancia, que cada cual entienda a criterio propio los indicadores de mayor relevancia.

El conjunto de expertos seleccionados originalmente es como sigue:

10 Profesores Universitarios

De ellos:

2 Doctores en Ciencias Técnicas.

5 Máster en Ciencias.

5 Ingenieros industriales

8 vinculados a la Agroindustria Azucarera

Es por lo tanto que se escoge el Método Delphi y de esta forma realizar el trabajo en el Grupo de Expertos y el Método del Coeficiente de Kendall para buscar la concordancia entre el criterio de los expertos, realizándose las adecuaciones necesarias para este estudio.

Se calculó el número de expertos que como mínimo hacen falta por la fórmula siguiente:

$$M = \frac{P * (1 - P) * K}{I^2} = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 6.6564}{0.10^2} = 6.5898 \approx 7 \text{ (Expertos como mínimo)}$$

Donde:

P = 0.01 (Error mínimo que se tolera en el juicio de los expertos)

$K = 6.6564$ (Para un nivel de confianza del 99 %)

$I = 0.1$ (Nivel de precisión que se asumió).

Según la aplicación de la fórmula para el cálculo de la cantidad de expertos, como mínimo se obtuvo un resultado de 7 expertos, pero se seleccionaron 9, ya que se recomienda emplear de 9 a 25 expertos (**Pons 2006**). Se analizaron los expedientes laborales, comprobaron las responsabilidades desempeñadas, cursos recibidos, superación recibida, años de experiencia en la profesión y su especialidad de graduación.

2.2.2 Indicadores seleccionados en la tormenta de ideas.

Para la determinación de los Indicadores a medir en la Evaluación del Desempeño y poder aplicar este método se realizó una tormenta de ideas y de ella obtuvo como resultado una recolección rápida de ideas con los siguientes indicadores (Ronda 1):

1. Temperatura de agua de alimenta baja.
2. Alta humedad en el bagazo.
3. deterioro de la Caldera retal.
4. Mal aislamiento térmico.
5. Caída de presión en la tubería de salida de vapor directo.
6. Mala combustión en la caldera Reto de 60 t / día.
7. Mala distribución de aire en el horno de la caldera reto.
8. Insuficiente capacidad de la casa de bagazo.
9. Malas operaciones.
10. Malas condiciones técnicas de la estación de suministro de agua cruda.

11. Malas condiciones del sistema de agua de retorno.

12. Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno.

Reducción del listado de Indicadores (Ronda 2).

En la segunda ronda los expertos precisaron los 10 problemas más importantes según lo siguiente:

1. Temperatura de agua de alimenta baja.
2. Deterioro de la Caldera retal.
3. Mal aislamiento térmico.
4. Caída de presión en la tubería de salida de vapor directo.
5. Mala combustión en la caldera Reto de 60 t / día.
6. Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto.
7. Malas operaciones.
8. Malas condiciones técnicas de la estación de suministro de agua cruda.
9. Malas condiciones del sistema de agua de retorno.
10. Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno

Los expertos plantearon las siguientes condiciones:

Se elimina la humedad del bagazo porque se resuelve con capacitación y exigencia en el tandem de molinos.

Se elimina la insuficiente capacidad del almacenamiento de bagazo porque ese problema se resuelve con la activación del sistema de desmedulado y empaque y con un tiro estable de bagazo a granel.

Los expertos unieron sus ideas y llegaron a un consenso, después de ver las discrepancias que existían entre sus criterios, luego de realizado el método Delphi, se determinaron los indicadores a procesar en el método Kendall con una concordancia entre los expertos mayor que 0,6. Los indicadores son los siguientes:

La Tabla 14 muestra la matriz diseñada para el criterio de los expertos:

Tabla 14 Matriz de criterios de los expertos sobre los indicadores que más influyen.

Criterio	Experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Temperatura de agua de alimentar baja.										
2. Deterioro de la Caldera Retal.										
3. Mal aislamiento térmico.										
4. Caída de presión en la tubería de salida de vapor directo.										
5. Mala combustión en la caldera Reto de 60 t / día.										
6. Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto.										
7. Malas operaciones.										
8. Malas condiciones técnicas de la estación de suministro de agua cruda.										
9. Malas condiciones del sistema de agua de retorno.										
10. Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno.										

Luego se pasó a aplicar el método del coeficiente de Kendall, para priorizar los criterios del grupo de expertos con conocimientos de los indicadores sometidos al estudio, de manera que cada integrante del panel realice ponderaciones según el orden de importancia que cada cual entienda de acuerdo con su criterio propio.

Para realizar los cálculos de acuerdo al coeficiente de Kendall, se elaboró una tabla donde aparecen los indicadores más relevantes expuestos por cada y la cantidad de expertos que emiten su criterio. Posteriormente se obtuvo la suma de los criterios de los expertos sobre cada producto ($\sum A_i$).

Se calculó el valor del término T , el cual, además de servir para poder determinar la desviación del criterio del grupo de expertos, resulta ser el criterio de comparación que se utiliza para seleccionar los indicadores que se desean obtener, resultando ser $T = 47,1$. Posteriormente se procedió a la realización de los cálculos de la desviación (Δ) y la

desviación cuadrática (Δ^2) de los criterios de los expertos sobre los indicadores, los cuales se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Criterios de los expertos (evaluación)

1. Temperatura de agua de alimenta baja.	3	2	4	3	3	4	4	2	3
2. Deterioro de la Caldera retal.	2	1	2	2	2	3	2	4	2
3. Mal aislamiento térmico.	5	5	5	5	5	5	5	3	6
4. Caída de presión en la tubería de salida de vapor directo.	7	7	8	8	6	6	8	6	7
5. Mala combustión en la caldera Reto de 60 t / día.	4	4	3	6	1	2	1	5	5
6. Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto.	6	6	6	4	7	5	6	7	1
7. Malas operaciones.	8	8	7	7	8	8	7	8	8
8. Malas condiciones técnicas de la estación de suministro de agua cruda.	9	10	8	9	9	7	9	9	6
9. Malas condiciones del sistema de agua de retorno.	10	9	9	10	10	9	8	10	9
10. Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno	1	3	1	1	4	1	3	1	4

Los indicadores a medir, fueron elegidos por tener un valor de $\sum a_i < T$ y se determinaron con un coeficiente de concordancia entre los expertos de 0,673, lo que equivale a decir, que existe concordancia de criterios entre todos los miembros que conforman el panel de experto, por lo que el estudio realizado es confiable.

Los indicadores calculados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Cálculo de los indicadores

	Rango de importancia														
Experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum A_i$	T	$\sum A_i - T$	Δ	Δ^2	w
Indicadores															
1. Temperatura de agua de alimenta baja.	3	2	4	3	3	4	4	2	3	28	2,8	25,2	-21,1	445	
2. Deterioro de la Caldera retal.	2	1	2	2	2	3	2	4	2	20	2	18	-29,1	847	

3. Mal aislamiento térmico.	5	5	5	5	5	5	5	3	6	44	4,4	39,6	-5,1	26	
4. Caída de presión en la tubería de salida de vapor directo.	7	7	8	8	6	6	8	6	7	63	6,3	56,7	13,9	193	
5. Mala combustión en la caldera Reto de 60 t / día.	4	4	3	6	1	2	1	5	5	31	3,1	27,9	-18,1	328	
6. Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto.	6	6	6	4	7	5	6	7	1	48	4,8	43,2	-1,1	1,21	
7. Malas operaciones.	8	8	7	7	8	8	7	8	8	69	6,9	62,1	19,9	396	
8. Malas condiciones técnicas de la estación de suministro de agua cruda.	9	10	8	9	9	7	9	9	6	76	7,6	68,4	26,9	724	
9. Malas condiciones del sistema de agua de retorno.	10	9	9	10	10	9	8	10	9	84	8,4	75,6	34,9	1218	
10. Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno	1	3	1	1	4	1	3	1	4	19	1,9	17,1	-30,1	906	
	5,1	5,7	5,6	5,5	6	5,6	6	6,3	6,6	479		4,79		5443,3	

47,9

0,9

m 9
k 10

2.3 El impacto ambiental de la generación por bagazo.

Para evaluar el impacto ambiental de la obtención de energía de forma renovable a partir la caña de azúcar, puede utilizarse el siguiente conjunto de condiciones:

- Σ residuos = 0
- Σ energía = 0
- $\text{CO}_2 < 0$
- Σ combustibles fósiles = 0

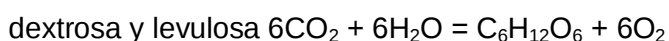
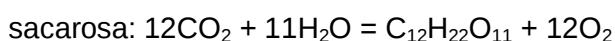
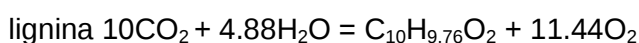
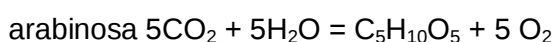
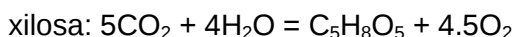
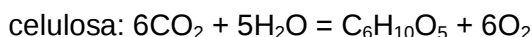
Para el análisis del cumplimiento de estas condiciones en el caso de la caña de azúcar, se seleccionó un esquema de producción combinado de azúcar, alcohol, biogás y energía

eléctrica, cuyo impacto ambiental en términos de emisión-fijación de CO₂, así como el balance de energía (entrega-demanda) se presenta y discute a continuación.

Formación de biomasa en la caña azúcar El nivel de fijación total de CO₂ durante la formación de la biomasa cañera, está dado por dos contribuciones: partes aéreas (tallos, cogollos, hojas) y raíces, en tanto su magnitud depende de la composición y del aporte a la biomasa total de la planta de cada una de las partes.

Sin embargo, considerando la complejidad del proceso de fotosíntesis puede proponerse un modelo de primera aproximación para estimar la fijación de CO₂, cuyas hipótesis son:

- la composición vegetativa de la caña en términos de materia seca es: 70 caña molible, 19% cogollo y paja y 11% raíces.
- la composición de las diferentes partes de la planta se considera homogénea y se corresponde con los índices mostrados en la Fig. 2.
- la formación de cada compuesto se supone independiente de los restantes, lo que permite caracterizar la formación de la biomasa mediante las siguientes ecuaciones:



A partir de estas ecuaciones y la composición de este cultivo, es posible establecer que el nivel de fijación de CO₂ (tabla 17) es de (11.96) 12 moles/tm de biomasa de caña formada (tallos, hojas), que expresado en condiciones normales representan 267.98 Nm³.

Tabla 17. Índices de fijación de CO₂ en la formación de biomasa cañera

Elemento	peso molecular (UMA)	peso del compuesto por	CO ₂ fijado (kg)
----------	----------------------	------------------------	-----------------------------

	compuesto	CO ₂ fijado	tonelada de caña integral (kg)	
Celulosa	162	264	86.5	140.9
Xilano	148	220	31.4	46.7
Arabino	150	220	7.8	11.5
Lignina	161.76	440	31.4	85.5
Sacarosa	342	528	140.4	216.8
Dextrosa	180	264	10.1	14.8
Levulosa	180	264	6.7	9.8
□	-----	-----	----	526.3
# moles	-----	-----	----	11.96

Nótese, que al considerar el aporte a la fijación de CO₂ de la raíz del cultivo, el índice anterior se incrementa a 13.48 moles/tm de caña integral, lo que representa 302.0 Nm³.

Emisiones de CO₂. Las operaciones del proceso de producción de azúcar seleccionado que provocan emisiones de CO₂ al medio ambiente, pueden agruparse en las categorías de impacto siguientes: las que representan un aporte neto al nivel de CO₂ en la atmósfera al provenir del empleo de combustibles fósiles como son la cosecha, transportación, fertilización y uso de plaguicidas y herbicidas, y las asociadas al proceso fabril azucarero, donde la fuente de energía es el bagazo y las emisiones de CO₂ están compensadas por la fijación del mismo por el cultivo. A continuación se presentan los resultados de ambas vertientes para el caso de estudio seleccionado.

Emisiones de CO₂ en la cosecha.

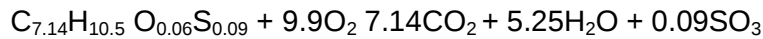
Una forma de cuantificar la contribución al nivel de CO₂ por esta causa, es la siguiente:

- determinar la cantidad de petróleo equivalente (P_{eq}) que requieren estas actividades (tabla 18).

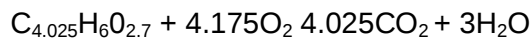
Tabla 18. Cantidad de petróleo equivalente para las actividades de cosecha

Actividad	Cantidad (kg/tm)	valor calórico (MJ/kg)	P _{eq} (kg)
Transportación y fertilización	6.0	39.7	6.0
Herbicidas y pesticidas	0.154	229.33	0.89

- calcular cuánto representa en términos de emisión de CO₂ la combustión del petróleo (fuel oil) cuya composición es: C:85.7%; H:10.5%; O:0.92% y S: 2.8% [24]. Si los índices porcentuales anteriores se dividen por el peso atómico respectivo (C :12 ; H :1; O :16; S:32) se obtiene la composición empírica de éste, a partir de la cual se puede establecer la siguiente ecuación de reacción, donde se aprecia que por cada kg de petróleo se emiten 7.14 kg de CO₂.



para el bagazo es la siguiente ecuación:



De lo anterior se obtiene que la cantidad de CO₂ emitido durante la combustión del bagazo es de 0.885 kg de CO₂/kg de bagazo 50% humedad.

Conclusiones parciales:

1. De los 12 criterios de posibles mejoras, sólo seis fueron clasificadas para el Proceso.
2. Uno de los principales problemas que afectan a las calderas es la mala combustión, lo que trae como consecuencia una baja eficiencia.

Capítulo 3. Plan de Mejoras.

En el capítulo anterior se determinó que fueron seis criterios de Mejoras los que se determinaron al aplicar las técnicas. A continuación elaboraremos la justificación teórica de cada una de ellas.

3.1 Mala combustión en la caldera Reto.

El equipo de Mejoras y los expertos consideran que para lograr una correcta combustión del bagazo es importante no solo la cantidad de aire secundario que venga dado por los requerimientos cuantitativos esquemáticos de la combustión, si no también los puntos donde se debe inyectar estos flujos para lograr que en todo momento el bagazo este en contacto

con el aire y que en todos los puntos donde se produce la combustión exista la cantidad de oxígeno necesario.

Que la zona donde se produce la combustión de los volátiles esta ligeramente por encima de la alimentación del combustible, esto quiere decir que en esta zona existe gran demanda de oxígeno en proporción a la cantidad de volátiles contenidos en la composición del combustible. Por debajo de la alimentación se produce otro desprendimiento de volátiles y su combustión (los mas pesados y el RCO) y comienza la gasificación de los residuos carbonosos, esto indica que en esta zona se produce una gran demanda de oxígeno para intensificar este proceso.

Es necesario recalcar que el proceso de desvolatilización y combustión de los volátiles debe ser un proceso rápido pues cuando este proceso ocurre el desprendimiento de volátiles del interior de las partículas a la superficie se convierte en una barrera que imposibilita la difusión del oxígeno hacia el interior de las partículas.

Por lo anteriormente planteado es muy importante que cuando el residuo carbonoso llegue al lecho de combustible todo el proceso de desvolatilización haya transcurrido para que el aire primario que se introduce por debajo de la parrilla no encuentre dificultad en ponerse en contacto con el combustible.

Por las razones antes expuestas se considera que esta mejora puede estar asociada a la mala distribución de aire que es otra de los criterios seleccionados en la encuesta a los expertos, por lo que pueden resolverse ambos problemas con un nuevo diseño de toberas que serán explicados en el punto 3.2.

3.2 Mala distribución de aire en el horno de la caldera Reto de 60 t / día.

Esto puede resolverse mediante un nuevo sistema de toberas para mejorar la combustión y disminuir las pérdidas por arrastre y sus efectos contaminantes.

Esto puede realizarse sin introducir una nueva forma de combustión del bagazo, si no, a la forma actual, introducirle algunas variaciones en el número y disposición de las toberas, relación de aire primario - aire secundario así como en los parámetros del aire secundario (presión y temperatura). Con el fin de lograr:

- 1- Mejor distribución del aire sobre parrilla para evitar que se produzcan pilas y zonas muertas en la parte trasera y delantera de la misma (Toberas situadas en la parte inferior de la pantalla frontal y trasera).
- 2- Lograr una mejor mezcla aire-combustible, y que éste proceso se realice en todo el volumen del horno donde se produce la combustión (toberas situadas en la pantalla frontal y trasera tanto superiores como inferiores).
- 3- Crear una barrera neumática que disminuya considerablemente el arrastre de las partículas que no logran combustionarse, para aumentar su tiempo de permanencia en el horno y así lograr su combustión, evitando de ésta forma que sean arrastradas por el flujo de gases fuera de la caldera (Toberas situadas en las paredes laterales).

Son muchos los factores que influyen en el aumento que se ha producido en la cantidad de partículas que son arrastrados fuera de la caldera por el flujo de gases, provocando una disminución de la eficiencia de las calderas así como un aumento en el % de partículas que pasan al medio ambiente. Entre estos factores podemos señalar:

- 1- Mejoras introducidas en el proceso de preparación de la caña con el objetivo de disminuir las perdidas en azúcar, obteniéndose un bagazo mas fino y más húmedo que no quema bien en nuestra calderas (Con los sistemas actuales de distribución de aire) por lo que se produce un incremento considerable en el % de arrastre.
- 2- Relación y distribución poco efectiva del aire primario y secundario.
- 3- Deficiencia en los sistemas de controles que no permiten mantener la relación de aire-combustible necesaria para una combustión eficiente.
- 4- Poco o ningún control de la cantidad de bagazo que realmente quema cada caldera, factor éste que imposibilita saber que cantidad de aire se debe suministrar.
- 5- Problemas de operación que imposibilitan mantener un proceso de combustión óptimo.

Teniendo en cuenta los factores antes mencionados y el análisis de muchos trabajos que se han realizados con vista a elevar la eficiencia de la combustión y disminuir los % de arrastre, proponemos un nuevo sistema de toberas para instalar en las calderas existentes , así como la que se instalaran en el futuro.

Para el Dimensionamiento de los conductos de aire y las toberas, así como para la selección del número de tobera se parte de las siguientes premisas:

1. El volumen de aire a inyectar por las toberas y los lanzadores (aire sobre parrilla) debe estar entre 30-40 % del aire total que se suministra a la caldera.
2. El exceso de aire a la salida del horno y la caldera se toma 1,4 y 1,6 respectivamente.
3. La sección transversal de los conductos debe calcularse para lograr una velocidad del aire entre 11 y 15 m/s.
4. La velocidad del aire a la salida de las toberas debe estar entre 50 y 70 m/s
5. Las toberas se construyen de hierro fundido y sus dimensiones están estandarizadas por ICINAZ..
6. La altura donde se sitúan los niveles de toberas se toman a partir del nivel de la parrilla,
7. Todos los conductos de aire deben diseñarse para que se produzcan la menor cantidad de perdidas posible y deben tener compuerta de regulación.
8. Los conductos de aire deben ser preferiblemente de sección variable para lograr una mejor distribución del aire, esto depende de las posibilidades reales de cada central.

Es preciso destacar que los cálculos y el diseño de los conductos se realizan de tal forma que cuando se trabaja tanto con aire caliente como con aire frío las velocidades en los conductos (11—15 m/seg.) y en las toberas (50—70 m/seg.) se mantengan dentro de estos rangos.

A continuación se da la distribución de las toberas en las pantallas y las características de los conductos y los parámetros del aire.

Tabla 19. Distribución de las toberas en las pantallas y las características de los conductos y los parámetros del aire.

Niveles de toberas	unidad	Pantalla trasera		Pantalla frontal		pantallas laterales		Lanzador neumático
		nivel superior	nivel inferior	nivel superior	nivel inferior	Der.	Izq.	-----
Numero de toberas	Unidad	27	27	30	30	14	14	-----
Altura a partir de la parrilla	Mm	2130	1000	2460	600	3200	3200	1650
Paso entre toberas	Mm	300	300	250	250	250	250	-----
Angulo de inclinación	Grado	-10	0	-25	+15	0	0	-----
Por ciento de aire	%	12	13.5	13	13.5	8	8	32

Tabla 20. Características de los diferentes conductos y parámetros del aire.

Parámetro	Unidad	Pantalla trasera		Pantalla frontal		Pantallas laterales		lanzador neumático
		nivel superior	nivel inferior	nivel superior	nivel inferior	Der	Izq	-----
Volumen de aire por los conductos	m ³ /h	3011	3387	3261	3387	2007	2007	8029
Velocidad del aire a la salida de las toberas	m/s	53.5	60.2	52.2	54.2	68.8	68.8	-----

Velocidad del aire en los conductos	m/s	11	11	11	11	12	12	-----
Sección transversal de los conductos	m ²	0.077	0.077	0.083	0.083	0.046	0.046	-----

Tabla 21. Características de los diferentes conductos y parámetros del aire

Parámetro	Unidad	Pantalla trasera		Pantalla frontal		Pantallas laterales		lanzador neumático
		nivel supe	nivel inferí	nivel supe	nivel infer	Der	Izq	-----
Volumen de aire por los conductos	m ³ /h	3614	3614	3897	3897	1984	1984	9353
Velocidad del aire a la salida de las toberas	m/s	64.2	64.2	64.4	64.4	68	68	-----
Velocidad del aire en los conductos	m/s	13	13	13	13	12	12	-----
Sección transversal de los conductos	m ²	0.077	0.077	0.083	0.083	0.046	0.046	-----

La nueva distribución de aire propuesta, así como sus parámetros, está encaminada a mejorar el proceso de combustión, así como disminuir el arrastre de inquemados hacia el medio ambiente, influyendo positivamente en la lucha contra su contaminación, esta disminución de arrastre, a su vez incidirá positivamente, en el trabajo de los ventiladores de tiro inducido, así como en su vida útil.

Tabla 21. Costo de Mejora

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	10,6	0,3
Equipos	58,0	34,0
Otros	3,0	0,3

Resultados esperados:

1. Un aumento de la eficiencia de la caldera entre 2 y 5 %, por la disminución de las pérdidas por incombustión mecánica q_4 y química q_3 .
2. Disminuir el exceso de aire en el horno, al lograrse una distribución más efectiva del aire de combustión lo que permitirá disminuir el volumen de gases a la salida de la caldera, lográndose un incremento de eficiencia entre 1—2 %.
3. Reducir los efectos contaminantes medioambientales al disminuir la cantidad de partículas de inquemados que pasan a la atmósfera, así como la emisiones de CO_2 . En el caso de la caldera, donde el aire secundario se calienta, se logra disminuir las emisiones de CO_2 en aproximadamente 2473 T/zafra, y en la que se usa aire frío 3715 T/zafra, para un total de 6188 T/zafra.

Tabla 22. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	58,0	5,6
Equipos	8,6	5,3
Otros	5,6	0,5

3.3 Poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno.

Se refiere solamente a instalar un tanque de 1000 M³ con el cual se recolecte toda el agua de condensado que se quiera usar en la industria. Se estima que por este concepto pueda subirse la temperatura del agua de alimentar hasta 5 grados centígrados.

Tabla 23. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	15,3	5,6
Equipos	27,0	5,3
Otros	5,6	0,5

3.4 Temperatura de agua de alimenta baja.

Para resolver este problema se plantan las siguientes Mejoras:

Calentador líquido-líquido.

Permite una ganancia calórica adicional por obtener un incremento de 10 °C en el calentamiento del jugo crudo a partir de un agua que se enfriaba por contacto directo con agua de fuentes externas, cambiándose en este caso por enfriamiento de superficie a través del jugo frío y el agua condensada a 95 °C que cae hasta 75 °C, lista para ser utilizada como imbibición. Logra el doble propósito de ahorro de agua y energía, evitando el incremento del volumen de efluentes.

Tabla 24. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	15,0	0,4
Equipos	24,0	2,0
Otros	2,0	0,2

Equipo para la recuperación de agua y calor de la extracción continua

El agua procedente de la extracción continua de las calderas, normalmente desperdiciada y vertida al medio, con algunas excepciones, con un flujo que corresponde entre 2 y 15 % entre los valores extremos, es introducida a este equipo, el cual posee excelentes condiciones de diseño para conseguir buen comportamiento en la expansión y evaporación a menores presiones. Logra recuperar e incorporar al proceso 0,7 al 1,0 % del vapor total generado, como vapor y como agua de magnífica calidad, además de medir, concentrar en un solo punto el agua de todas las extracciones y propiciar la utilización del resto del agua nuevamente al proceso tecnológico en diversos usos, evitando su vertimiento al medio.

Tabla 25. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	6,0	0,4
Equipos	26,0	2,0
Otros	3,0	0,2

Tabla 25. Deterioro de la Caldera Retal de 45 t / h.

El Equipo de Mejoras y los Expertos consideran que esta caldera requiere una reparación capital, con los nuevos conceptos que se ha desarrollado el ICINAZ para este tipo de tecnología.

Los trabajos a realizar son:

1. Sustituir 50 t de tubos de pantallas, conductos y equipos secundarios.
2. Reparar paredes laterales derecha e izquierda con grandes grietas.
3. Reparar pared trasera con grietas.
4. Reparar y activar el sistema de las maquinas sopladoras de hollín.
5. Reparar techo y paredes del horno.
6. Cambiar tuberías. Cambiar todas las mochetas de las válvulas de seguridad
7. Reponer el sistema de control.
8. Amiantar las tuberías, sobrecalentador, intermedia y colector de vapor principal.
9. Mejorar la instrumentación del cuarto de control de las calderas.
10. Instalar la dosificación de las calderas individual.

Tabla 26. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	350,0	38,0
Equipos	550,0	358,0
Otros	38,0	2,7

3.6 Mal aislamiento térmico.

El Equipo de Mejoras y los Expertos consideran que el volumen de aislamiento a reponer es el que se muestra en la Tabla

Componente	M ²
Equipos tecnológicos	220,0
Tuberías diferentes diámetros	350,0
Total	550,0

Tabla 27. Costo de la mejora.

Componente	MT, MP	MCUC
Construcción y montaje	28,0	16,3
Materiales	18,0	9,3
Otros		

Conclusiones.

1. La Gestión de Procesos, como parte de la Gestión de Calidad es vital para el perfeccionamiento empresarial. Es aplicable en áreas de generación de vapor. La Ingeniería Industrial puede jugar un papel fundamental en la búsqueda de eficiencia energética.
2. Las encuestas realizadas confirman la necesidad de realizar un Plan de Mejoras a corto plazo en el área de generación de vapor.
3. Aunque no es prioridad de los expertos, por la magnitud de la inversión y la situación que sufre el mundo y Cuba, es necesario prepararse para el cambio de presiones para ir hacia una meta superior en la eficiencia.
4. La combustión con bagazo es energía limpia, el aporte a disminuir las emisiones de CO₂ es mundialmente reconocido y puede ser el mayor aporte que haga Cuba a este problema global.

Recomendaciones:

1. La E.A. Ciudad Caracas debe trabajar a corto plazo en el Plan de Mejoras que se plantea en esta investigación.
2. El Equipo de Mejoras y Expertos deben continuar trabajando para implementar un Plan de Mejora a largo Plazo que incluya subir las presiones de trabajo hasta los que mundialmente se reportan.
3. La Dirección de Fábrica y RRHH deben continuar la capacitación del personal en técnicas de Gestión de Procesos (principalmente Tormenta de Ideas) con los trabajadores, para lograr una cultura de Mejoramiento Continuo.
4. Debe continuarse los esfuerzos que se están realizando en las Producciones más Limpias, Fábrica de Alimentos, Buenas prácticas de Fabricación y Gestión de la Calidad.

Anexo 1. Plan de Mejoras para las prioridades de las oportunidades.

Oportunidad de Mejora: Area de Generación de Vapor.					
Meta: Aumentar la eficiencia energética.					
Responsable General: J´de Area					
Qué	Quién	Cómo	Porqué	Donde	Cuando
Restaurar el aislamiento térmico	J/ Area	Por Plan de Mantenimiento	Para disminuir pérdidas por aislamiento	Ingenio	2009
Rediseñar toberas	J´Mtto	Por Plan de Mantenimiento	Aumentar la eficiencia de generación	Ingenio	2009
Rediseñar toberas	J´Mtto	Por Plan de Mantenimiento	Aumentar la eficiencia de generación	Ingenio	2009
Montar tanque de agua	Director de Inversiones	Plan de Inversiones	Para aumentar temperatura, ahorrar agua y disminuir residuales	Ingenio	2009
Reparación Capital de la Retal	Dtor. De Inversiones	Por reparación Capital	Aumentar la eficiencia de generación	Ingenio	2009
Montaje de equipos listados.	Administrador Ingenio	Por Plan de Mantenimiento	Para aumentar temperatura, ahorrar agua y disminuir residuales	Ingenio	2010
Proceder a la comprobación de los beneficios del diseño probado	Equipo de Mejora y Equipo de Expertos	Mediante tests, pruebas y encuestas a aplicar en el proceso.	Es necesario verificar el Proceso	E.A. C. Caracas	2010
Análisis continuo de los indicadores de proceso	Director de Capital Humano	El Equipo de Mejora aplica tests, pruebas y encuestas	Para asegurar la mejora continua	E.A. C. Caracas	Permanente

Bibliografía:

1974. Anteproyecto tecnológico planta de tableros de fibras.
1996. Approach to Integrating Environmental, Energy, Economic, and Technological Objectives. En, p. 675-680.
1987. *Investigación de generadores de vapor*,
1989. Recomendaciones para disminuir el arrastre de bagazo fino en los hornos de la Industria Azucarera.
- Oliva M. Deny, 1999. Combustión del bagazo de caña de azúcar en lecho fluidizado.
- Pérez G. Luis, 1999. *Estado del arte en la combustión del bagazo y la paja de la caña de azúcar en el ámbito mundial y en particular en Cuba*, Cuba.
- Rodríguez D. Eliexis, 1988. Diseño y realización de las pruebas evaluativas a los generadores de vapor cubano. .
- Rubio G.A, 1994. *Manuel: Incremento de la eficiencia térmica de la caldera Retal de 45 t/h mediante modificaciones de la aerodinámica del horno*. , Santa Clara .
- ALEXANDER, A.G, 1986. Producción de caña para energía. En Miami, USA.
- Asfahl C, Ray, 2000. *Seguridad Industrial y Salud* 2º ed., México: Editorial.Prentice Hall.
- Barroso E. Jorge A, 1988. *Sobre la realización de prueba termotécnica a los generadores de vapor que combustionan bagazo*, Matanzas.
- Bastidas, E, 2008. Clima organizacional y su incidencia en la calidad de los Servicios Públicos. Available at: <http://www.monografias.com>.
- Beaton S. Pedro, 1988. *Campo de temperatura de casa calderas Reto 25 t/h*, Santiago de Cuba .
- Byars, L. & Rue, L, 1996. *Gestión de Recursos Humanos* Ed. IWIN., España.

- Castillo Coto, Ana L. & Brito Brito, Alexander, *Introducción a la Gestión de Procesos Productivos y de Servicios* 2003º ed.,
- De Lousa, M. , 2008. Análisis de necesidades de entrenamiento basado en el modelo de competencias. Available at: <http://www.monografias.com>.
- E, G., 1996. Prospectiva Tecnológica de la Industria Azucarera. En República Dominicana.
- EDIMEC, 1997. Recomendaciones para disminuir el arrastre de bagazo fino en los hornos para la industria azucarera.
- French, Wendellm L, 1998. *Administración de Personal* 1º ed., México: Limusa S.A. de C.V. .
- GALVEZ TAUPIER, L , 1997. *Esquemas flexible para la producción de azúcar, derivados y energía*,
- GÁLVEZ TAUPIER, L. O, 1988. *Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar*, GEPLACEA. México.
- García Criollo, Roberto, *Estudio del Trabajo Ingeniería de Métodos*,
- GONZALEZ SUAREZ, E. , 1999. *La incertidumbre en el desarrollo diversificado de la industria de la caña de Azúcar*, Centro Azúcar. Santa Clara .
- GONZÁLEZ, E, 1996. "Prospectiva Tecnológica en la industria Química y Azucarera de Cuba". . En UCLV Santa Clara, Cuba,
- GONZÁLEZ, E, 1991. Utilización del Análisis de Procesos en la Intensificación de la producción de distintas industrias de Cuba.
- GONZALEZ, E., 1997. Contribución de la prospectiva tecnológica de la industria química y azucarera a al política científica y tecnológica de la Universidad de Las Villas. En La Habana.
- GONZÁLEZ, E. & M. B.REYES,. E. ROSA, 1997. *Necesidad y perspectiva en la diversificación azucarera en Cuba*, CENTROAZÚCAR.

GONZÁLEZ, E., , LABORDE, M & ACEVEDO, L , 1999. Integración material y energética de la industria de la caña de azúcar.

Gordillo, H, 2008. "Evaluación de competencias-laborales. Available at: <http://www.monografias.com>.

Hammer, M. & Champy, J. , 1994. *Reingeniería de la empresa*. Barcelona Ed. Parramón., Barcelona.

HURME, M, 1996. Conceptual Design of Clean Processes: Tools and Methods. En, p. 323-328.

James C.P. Chen, 2000. *Manual del azúcar de caña* 1º ed., México: Editorial Limusa S.A. de C.V.

Juram, J.M & Gryna F. M, 1997. *Análisis y Planeación de la Calidad* 3º ed., México: Editorial Mc Grall Gill.

Marsán, J. , 1987a.): *"La organización del trabajo"* Ed. ISPJAE., Ciudad de la Habana. Cuba.

Marsán, J. , 1987b. *"La organización del trabajo"* Ed. ISPJAE., Ciudad de la Habana. Cuba.

Maynard, H, 1985. *Manual de ingeniería y organización industrial* Ed. Reverté., Madrid.

Oliva R. Luis & Silva L. Elecho, 1985. *Análisis de la combustión del bagazo en la cámara del horno*, Santiago de Cuba .

Oliva R. Luís & Silvia L. Elecho, *Determinación de la velocidad de crudo y el numero de Russekt para partículas de bagazo en combustión*,

PÉREZ DE ALEJO, M, 1999. Análisis técnico - económico de alternativas para la producción de PVC.

Pérez, M, 2008. "El Sistema de Control de Gestión. Conceptos básicos para su diseño. Available at: <http://www.monografias.com>.

Recio Recio, Ángel & Silvia L. Elecho, 1989. *Aplicación de la modelación en el diseño de caldera.*, Santiago de Cuba .

Redovanovich, M, 1990. *Combustión de combustible en capa seudofluidizada*, Energotomizdot. Leningrado .

Roque Días Pablo, 1984. Transformaciones físico-químicas durante el calentamiento y la combustión del bagazo. .

ROSA DOMINGUEZ, E, 1996. Análisis de alternativas de Inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos.