



Universidad de Cienfuegos
“Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Trabajo de Diploma.

**MEJORAS PARA INCREMENTAR EL ÍNDICE DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA UEB CENTRAL
AZUCARERO CIUDAD CARACAS.**



Autor: Yordan Alejo Junco.

Tutores: Dr. C. Julio R. Gómez Sarduy

Ing. Edwin García Álvarez.

Cienfuegos, 2012.

DEDICATORIA

Dedicatoria

La vida es una oportunidad única, en la cual encontramos dificultades, retos, desafíos muy difíciles de vencer, incluso hasta para mantener la existencia, pero el ser humano se debe imponer a todos y trazarse metas para lograrlo aunque parezcan inalcanzables.

Quiero dedicar este trabajo, que representa la culminación de esta etapa tan importante y anhelada en mi vida desde hace muchos años a las personas más importantes de mi vida

- *A mis padres: Por haberme dado la oportunidad de vivir, por educarme correctamente y, por su preocupación en mi superación.*
- *A mi querida hermana: Por ser única como persona, por su cariño y preocupación.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos

El agradecimiento es una forma de reconocer cuando alguien ha ejecutado alguna acción o ha influido de en que algo a tu favor florezca como lo deseas.

- *A la revolución y a Fidel , al os cuales le agradecemos el futuro que luminoso llegue al ciudadano más humilde de esta tierra*
- *A la Tarea Álvaro Reynoso ,por haberme dado la oportunidad a realizar esta carrera*
- *A mis profesores ,a los cuales les debo el conocimiento adquirido y mi formación como profesional*
- *A mis compañeros de estudio y trabajo ,los cuales me apoyaron en todo momento*
- *A mis tutores que con su dominio y experiencia me supieron guiar correctamente en la realización de este trabajo.*

Dr.C. Julio Gómez Sarduy

Ing. Erdwin García Álvarez

- *A todos los que de una forma u otra han contribuido a la materialización de este Trabajo.*

A todos muchas gracias

RESUMEN.

El presente trabajo está relacionado con un análisis del régimen operacional de la planta eléctrica de una industria azucarera con generadores accionados por turbinas de contrapresión.

El objetivo es encontrar las causas que provocan un bajo índice de generación eléctrica en la industria. Este indicador es una medida del aprovechamiento de las capacidades instaladas en el bloque energético de la industria., y por tanto de la eficiencia en la explotación de la instalación para unas condiciones reales de parámetros del vapor y rendimiento de los turbogeneradores, tomando en cuenta la satisfacción de la demanda de calor del proceso y la capacidad del equipamiento.

En este trabajo se presenta un análisis de las causas que provocan bajo aprovechamiento de la planta eléctrica a partir de la construcción de un diagrama causa efecto. Se aplica un método Delphi con enfoque difuso para la determinación de las principales causas a partir del criterio y la experiencia del personal especializado que labora en la industria. Este trabajo constituye un apoyo para análisis técnico y económico de los regímenes de operación de sistemas de cogeneración existentes en la industria azucarera y en proyectos de mejoramiento energético, así como para reducir el impacto ambiental de las tecnologías existentes. Los resultados obtenidos están referidos a la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas tomada como caso de estudio en esta investigación.

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	15
1.1 Generalidades sobre la generación eléctrica en el ámbito internacional.	15
1.2 Situación en Cuba	16
1.3 Gestión energética en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas.....	21
1.4 Generalidades sobre la gestión por proceso.....	25
1.4.1 Clasificación de los Procesos.	30
1.4.2 Algunos términos relacionados con la Gestión de Proceso.	32
1.4.3 Otras características de la Gestión de Proceso.	34
1.5 Conclusiones parciales.	35
CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	37
2.1 Caracterización de la UEB Central azucarero Ciudad Caracas	37
2.2 Diagnóstico general actual del proceso	39
2.2.1 Situación de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas	41
2.3 Principales factores que inciden en el bajo índice de generación.....	42
2.4 Diagrama causa efecto para el índice de generación eléctrica.	44
2.4.1 Clasificación de las causas primarias.	44
2.4.2 Elaboración del diagrama causa efecto.	45
2.5 Propuesta de medidas para mejorar el proceso de generación eléctrica.....	46
2.6 Conclusiones parciales.	49
CAPÍTULO 3. MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE LAS MEDIDAS PLANTEADAS.	51
3.1 Método de selección de las prioridades.....	51
3.2 Enfoque difuso de los criterios del grupo.....	52
3.3 Software en Matlab para automatización de los cálculos.	57
3.4 Resultados.....	59
3.6 Conclusiones parciales.	62
CONCLUSIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RECOMENDACIONES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

BIBLIOGRAFÍA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La producción de energía es en la actualidad un tema de enorme profusión tecnológica, social y cultural, y es por tanto, un importante indicador para evaluar el grado de desarrollo alcanzado por el hombre. Sin embargo, es necesario destacar que constituye la causa del consumo desmedido de los recursos energéticos no renovables cuyo agotamiento es pronosticado por los científicos para dentro de algunos años. La conciencia sobre esta realidad es mayor cada día por el daño que se causa al medio ambiente y a la vida humana. Por esta razón, es necesario pensar en la sustitución acelerada de los combustibles fósiles para complementar el incremento constante en la eficiencia de su utilización, que viene produciéndose desde hace varias décadas, aunque no resulta suficiente para evitar los desastrosos efectos en marcha desencadenados por los niveles de contaminación ya alcanzados.

En este sentido se hacen esfuerzos para disminuir el uso de los combustibles fósiles e incrementar las fuentes renovables de energía en la matriz energética mundial y utilizar nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia; pero ello requiere vencer barreras de todo tipo (financieras, económicas, tecnológicas, conductuales, conceptuales, psicológicas, políticas, etc.) que dificultan el acceso pleno de los países en desarrollo al uso eficiente de estas fuentes.

Debido a todas estas dificultades, la participación de las fuentes renovables de energía, a pesar de que ha crecido significativamente en los últimos años, todavía tiene un pequeño peso en la matriz energética global. Sin embargo, el uso de la biomasa ha demostrado su competitividad frente al petróleo bajo ciertas circunstancias como es la cercanía de los residuos de las cosechas y constituir tecnologías maduras y probadas desde hace muchos años.

En Cuba, aún cuando se alcancen altos niveles de las fuentes nacionales de energía en el balance energético nacional, los combustibles convencionales (gas y petróleo) mantendrán su

aporte predominante dentro del contexto nacional y seguirá la dependencia de combustibles importados para determinados sectores.

El papel que para el crecimiento del país tiene el desarrollo del sector energético, por las implicaciones que para el medio ambiente tiene el uso de los combustibles fósiles, por su carácter agotable y por la dependencia económica que cada día es mayor debido a la subida de los precios de los combustibles importados, hace que sea de vital importancia la formación de una cultura general en la población, que favorezca, unido al incremento de la eficiencia energética y del uso de las fuentes renovables de energía, la sostenibilidad del crecimiento económico.

En el marco de las energías renovables es la biomasa y en particular la biomasa azucarera, la que más avances muestra en su aplicación, pues se desarrollan nuevos generadores de vapor, sistemas de secado de bagazo, se expande grandemente la cogeneración, etc., con el fin de aumentar la eficiencia en el uso de este combustible, para obtener sobrantes que permitan su utilización en la industria de derivados de la caña de azúcar (Altshuler & Colaboradores, 2004).

El aprovechamiento eficiente del potencial energético de la biomasa cañera es un aspecto que ha sido ampliamente considerado con el interés de incrementar los niveles de generación de electricidad a partir de fuentes renovables, con las ventajas asociadas desde el punto de vista económico y ambiental (Torres Martínez, 2005) y que en el marco de la actual reestructuración de la industria azucarera nacional hay que considerar. Es por eso que se hace necesario realizar los estudios pertinentes y tomar las medidas precisas para aprovechar las potencialidades relacionadas con la operación de los sistemas existentes y que en este caso, constituyen el tema de investigación. En el caso particular de la UEB central Azucarero Ciudad Caracas ubicado en el municipio de Lajas, provincia de Cienfuegos, se ha identificado la siguiente situación:

Problema:

Durante las últimas zafras de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas, su desempeño energético, especialmente los indicadores de generación eléctrica alcanzados, están por debajo de las posibilidades reales que puede lograr con la tecnología que dispone.

Objeto de estudio:

Bloque energético de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas.

Hipótesis:

Si se identifican las causas que inciden en la obtención de un bajo índice de generación en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas, se pueden plantear una serie de mejoras para atenuar su efecto y lograr una mejora considerable de este indicador en la próxima zafra.

Objetivo general:

Proponer las mejoras y establecer un ranking de las mismas para perfeccionar el índice de generación eléctrica en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas.

Objetivos específicos:

1-Estudiar el estado del arte relacionado con la generación de electricidad en el mundo, en Cuba y en la industria azucarera. La gestión por procesos y el mejoramiento continuo, para un mejor aprovechamiento de su potencial.

2-Characterizar y Diagnosticar de forma general el proceso, para definir los factores que afectan los parámetros de su desempeño energético.

3-Plantear las mejoras que se derivan del análisis anterior y que a su vez contribuyen a un mejoramiento del índice de generación.

4-Seleccionar un método para la toma de decisiones para establecer un ranking de la prioridad de las mejoras planteadas y proponer su implementación según el orden establecido.

ESTRUCTURA DEL INFORME.

Capítulo I: Generalidades. Se hace un recorrido por la situación actual en el mundo y en Cuba referente a la generación de energía eléctrica, la importancia de la generación de electricidad mediante cogeneración en la industria azucarera y específicamente el caso de la empresa a estudiar. También se hace referencia a la importancia de la gestión por procesos y al mejoramiento continuo en función del aumento de la eficiencia.

Capítulo II: Diagnóstico de la situación actual. Se realiza una caracterización general del proceso objeto de estudio (bloque energético compuesto por generación de vapor y planta eléctrica). Se hace un diagnóstico de los factores que inciden en la generación de electricidad en Ciudad Caracas y se construye un diagrama causa efecto para su posterior análisis.

Capítulo III: Método para el establecimiento de prioridades de las mejoras planteadas. Se describe el método Delphi con enfoque difuso para el establecimiento del ranking de las medidas planteadas en el capítulo anterior. Se aplica este método y se determinan las prioridades según el criterio de los especialistas de la industria.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.

En este capítulo se aportan datos y argumentos acerca de la situación actual en el mundo y en Cuba referente a la generación de energía eléctrica, la importancia de la generación de electricidad mediante cogeneración en la industria azucarera y específicamente el caso de la empresa a estudiar. También se hace referencia a la importancia de la gestión por procesos y al mejoramiento continuo en función del aumento de la eficiencia.

1.1 Generalidades sobre la generación eléctrica en el ámbito internacional.

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. Esta constituye uno de los principales problemas que enfrenta el mundo de hoy, dado por:

- Los combustibles fósiles que significan más del 80% de las fuentes utilizadas en el mundo, están básicamente concentrados en los países árabes, en su mayoría de gran inestabilidad política, los precios son variables en detrimento sobre todo de los países pobres no petroleros.
- Las disponibilidades conocidas indican la posible terminación de estos en un plazo relativamente breve.
- El cambio climático es una realidad aceptada por todos que amenaza el futuro de la humanidad, y la producción de energía es un fuerte emisor de sustancias dañinas a la capa de ozono.

Es de destacar que actualmente, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo, este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2030, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Gran parte de este incremento será producido por el experimentado en los países con economías emergentes. En el informe Internacional Energy Outlook 2005 se previó que el consumo de energía en el mercado experimentaría un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2030. En otros países será tan solo del 0,6%; así, durante este periodo, los países

incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. En resumen, el uso total de energía en el mundo crecerá.

1.2 Situación en Cuba

La situación energética desfavorable a nivel mundial alcanza también a Cuba. El aumento desmedido de los precios del petróleo, así como los esfuerzos en la lucha contra el calentamiento global hace que la atención se dirija hacia el empleo de nuevas tecnologías y a la utilización de fuentes renovables de energía como vía indispensable para el desarrollo sustentable. En Cuba, el aprovechamiento de las fuentes renovables cobra mayor significado por lo limitado de sus recursos energéticos y las transformaciones que se han llevado a cabo a partir de la Revolución Energética en este importante sector.

Dentro de los recursos renovables, el uso de la biomasa cañera como combustible en los esquemas de cogeneración, a pesar del redimensionamiento sufrido en el sector azucarero, sigue representando un factor importante para elevar la efectividad económica y aliviar el impacto de las tecnologías fósiles en la generación de electricidad por lo que es una prioridad incrementar los niveles de generación y entrega de todas las UEB Centrales Azucareros con plantas eléctricas sincronizadas al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

El consumo de portadores energéticos para el sector azucarero constituye una erogación elevada de divisas, no obstante el programa energético que se viene desarrollando en los últimos años ha coadyuvado a reducir los mismos a partir de la adquisición de equipos más eficientes y a reducir su dependencia del SEN.

El aporte del antiguo Ministerio del Azúcar (MINAZ) comenzó a notarse en la década de los 90, con una potencia instalada de 668 MW, generando 1 450 GWh, lo que se producía con índices de generación de 18,4 KWh/tcm.

En los últimos 6 años, hasta el 2011 se ha disminuido el índice de consumo energético en 185 TPE / MMP, lo que significa 325 690 TPE.

En la actualidad la estructura de consumo de portadores energéticos de la agroindustria azucarera cubana denota los mayores consumos en el diesel, electricidad y fuel oil, dado su producción agroindustrial diversificada como se observa en la Figura 1.1.

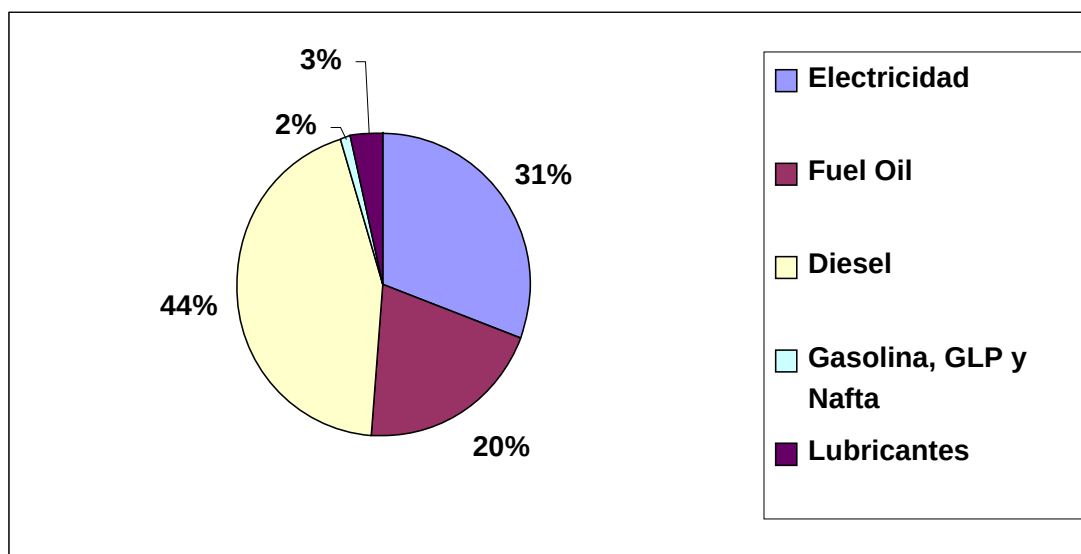


Figura 1.1 Estructura de consumo de portadores energéticos en la agroindustria azucarera cubana.

En un central balanceado energéticamente, el bagazo aporta toda la energía eléctrica necesaria y el sobrante puede utilizarse por plantas de derivados anexas y venderse al SEN.

Después de realizarse el proceso de reestructuración del Ministerio del Azúcar (MINAZ), la industria de la caña ha ahorrado 19 950 toneladas de combustible al país, con su aporte neto de electricidad y ha disminuido el consumo anual del Sistema Electroenergético en 333 GWh, equivalente a 44 MM USD, a costo de generación de la Unión Nacional Eléctrica (UNE).

El aporte de electricidad con biomasa cañera, equivale al consumo promedio en un mes de 633 333 viviendas. Los logros fundamentales que facilitaron estos resultados fueron la reconversión y reubicación de 32 calderas y 46 turbogeneradores y la normalización eléctrica de 72 bateyes azucareros.

El principal propósito de la agroindustria azucarera es producir azúcar eficazmente, en la cantidad y con la calidad requerida. Por tanto, se considera que se dispone de caña y de que ésta llega en cantidad suficiente al ingenio, el cual opera establemente cerca de su capacidad potencial, condición obligada para la eficiencia del proceso y el balance energético de la industria. El azúcar la sintetiza la caña en el campo y se recupera en el ingenio, pero la caña de azúcar tiene tal capacidad de captar energía que es la única materia prima capaz de aportar el combustible para su procesamiento y brindar, además, un margen adicional de energía para diferentes

propósitos.

A ello se reúnen las peculiaridades de la tecnología de producción de azúcar, que permiten un empleo integral del potencial energético de su combustible, lo cual puede cuantificarse si comparamos el nivel de utilización de la energía del combustible en una central termoeléctrica y en un central azucarero.

Una central termoeléctrica, de la mayor eficiencia, con un índice de consumo de 220 g de fuel oil por kWh generado:

Aprovecha en electricidad: 81,2 g

Pierde a la atmósfera y en la condensación: 138,2 g

Lo que significa un 37,2% de aprovechamiento de la energía.

Un central azucarero de los contruidos entre 1980 y 1983 con una cantidad de bagazo equivalente a esos 220 g de fuel oil:

Convierte en energía para el proceso y en electricidad: 167,2 g

Pierde por radiación y a la atmósfera: 52,8 g

Lo que representa el 76% de aprovechamiento de su combustible.

En la zafra 2009-2010 se produjo azúcar crudo en 46 centrales. Al finalizar el año se habían vendido a la UNE un excedente de electricidad de 72,19 GWh (90% del plan de 80 GWh).

En el 2011, el compromiso de zafra de 64 GWh se ejecutó al 111%, con una venta a la UNE de más de 71 GWh

En la tabla 1.1 se muestra la venta de electricidad de algunas de las provincias con mejores resultados.

Tabla 1.1 Provincias con mayor desempeño energético durante la zafra 2011.

Empresa	Ejecución del plan de venta a la UNE (%)	Venta Neta (GWh)
Sancti Spíritus	124,06	6,38
Holguín	113,24	6,27
Camagüey	132,88	6,18
Cienfuegos	134,61	4,28
Ciego de Ávila	130,05	3,37
Artemisa	145,07	2,59

Estos resultados significan que la industria fue capaz de abastecer la fabricación de azúcar, las tendederas y otras áreas conectadas al metrocontador de intercambio de la UNE durante la zafra y aún así, vender un 9,1% de energía excedente para el país.

Este 9,1% representa:

36,5 GWh netos vendidos a la UNE.

9 490 TPE ahorrados a la UNE.

243 335 viviendas energizadas con biomasa.

La electricidad total que consumió el Ministerio del Azúcar (MINAZ) de su propia producción con biomasa en la zafra 2011 fue de 473,5 GWh, lo cual representó un ahorro para el país estimado en 123 110 TPE.

El programa energético es uno de los cuatro programas priorizados por el MINAZ. Este tiene como premisa fundamental el autoabastecimiento eléctrico de todo el sector, orienta sobre las medidas generales a adoptar en cada esfera para facilitar la obtención de los indicadores de eficiencia y constituye una herramienta de trabajo para todo el organismo. Cada entidad elabora su propio programa a partir de un diagnóstico inicial y como medidas comunes y generales a desarrollar se han controlado por el organismo las siguientes (ICINAZ, 2007):

1-Remodelación de generadores de vapor.

2-Cambio de generadores eléctricos.

3-Remodelación de tandems: disminución de unidades de molienda (eliminación de desmenuzadoras, molinos) y electrificación de molinos.

4-Mejoramiento de la instrumentación.

5-Diagnóstico a generadores de vapor: mantener actualizado el diagnóstico integral a los generadores de vapor.

6-Mejoramiento del aislamiento terminal de tuberías, válvulas, equipos, etc.

7-Instalación de variadores de frecuencia.

8-Instalación y explotación de sopladores de hollín.

9-Mejoramiento y completamiento de los módulos de eficiencia.

10-Mejoramiento de las casas de bagazo: techos, pisos, paredes, iluminación, redes contra incendios y mecanización de éstas.

11- Presurización de los sistemas de condensados.

12-Mejorar los separadores de arrastre.

13-Mejorar los esquemas de fabricación de azúcar.

14-Montaje y explotación de magnetizadores.

15-Montar bancos de capacitores.

16-Descarga de todos los productos posibles por gravedad para eliminar bombeos, haciendo movimientos de tanques y equipos.

Como se puede apreciar, estas medidas están fundamentalmente dirigidas a la realización de inversiones, sin tener en cuenta las potencialidades existentes que permitan una operación más eficiente del bloque energético.

1.3 Gestión energética en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas.

La UEB Central Azucarero Ciudad Caracas, está ubicada en el municipio de Lajas, provincia de Cienfuegos, tiene una norma potencial de molida de 4032 toneladas de caña por día, en los últimos años ha sido modificado y remodelado hasta llevarlo a un tándem de molinos totalmente accionado por motores eléctricos, un proceso de fabricación totalmente compactado y una base energética remodelada con una Planta Eléctrica que posee 8 MW como capacidad instalada. Actualmente se encuentra dentro de los centrales planificados para hacer zafra.

Desde el año 2002 se dan los primeros pasos en cuanto a la Gestión Energética con la implantación en la empresa de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) (Tórres López, 2004), este sistema de gestión ha sido desarrollado en el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), de la Universidad de Cienfuegos.

Los últimos estudios realizados en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas (Navarro Aladro, 2008) muestran que aunque los energéticos no presentan un gran peso dentro de la estructura de gastos de la misma, como aparece en la Figura 1.2, éstos incrementan su incidencia en los últimos años motivado por el constante aumento de los precios de los combustibles, lo cual sustenta la necesidad cada vez más justificada del ahorro y el uso eficiente de la energía como herramienta para alcanzar, mantener o superar la rentabilidad.

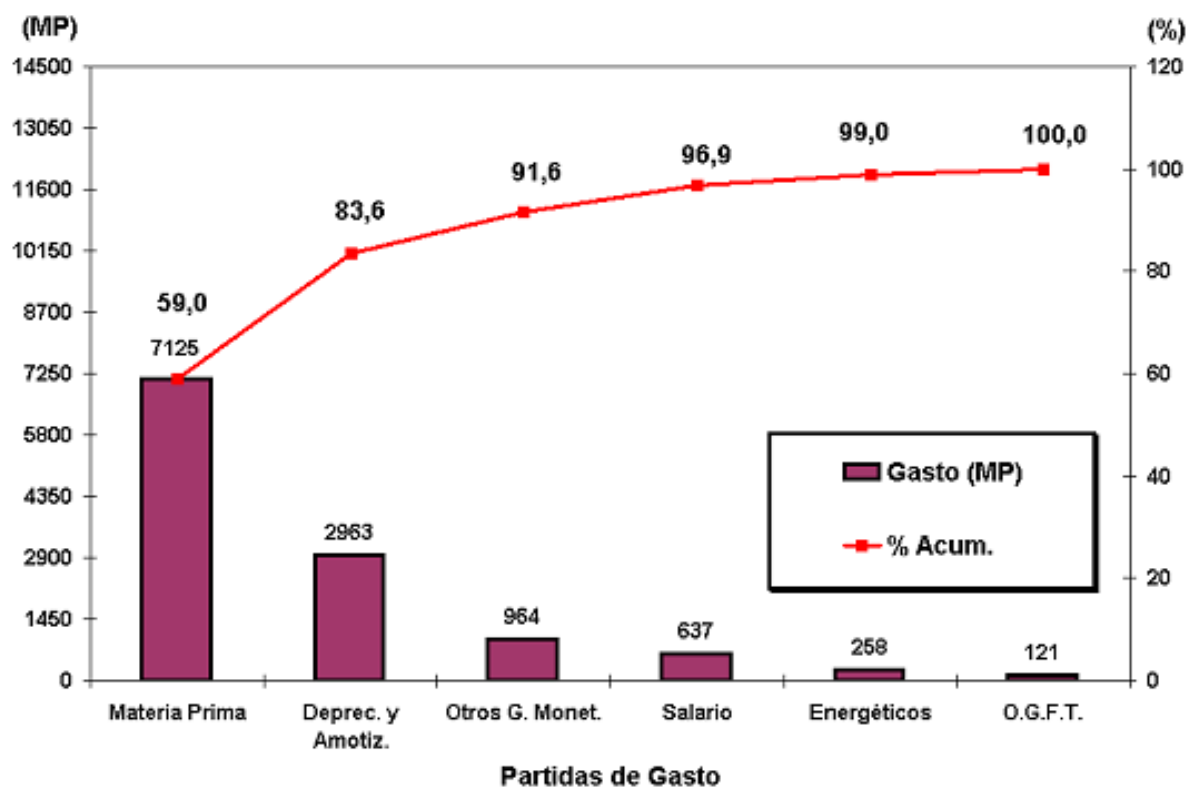


Figura 1.2 Estructura de gastos de la empresa.

Al analizar el comportamiento de la estructura de consumo de los distintos portadores energéticos se establece que el bagazo y la energía eléctrica alcanzan el 98,81 % del total de los consumos de los portadores energéticos (Figura 1.3).

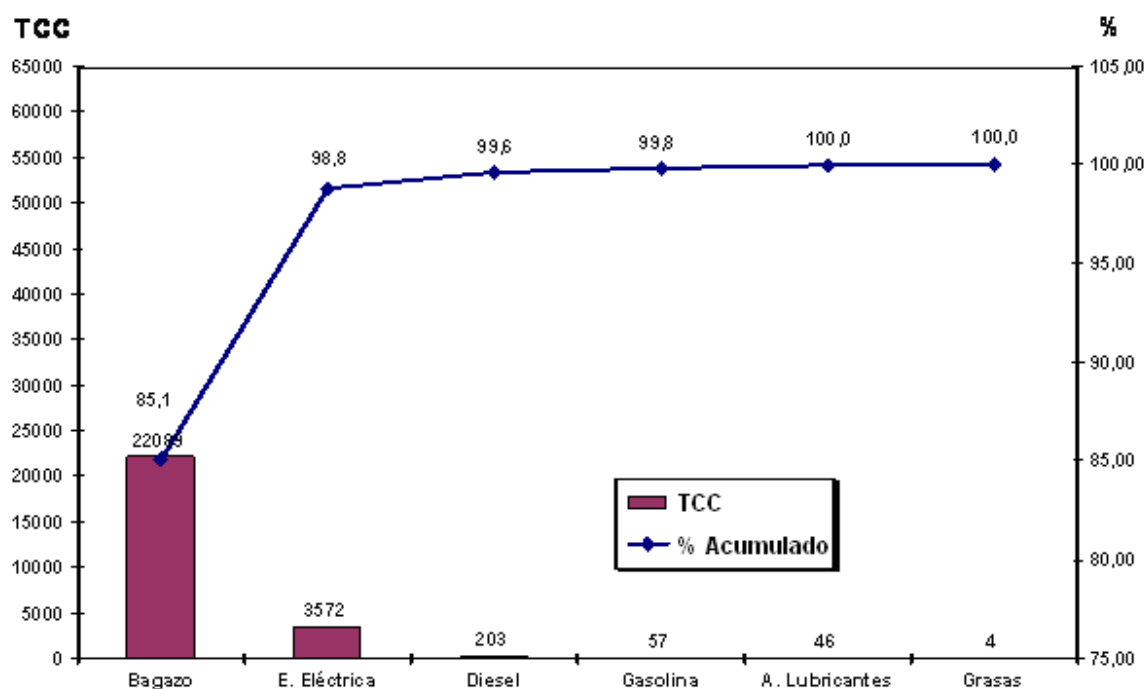


Figura 1.3 Estructura de consumo de portadores energéticos.

De igual forma (Navarro Aladro, 2008) estudió el comportamiento de la estructura de gastos de los distintos portadores energéticos y también arroja que son el bagazo y la energía eléctrica quienes acumulan más del 80 % de los gastos de portadores energéticos en la empresa (Figura 1.4).

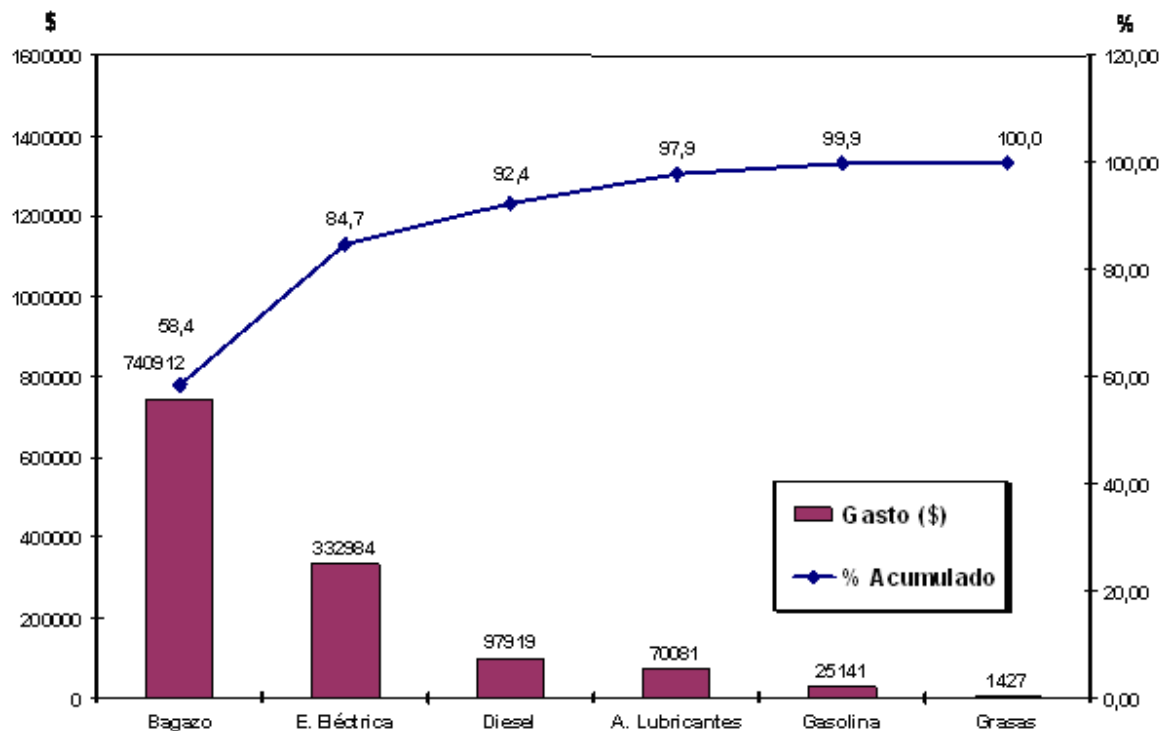


Figura 1.4 Estructura de gastos por portadores energéticos.

Lo anteriormente expuesto permite asegurar que en cualquier programa de mejoramiento energético hay que priorizar la fábrica durante el período de zafra, con este objetivo se han propuesto una serie de oportunidades de ahorro (Tórres López, 2004), sin embargo se ha ignorado la estrategia operacional del bloque energético, donde se llevan a cabo importantes transformaciones energéticas.

En (Navarro Aladro, 2008) se propone una estrategia de operación a partir de modelos de comportamiento para distribuir la carga entre los turbogeneradores pero no analiza todos los factores que pueden provocar el bajo aprovechamiento de las capacidades instaladas con una visión de proceso. Además, los índices de generación reportados aun están muy por debajo de los alcanzados en otras industrias con tecnología similar.

Todo esto motiva la búsqueda de todas las posibles causas y el establecimiento de prioridades al ejecutar medidas que conlleven a una operación global del bloque energético de cogeneración que garantice un resultado energéticamente superior de la fábrica o en todo caso que mejore el desempeño actual de la misma.

Esta realidad hace que sea necesario un enfoque de gestión de proceso para identificar las causas que provocan un bajo aprovechamiento de las capacidades de generación instalada y lograr una operación eficiente del bloque energético en su conjunto.

1.4 Generalidades sobre la gestión por proceso.

Basado en la situación general crítica que existe actualmente en el mundo, con respecto al consumo de energía y en particular en la industria azucarera con la posibilidad del aprovechamiento de su materia prima, como combustible renovable, se orienta este marco teórico, hacia el interior del proceso de cogeneración azucarera y los factores que están afectando la eficiencia desde la óptica del mejoramiento en el aprovechamiento de las potencialidades que tiene esta industria, para la entrega y el autoabastecimiento del recurso energía eléctrica.

A continuación se da un enfoque teórico de la evolución de los sistemas socio – técnicos y lo necesario que resulta en la actualidad, lograr enfocar la organización hacia la gestión por procesos, al mejoramiento y a la reingeniería de procesos. Para lograr esto, es necesaria la utilización de técnicas, que dependen del tipo de proceso y de las características particulares de la industria tomada como objeto de estudio en este trabajo.

La naturaleza humana es tal, que una actitud correcta hacia el trabajo de análisis no se desarrolla naturalmente. En cambio, las personas tienden a presumir de sus conocimientos de una determinada actividad, creen que han alcanzado su objetivo y que no necesitan esforzarse más.

Esta aptitud puede ser aceptable como una forma de asegurarse el sosiego para atender los trabajos cotidianos, pero hace imposible una labor de análisis. Si el analista cree que lo conoce todo sobre un cierto asunto y que no necesita considerar nada más allá, sólo asegura que no realizará ninguna mejora sobre el tema. Para mejorar cualquier proceso u operación, el analista debe enfocarlo con el firme convencimiento de que puede mejorarse.

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, se puede 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, por lo tanto, 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 interrogadora.

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 y 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.

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 el mejoramiento del índice de generación eléctrica en la industria de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas, hay que tener también presente por supuesto, la parte del recurso humano, sus opiniones, puntos de vistas, como realizan sus operaciones, sus insatisfacciones y necesidades.

La revisión bibliográfica realizada, fue el proceso analítico que se siguió, 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 el concepto de proceso, la Gestión de Proceso, técnicas y

herramientas que fueron utilizadas. A continuación se definen algunos términos necesarios para la mejor comprensión del trabajo.

Proceso: Un proceso es una secuencia de actividades que permite obtener un resultado ya sea para el cliente interno o para el cliente final. En la ejecución de un proceso se realizan tanto actividades materiales como informativas y financieras.

Todo proceso debe estar dotado de un conjunto de recursos (entradas) que deben ser transformadas en determinados resultados (salidas), estando los recursos en general asociados a materiales, dinero, mano de obra, información, equipos, energía. Los resultados fundamentales están dados por la obtención de un producto o la prestación de un servicio en determinada cantidad, variedad y plazo. De manera tradicional, las organizaciones se han estructurado sobre la base de áreas funcionales, que de marchar 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.

Objetivo del análisis de proceso

El enfoque de proceso en el mejoramiento de la empresa reviste enorme importancia para la misma debido a que con ello se logra enfocar la organización y gestión al cliente, racionalizando toda aquella actividad que no agrega valor al cliente final. Con ello se logra un incremento significativo de la competitividad de la organización.

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 (Shroder Roger, tercera edición), ¿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 incluidos 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, o lo que es lo mismo Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.

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 V, tienen que servir para realizar el seguimiento en la fase V 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 de o por proceso:

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.

1.4.1 Clasificación de los Procesos.

Clasificación de los procesos en dos formas:

Proceso de producción

Proceso de la empresa

En el primero él 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 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:

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 se proponen para asignar prioridades a efectos de selección son:

Escuchar la voz del cliente.

Factores críticos de éxito.

Razones de competencia.

Cambios en el entorno que afectan al proceso.

Benchmarking.

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 éstas a su vez en una serie de pasos.[

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 intervinientes: 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 del mismo.

1.4.2 Algunos términos relacionados con la Gestión de Proceso.

Proceso clave: Son aquellos procesos que inciden de manera significativa en los objetivos estratégicos, volcados directamente al alcance de la misión de la empresa y son críticos para el éxito del negocio.

Sistema: Estructura organizativa, procedimientos, procesos y recursos necesarios para implantar una gestión determinada, como por ejemplo la gestión de la calidad. Normalmente están basados en una norma de reconocimiento internacional que tiene como finalidad servir de herramienta de gestión en el aseguramiento de los procesos.]:

Procedimiento: Forma específica de llevar a cabo una actividad. En muchos casos los procedimientos se expresan en documentos que contienen el objeto y el campo de aplicación de una actividad; qué debe hacerse y quien debe hacerlo; cuando, dónde y cómo se debe llevar a cabo; qué materiales, equipos y documentos deben utilizarse; y cómo debe controlarse y registrarse.

Indicador: Es un dato o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad.

Los macro procesos: Son todas las actividades que abarcan operaciones ejecutadas por más de un departamento o área funcional dentro de la organización. Estos también son llamados procesos ínter funcionales.

Los micro procesos: Son todas las actividades de exclusiva competencia de un determinado departamento ejecutadas apenas dentro de una única unidad organizacional-funcional. Estos también son llamados procesos funcionales.

Los clientes: Son personas, instituciones u órganos que determinan la calidad de un proceso que pretenden servirlo determinando las medidas en que este con su salida a logrado satisfacer sus necesidades y expectativas.

Los proveedores: Son personas, instituciones u órganos que proveen, observando las exigencias del cliente, información, equipamiento, materiales, etc.

El ejecutor: Es cualquier persona, institución, departamento o grupo que realiza determinada actividad en función de producir un producto o servicio.

El diagnóstico: de los procesos de producción puede hacerse atendiendo a diversos criterios. Lo primero sería buscar la existencia en la empresa de algún diagnóstico previamente realizado.

1.4.3 Otras características de la Gestión de Proceso.

Identificación y documentación: 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.

Definición de objetivos: La descripción y definición operativa de los objetivos es una actividad propia de la gestión. Cuando se definen explícitamente esos objetivos en términos del cliente se puede orientar los procesos hacia la satisfacción de necesidades y expectativas.

Especificación de responsables de los procesos: Al estar por lo común distribuidas las actividades de un proceso entre diferentes áreas funcionales, lo habitual es que nadie se responsabilice del mismo, ni de sus resultados finales.

La gestión de proceso introduce la figura esencial de propietario del proceso. El dueño del proceso es una persona que participa en sus actividades. Será esta persona la responsable última, teniendo control sobre el mismo desde el principio hasta el final. Generalmente este papel es asignado a un mando o directivo.

Reducción de etapas y tiempos: Generalmente existe una sustancial diferencia entre los tiempos de proceso y ciclo. La gestión de procesos incide en los tiempos de ciclo, y en la reducción de las etapas, de manera que el tiempo total del proceso disminuya.

Simplificación: Intenta reducir el número de personas y departamentos implicados en un ejercicio de simplificación característico de esta estrategia de gestión.

Reducción y eliminación de actividades sin valor añadido: Es frecuente encontrar que buena parte de las actividades de un proceso no aportan nada al resultado final. Puede tratarse de actividades de control duplicadas o, simplemente, que se llevan a cabo porque surgieron, por alguna razón más o menos operativa en principio, pero que no han justificado su presencia en la actualidad. La gestión de proceso cuestiona estas actividades dejando perdurar las estrictamente necesarias.

1.5 Conclusiones parciales.

1- A pesar de que existen indicaciones generales en el programa energético del sector azucarero para incrementar la generación de electricidad con biomasa, las medidas organizativas y de inversión propuestas son aisladas y no consideran todas las causas que inciden en el bajo aprovechamiento de las capacidades instaladas.

2-La aplicación de la TGTEE en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas indica que los portadores energéticos más significativos son el bagazo y la electricidad que están estrechamente relacionados con la operación del bloque energético.

3-Los estudios realizados hasta el momento para mejorar el desempeño del bloque energético de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas no tienen enfoque de proceso, sino que se han limitado a la realización de modelos aislados de la planta eléctrica para obtener la mejor distribución de carga entre los turbogeneradores sin obtener mejoras en el índice de generación de electricidad.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El problema que plantea la mejora del proceso de generación de energía eléctrica en la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas, al igual que la mayoría de los análisis de comportamiento de sistemas, parte de la descripción del comportamiento actual y de un diagnóstico de las causas que provocan un desempeño deficiente. El componente fundamental del bloque energético son los generadores de vapor y los turbogeneradores. Existen numerosos factores que inciden en los resultados alcanzados en esta área, la dificultad real de que no siempre se encuentran operando con parámetros de vapor nominales y el deterioro mecánico por el tiempo de explotación muchas veces enmascaran otros factores influyentes. En este capítulo se describe el proceso y se desarrolla un diagrama causa efecto para analizar las causas del bajo índice de generación de electricidad. A partir del mismo se plantean una serie de medidas encaminadas a mejorar este indicador.

2.1 Caracterización de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas

Como se mencionó en el epígrafe 1.3, la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas cuenta con una base energética remodelada con una Planta Eléctrica con capacidad instalada de 8 MW. Esta industria tiene la posibilidad de generar otras producciones secundarias derivadas, que le reportan ingresos adicionales. Tal es el caso de la generación de energía eléctrica, muy importante para el ahorro de combustibles fósiles en nuestro país y cuyo excedente es vendido al SEN según las tarifas vigentes constituyendo un subproducto más.

Hay que destacar que asociada a la industria hay una extensa área cañera integrada por diez unidades productoras y una CPA que son las encargadas de cultivar y suministrar todo el volumen de caña necesario para garantizar la zafra sin afectaciones en la cantidad ni en la calidad del producto final.

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.

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 esta empresa 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 ha aprendido a 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 ha incrementado los niveles de producción de caña, producciones no cañeras y azúcar, así como la productividad del trabajo ejecutado eficientemente en las actividades de reparación y mantenimiento de todos los elementos de la misma lo que permite trabajar con eficiencia.

La eficiente gestión de los recursos humanos y un adecuado sistema de retribución y estimulación del trabajo favorece 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.

PROVEEDOR

El proveedor del recurso caña a esta empresa esta formado por 10 unidades productoras, encargadas de cultivar y fomentar este cultivo, para poder satisfacer la demanda necesaria en su norma potencial.

CLIENTE.

Todas las áreas y procesos que intervienen en la producción en la empresa.

CANTERA.

Azúcar crudo, blanco directo, miel, bagazo desmedulado, bagazo a granel, cachaza y energía eléctrica.

2.2 Diagnóstico general actual del proceso

El esquema energético de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas se muestra en la Figura 2.1.

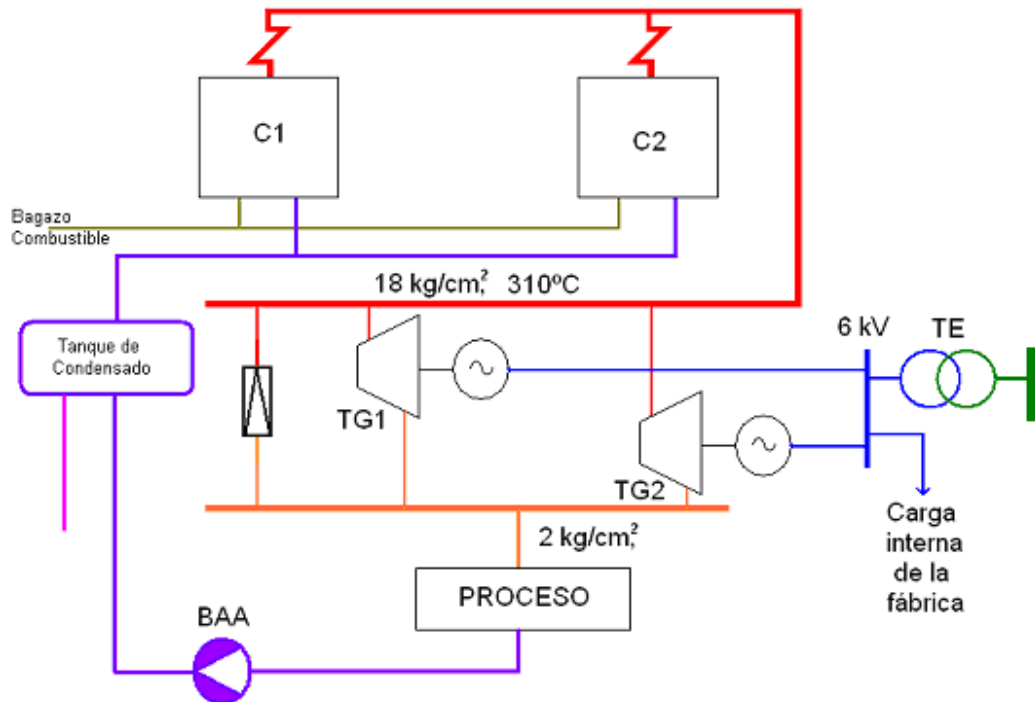


Figura 2.1 Diagrama del bloque energético de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas

Los generadores de vapor, representados como C1 y C2 son del tipo Retal de 45 t/h y Típica de 60 t/h respectivamente, se encuentran dentro de los equipos de mayor eficiencia (76 %) que se instalan en el sector. Se caracterizan por presentar equipos recuperadores del calor (economizadores y calentadores de aire), sistema de tiro balanceado, hornos de parrilla basculante que queman en suspensión y sobrecalentamiento del vapor hasta los 310 °C.

En la planta eléctrica, donde tiene lugar la producción secuencial de energía eléctrica y térmica necesarias para el proceso de producción, el equipo motriz de los generadores lo constituyen turbinas de contrapresión cuyas características técnicas fundamentales según se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Datos técnicos fundamentales de las turbinas R-4-20/2TK.

Tipo	Potencia nominal en los bornes del generador (kW)	Frecuencia de rotación (rpm)	Parámetros nominales del vapor directo		Consumo de vapor con potencia y parámetros del vapor nominales (Tn/h)	Consumo específico de vapor en este caso (kg/kWh)	Contra-presión nominal (kg/cm ² abs)
			Presión (kg/cm ² abs)	Temperatura (°C)			
R-4-20/2TK	4000	3600	18	310	42,5	10,62	2
			23	350	38,0	9,5	

El vapor de escape a la salida de las turbinas es utilizado como fuente de energía térmica en el proceso de producción y esta demanda es quien define la producción de vapor en las calderas y por ende, la generación de electricidad. Este consumo de vapor y energía eléctrica está afectado por las condiciones operacionales de la fábrica y son varios factores técnicos, organizativos y operacionales que inciden en el mismo.

La energía eléctrica producida es utilizada para satisfacer la demanda interna de la fábrica y los excedentes son exportados al SEN a través del transformador de enlace TE.

2.2.1 Situación de la UEB Central Azucarero Ciudad Caracas

A continuación se resume la situación actual de la fábrica siguiendo el flujo productivo.

Basculador:

Es el encargado de transportar la materia prima en sus conductores o esteras, desde que se descarga por los carros de ferrocarril o automotores hasta los diferentes equipos de preparación como son los niveladores y juegos de cuchillas que se encargan de dar un nivel de descompactación de las fibras de la caña para extraer la mayor cantidad de jugo posible.

Molinos:

En esta área se encuentran las unidades de extracción del guarapo formada por cinco molinos de tres masas cada uno de ellos, además de las esteras conductoras encargadas de transportar el colchón de bagazo de caña de uno hacia el otro, también están las bombas que son las encargadas de enviar el flujo de guarapo hacia el área de calentadores y cuádruple, efecto perteneciente al departamento de fabricación de azúcar.

Generación de Vapor:

Está formada por dos generadores de vapor de 45t/h y 60t/h, cuatro conductores de bagazo encargados de distribuir y alimentar el combustible a cada uno de los hornos, tres bombas de alimentar agua a las calderas, una planta de tratamiento químico de agua, bombas y sistemas auxiliares.

Planta Eléctrica:

Representa el consumidor primario de vapor directo de la fábrica o sea las 105 toneladas de vapor directo por horas generadas en las calderas pasan a través de los dos turbogeneradores de 4 MW cada uno, con esta producción de energía se satisface la demanda interna y se exporta el excedente al SEN.

Fabricación de Azúcar:

Este departamento presenta una tecnología que consume todo el vapor después que pasa por los turbo generadores, el vapor pasa a la función de evaporación del agua que trae el jugo de la caña , luego se condensa y regresan en forma de condensados(puros o contaminados) para la alimentación del proceso, tanto en calderas como en la fábrica en general.

2.3 Principales factores que inciden en el bajo índice de generación.

Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. Para diagnosticar las causas que provocan un bajo índice de generación eléctrica se entrevistaron a técnicos y especialistas de los diferentes departamentos de la industria para conocer, según sus criterios, cuáles eran los factores que pudieran llevar a una mejora de proceso de generación de electricidad. Esta encuesta abierta solo tenía como objetivo que se expresaran todos aquellos posibles factores que en mayor o menor grado pudieran incidir en este proceso a juicio de los especialistas de las diferentes áreas de la industria.

Los factores relacionados y de carácter general son los siguientes:

- Capacitación insuficiente del personal.
- Indisciplinas tecnológicas en la operación del sistema.
- Atención y motivación deficiente del personal clave.
- Falta de materiales y recursos.
- Mantenimiento insuficiente.
- Deficiencias en la operación en las áreas de la fábrica.
- Deficiencias mecánicas en los turbogeneradores.
- Mala recolección de condensados por equipos defectuosos.
- Instrumentación insuficiente.
- Falta de control.
- Caídas de presión en tuberías de vapor desde generación de vapor hasta la planta eléctrica.
- Aislamiento térmico defectuoso o insuficiente.
- Falta de análisis de indicadores energéticos por parte de la dirección.

Otros factores del área de preparación y molida que inciden en la eficiencia del área de generación de vapor y que también perjudican la generación eléctrica:

- Alta humedad del bagazo a la salida de los molinos.
- Altura incorrecta del colchón de bagazo.
- Vacíos en las esteras alimentadoras de caña.
- Deficiencias mecánicas en los molinos.

- Falta de coordinación en la molienda.
- Exceso de agua en baldeo de las bandejas interiores que disminuyen el brix del jugo excesivamente.

Otros factores del área de purificación que inciden en la eficiencia del área de generación de vapor y que también perjudican la generación eléctrica:

- Suciedad interna de los equipos de transferencia de calor.
- Falta de aislamiento térmico en tuberías, tanques y accesorios del sistema.
- Equipos eléctricos trabajando en vacío que afectan el consumo neto de electricidad.
- Malas operaciones.

Otros factores del área de evaporación que inciden en la eficiencia del área de generación de vapor y que también perjudican la generación eléctrica:

- Altos niveles de jugo en los equipos de transferencia de calor provocando arrastres de azúcar en su interior y contaminación del condensado.
- Deficiente aislamiento térmico en tuberías, válvulas y equipos de transferencia de calor provocando pérdidas de energía.
- Suciedad e incrustaciones de azúcar en la superficie de transferencia de calor del cuádruple efecto.
- Mal aprovechamiento de los periodos de mantenimiento programado.
- Motores eléctricos funcionando en vacío en ocasiones.
- Indisciplina tecnológica en el proceso.

Otros factores del área de cristalización y centrifugación que inciden en la eficiencia del área de generación de vapor y que también perjudican la generación eléctrica:

- Malas operaciones provocando gastos adicionales en el consumo de vapor.
- Suciedad e incrustaciones de azúcar en las superficies de transferencia de calor de los tachos.
- Deficiente aislamiento térmico en tuberías, válvulas y demás equipos de transferencia de calor.

Otros factores del área de almacén de azúcar, envase y manipulación que inciden en la eficiencia del área de generación de vapor y que también perjudican la generación eléctrica:

- Deficiente aislamiento térmico en tuberías, válvulas y equipos de transferencia de calor (secador de azúcar).

- Utilización incorrecta de aplicación del vapor.

2.4 Diagrama causa efecto para el índice de generación eléctrica.

Los factores anteriormente identificados pueden agruparse en un diagrama causa efecto.

El diagrama causa efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

Este tipo de diagrama facilita recoger las numerosas opiniones expresadas por el equipo sobre las posibles causas que generan el problema. Se trata de una técnica que estimula la participación e incrementa el conocimiento de los participantes sobre el proceso que se estudia.

Es importante destacar que en la correcta elaboración del diagrama causa efecto se encuentra una buena parte del éxito en la solución de un problema. Los factores identificados por los especialistas de la industria y relacionados en el epígrafe anterior constituyen el punto de partida en la construcción del diagrama causa efecto.

2.4.1 Clasificación de las causas primarias.

Para una correcta construcción del diagrama causa efecto se recomienda seguir un proceso ordenado, con la participación del mayor número de personas involucradas en el tema de estudio por lo que en esta investigación se consideran los mismos especialistas y operarios de las diferentes áreas que participaron en la formulación de los factores.

En función de las características del problema que se aborda, se ha adoptado la siguiente clasificación para las causas primarias:

Causas debidas a los equipos

En esta clase de causas se agrupan aquellas relacionadas con el proceso de transformación energética en el bloque de generación como turbogeneradores y generadores de vapor empleados, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos,

problemas de operación, eficiencia, etc. También se incluyen los problemas asociados a otros equipos tecnológicos y maquinaria que aunque no pertenecen al bloque energético, inciden en el proceso de generación y uso del vapor y la electricidad.

Causas debidas al método

Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Se incluye la falta de normas técnicas o la no observancia de las mismas, deficiente operación, violación de las capacidades máximas de los equipos que conducen a averías, método de control de los indicadores por la administración, etc.

Causas debidas al factor humano

En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Por ejemplo, falta de experiencia del personal, salario, grado de entrenamiento y capacitación, creatividad, motivación, pericia, habilidad, estado de ánimo, etc.

Causas debidas al entorno.

Se incluyen en este grupo aquellas causas que pueden venir de factores externos como, ambiente laboral, incentivos económicos del SEN, políticas energéticas, etc.

Causas debidas a la instrumentación y control.

Frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta. Por ejemplo: descalibraciones en equipos, fallas en instrumentos de medida, errores en lecturas, nivel de automatización, etc.

2.4.2 Elaboración del diagrama causa efecto.

Una vez que se han clasificado las causas primarias se elabora el diagrama causa efecto. El resultado final que permite visualizar las causas que provocan bajo índice de generación se muestra en la Figura 2.2.

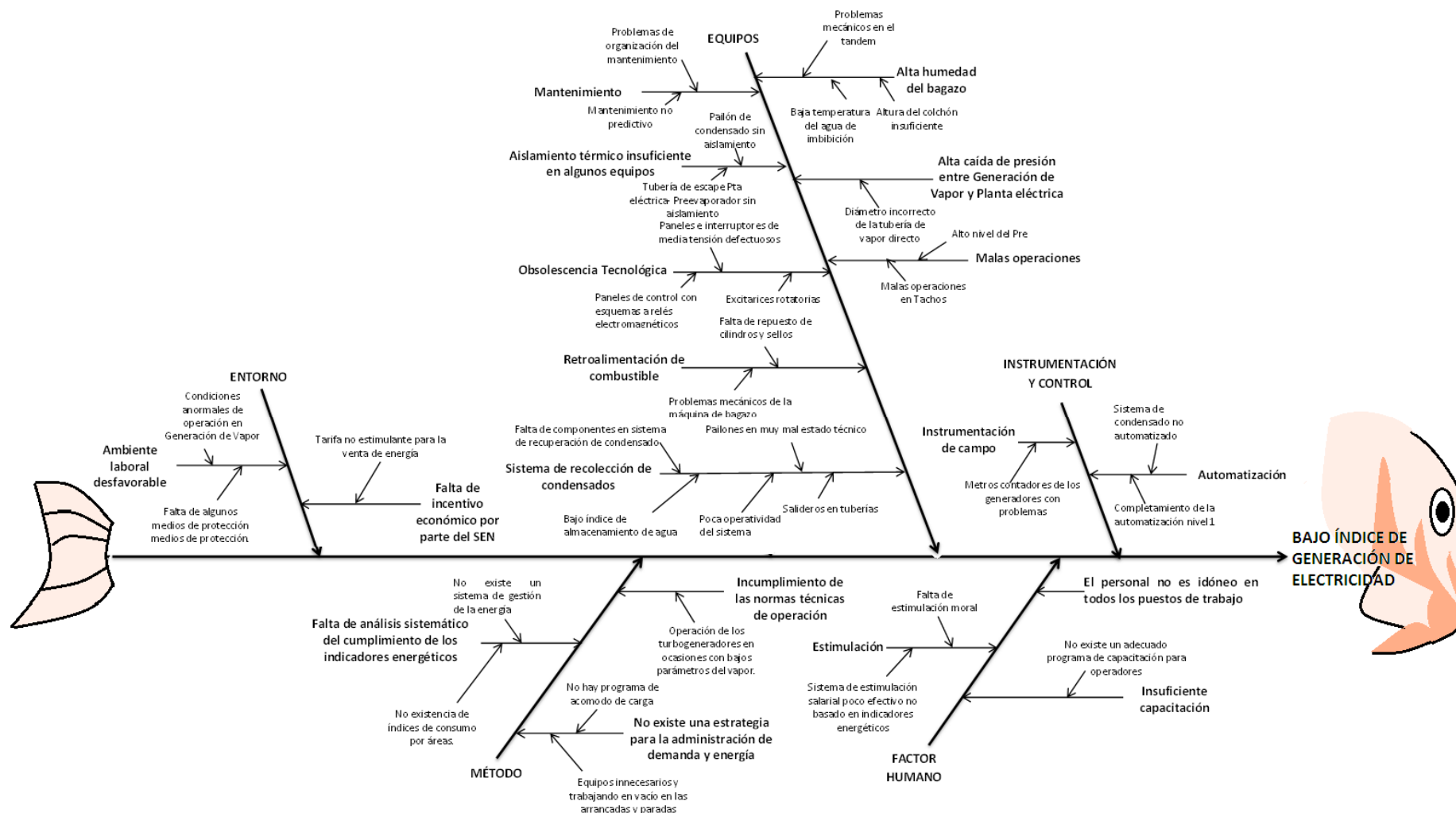


Figura 2.2 Factores influyentes en el bajo índice de generación de electricidad

2.5 Propuesta de mejoras para el proceso de generación eléctrica.

A partir del diagrama desarrollado en el epígrafe anterior se plantean un grupo de medidas para mejorar el desempeño del bloque energético, aprovechar mejor las capacidades instaladas y por ende lograr incrementos en el índice de generación de electricidad. Estas son:

1. Completar el 100% de los medios de protección en el área de Generación de Vapor, especialmente limpiadores de hornos, operadores de caldera y máquina de bagazo.
2. Establecimiento de un programa de mantenimiento predictivo para disminuir las interrupciones por averías en la industria.
3. Identificar y resolver problemas mecánicos en primer y quinto molino que impiden aumentar colchón y estabilizar la alimentación de combustible a los hornos con la humedad requerida.
4. Identificar y resolver problemas del quinto molino que impiden aumentar temperatura del agua de imbibición.
5. Implementar soluciones proyectadas para la tubería de vapor directo desde Generación de Vapor a Planta Eléctrica para disminuir caída de presión.
6. Colocar aislamiento térmico a tubería de vapor de escape desde Planta Eléctrica a Pre-Evaporadores.
7. Colocar aislamiento térmico a los pailones del sistema de condensados.
8. Sustituir interruptores de aceite en nivel de media tensión para aumentar fiabilidad del sistema eléctrico.
9. Modernizar paneles de control y mando en Planta eléctrica sustituyendo los esquemas a relés electromagnéticos por relevadores digitales multifuncionales.
10. Sustituir las excitatrices rotatorias por estáticas.
11. Mantener los niveles de jugo en los Pre-evaporadores salpicando la primera luceta para evitar contaminaciones del vapor vegetal.
12. Controlar operaciones en tachos para evitar picos de demandas de vapor en proceso.
13. Garantizar mantenimiento y stop de repuestos de cilindros y sellos de la máquina de retroalimentación de bagazo para evitar tiempo perdido y

- mantener la generación de vapor ante cualquier interrupción de la molida.
14. Adquisición y montaje de un sistema presurizado automático de recolección de condensados.
 15. Automatizar el bloque energético a partir de un sistema SCADA que abarque generación de vapor y planta eléctrica y enlazar con otras áreas de la industria.
 16. Resolver problemas de mediciones en los paneles de los turbogeneradores.
 17. Garantizar por RRHH el personal idóneo para cada puesto de trabajo.
 18. Capacitar al personal de operación de generación de vapor y planta eléctrica.
 19. Capacitar al personal de operación del resto de las áreas en función del desempeño energético.
 20. Diseñar e implementar un sistema de estimulación específico por los resultados del desempeño energético de la industria.
 21. Exigir y controlar el cumplimiento de las normas de operación de los equipos y sistemas de la industria.
 22. Establecer un sistema de control de los indicadores energéticos en los consejos de dirección y cambios de turno.
 23. Implementar un sistema de mantenimiento basado en la condición para los turbogeneradores y equipos dinámicos del bloque energético (análisis de vibraciones y termografía).
 24. Establecer un programa de arrancada y paradas del central con un enfoque de gestión de la demanda de manera que se arranque escalonadamente y no se realice simultáneamente el arranque de equipos grandes consumidores de energía eléctrica, haciendo énfasis en la desconexión de los equipos que se encuentren trabajando en vacío innecesariamente.
 25. Realizar acomodo de carga eléctrica para disminuir picos de demanda.
 26. Implementar un sistema de gestión energética en la industria que garantice la mejora continua de la eficiencia energética.

Las mejoras anteriores requieren de un análisis complementario para establecer un orden de prioridad en función de las más importantes, que a juicio de los especialistas pudieran llevar a un mejor desempeño en un corto plazo y sin grandes inversiones.

2.6 Conclusiones parciales.

1. Se elaboró un diagrama causa efecto que es lo suficientemente útil y brinda beneficios importantes, especialmente para mejorar el conocimiento del personal, ya que facilita un medio para el diálogo sobre los problemas de la industria que inciden en un bajo aprovechamiento de la capacidad de generación de electricidad. El empleo del diagrama causa efecto ayuda a preparar a los grupos de trabajo para abordar metodologías complementarias, que requieren un mayor grado de disciplina y experiencia de trabajo en equipo.
2. Las mejoras planteadas para mejorar el desempeño de la planta requieren de un análisis para establecer un ranking de las mismas que refleje el consenso de los especialistas de la industria en el establecimiento de un orden de prioridades para su ejecución.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO 3. MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE LAS MEJORAS PLANTEADAS.

En este capítulo se parte de las mejoras planteadas en el capítulo anterior y con la utilización del método Delphi con enfoque difuso se establece un ranking de las mismas. Se aplica este método y se determinan las prioridades según el criterio de los especialistas de la industria.

3.1 Método de selección de las prioridades.

Para establecer las prioridades de las medidas factibles de implementar para el escenario especificado se puede utilizar el método Delphi (Francisco et al., 2008) (Hernández et al., 2006) que plantea la posibilidad que en varias rondas de encuestas se llegue a la convergencia en el grado de importancia de las medidas propuestas por los expertos seleccionados.

La primera ronda se realiza con preguntas abiertas y requiere la propuesta de todas las alternativas factibles y viables. Para esta aplicación se considera como primera ronda la sesión de trabajo con el equipo seleccionado para establecer las propuestas de medidas planteadas en el epígrafe 2.5.

La segunda ronda, con preguntas cerradas, solicita a los expertos seleccionados el orden de prioridad en la implementación de las distintas medidas identificadas en la primera ronda permitiendo obtener una opinión grupal de mayor certeza.

Esta segunda ronda de la encuesta se caracteriza por el mantenimiento del anonimato de sus participantes y de una retroalimentación controlada. Con el anonimato se persigue eliminar cualquier influencia negativa de los miembros dominantes del grupo, mientras que con la retroalimentación controlada garantizamos transmisión de información libre de ruidos y tergiversaciones entre los miembros del equipo.

Por último, es importante destacar que la obtención de una opinión grupal permite que todas las opiniones individuales sean tomadas en consideración al momento de determinar las propuestas de reconversión a evaluar.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Determinar todas las medidas posibles para incrementar el índice de generación de electricidad a partir de una primera ronda de consulta a los expertos de la industria.
- b) Asignar un valor escalado a las medidas para ordenarlas de acuerdo a prioridades según el consenso generalizado de los expertos.

c) Selección final de las medidas a considerar.

El método Delphi tradicional da como resultado una tendencia hacia dónde se inclina el grupo pero no da resultados de convergencia que es lo que realmente se necesita para ordenar por prioridades las medidas identificadas. En otras palabras, los resultados del consenso en los estudios actuales Delphi utilizan una serie de estadísticas que no necesariamente hacen converger la opinión de los expertos. El enfoque difuso que se propone para el método Delphi evita el uso de estas técnicas estadísticas mediante la asociación de las prioridades asignadas a cada medida por el personal consultado, con números fuzzy triangulares.

Otra de las ventajas del método es que evita el rechazo de los expertos por no cumplir una regla determinada como lo hacen los métodos tradicionales. Esto se resuelve mediante un factor de importancia que se le aplica a cada experto de acuerdo al nivel de incidencia que tenga en el proceso de toma de decisiones del grupo.

Los conjuntos fuzzy fueron creados para representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, bajo un enfoque no estadístico, y proveer herramientas formalizadas para abordar la imprecisión intrínseca que presentan muchos problemas del entorno (Escobar, 2003). Con base en la lógica fuzzy se desarrolló en el centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, un software para la integración de números fuzzy triangulares, y de esta manera lograr la convergencia de opiniones como se describe a continuación.

3.2 Enfoque difuso de los criterios del grupo.

Cada una de las opiniones emitidas por el personal encuestado para identificar las medidas más importantes se asocia a un número difuso triangular A. La cima a (o el centro) de este número triangular difuso coincide con el criterio del experto de manera que:

$$a \in [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$$

Este número difuso tiene un ancho $\theta > 0$ a la izquierda y un ancho $\lambda > 0$ a la derecha tal que $a - \theta = 1$ y $a + \lambda = 10$, o sea:

$$\theta = a - 1$$

$$\lambda = 10 - a$$

El número difuso triangular puede expresarse como $A = (a, \theta, \lambda)$. En la Figura 3.1 se muestra la representación de dos opiniones definidas por números difusos. El área de intersección representa el grado de coincidencia de las opiniones de los expertos.

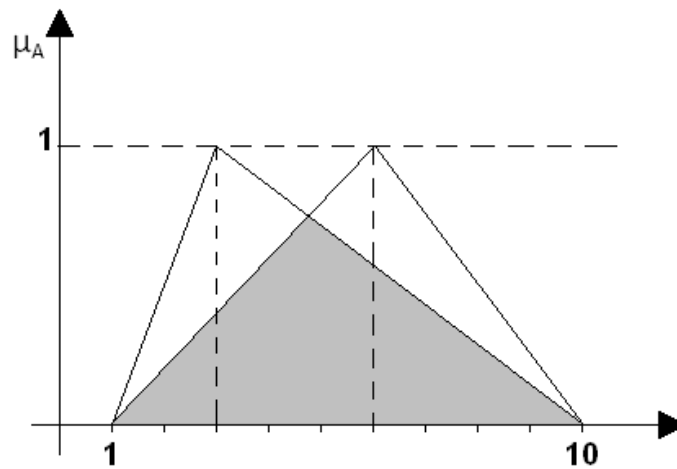


Figura 3.1 Intersección entre dos opiniones.

Para formar el consenso entre los expertos se requiere un algoritmo que permita hacer comparaciones entre parejas de ellos. Para esto se construye una matriz cuyas filas y columnas estén identificadas con los expertos y cuyos elementos sean igual al valor del cociente entre el área de intersección y el área de unión, o sea, los elementos de esta matriz representarán el grado de consenso entre dos expertos. Esta es una matriz cuadrada simétrica (Figura 3.2) denominada Matriz de Acuerdo e indica cuán cercanas están las opiniones entre cada par de expertos. Los elementos de la diagonal principal son iguales a uno ya que el grado de consenso de un experto consigo mismo es del 100%.

	e_1	e_2	e_3	e_4	$\dots$	$\dots$	$\dots$	e_n
e_1	1							
e_2		1						
e_3			1					
e_4				1				
$\vdots$					1			
$\vdots$						1		
$\vdots$							1	
$\vdots$								1
e_n								1

Figura 3.2. Matriz de Acuerdo

Los pasos para establecer el consenso son los siguientes:

1-Entrada de datos: Se le solicita a cada miembro del equipo una ponderación del nivel de importancia que a su juicio tiene cada medida identificada en el epígrafe 2.5. Esto es un valor escalado entre uno y el máximo número de medidas planteadas según el grado de importancia.

2-Asociación de los datos a números difusos triangulares: Se construye un número difuso $\tilde{R}_i$ triangular para cada una de las i -ésimas opiniones de los expertos ($i=1,2,3,\dots,n$). La función de pertenencia asociada a cada uno de estos números difusos $\mu_{\tilde{R}}(x)$ para representar la estimación subjetiva es:

$$\mu_{\tilde{R}}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{(a-x)}{\theta} & \text{si } (a-\theta) < x \leq a \\ 1 - \frac{(x-a)}{\lambda} & \text{si } a \leq x < (a+\lambda) \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

3-Grado de coincidencia entre las opiniones de los expertos: El grado de coincidencia entre los expertos 1 y 2 se determina por la intersección de los números difusos $\tilde{R}_1$ y $\tilde{R}_2$. Un área mayor producto de la intersección indica mayor grado de coincidencia.

4-Importancia de cada experto: La decisión final puede estar afectada por los niveles de importancia de los expertos involucrados ya que hay personas que ejercen mayor incidencia en la toma de decisiones del grupo. El algoritmo para determinar el consenso generalizado considera el nivel de importancia de cada uno de ellos. Este factor se puede determinar valorando la experiencia laboral y la autoevaluación y asociándolo a un factor r_i (grado de importancia del experto i). Con el propósito de generar una escala uniforme se utiliza una medida relativa (w_i) que toma valores entre cero y uno. El grado de importancia relativa w_i se determina como:

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} , \quad \text{donde } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

5-Nivel de acuerdo: Se define como el cociente entre la intersección y la unión de los dos números difusos triangulares, este valor se conoce como la función de medida de la similitud $S(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2)$ o grado de consenso entre el experto E_1 y el experto E_2 . Esta función permite calcular el nivel de acuerdo mediante la siguiente expresión:

$$S(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2) = \frac{\int_x \left(\min \{ \mu_{\tilde{R}_1}(x), \mu_{\tilde{R}_2}(x) \} \right) dx}{\int_x \left(\max \{ \mu_{\tilde{R}_1}(x), \mu_{\tilde{R}_2}(x) \} \right) dx}$$

En la expresión anterior el numerador no es más que el área de intersección de los dos números difusos y el denominador es el área de la unión.

6-Matriz de Acuerdo: Con los niveles de acuerdo entre los expertos se construye la matriz de acuerdo (MA) de la manera siguiente:

$$MA = \begin{bmatrix} 1 & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & 1 & S_{23} & \dots & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & 1 & \dots & S_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \dots & S_{nn} \end{bmatrix}$$

Donde: $S_{ij} = S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j), \forall i \neq j$ y $S_{ij} = 1, \forall i = j$

7-Nivel de acuerdo relativo: El nivel de acuerdo relativo del experto E_i ($i=1,2,\dots,n$) se calcula como:

$$NAR_i = \frac{A(E_i)}{\sum_{i=1}^n A(E_i)}$$

Donde: $A(E_i)$ es el nivel de acuerdo promedio para cada uno de los expertos, que no tiene en cuenta el valor de la diagonal en el cálculo, o sea:

$$A(E_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n S_{ij}$$

8-Coeficiente del nivel de consenso: Se define para cada experto E_i ($i=1,2,\dots,n$) como:

$$CNC_i = \beta \cdot w_i + (1 - \beta) \cdot NAR_i$$

Donde: α_i es un coeficiente que permite ponderar el peso que se da tanto al nivel de acuerdo relativo como al grado de importancia relativo en la respuesta final, $\alpha_i = \frac{1}{n}$.

9-Número difuso global: Este es quien integra la opinión de los expertos. A partir de la definición del coeficiente del nivel de consenso del experto E_i ($i=1,2,\dots, n$), se define como:

En resumen, el algoritmo permite integrar la opinión difusa de cada uno de los expertos consultados dentro de un único número difuso que representa la opinión común.

3.3 Software en Matlab para automatización de los cálculos.

El programa utilizado se denomina ***Delphi_Fuzzy.m*** desarrollado en el CEEMA y automatiza los cálculos del método Delphi con enfoque difuso descrito en el epígrafe anterior en una aplicación en Matlab versión 7.10.0. (Ramos Miranda & Gómez Sarduy, 2011)

El módulo de datos de entrada permite al usuario introducir al software el coeficiente α_i , posteriormente se despliega una ventana para importar los datos de la segunda ronda de encuesta previamente acondicionada en una hoja de cálculo Excel según se muestra en la Figura 3.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	Medidas	E1	E2	E3	E4	E5	E6							
3	M1	1	21	23	14	26	8							
4	M2	6	15	18	15	10	7							
5	M3	4	8	14	16	11	1							
6	M4	5	7	13	17	12	5							
7	M5	22	25	15	18	1	2							
8	M6	7	20	16	20	21	18							
9	M7	8	14	12	22	22	17							
10	M8	26	26	17	13	20	23							
11	M9	9	23	11	23	13	24							
12	M10	23	24	26	25	23	25							
13	M11	21	13	20	19	19	19							
14	M12	20	19	19	26	25	20							
15	M13	10	18	24	1	18	3							
16	M14	2	5	9	21	15	9							
17	M15	14	6	10	24	14	22							
18	M16	25	12	21	6	16	21							
19	M17	11	11	5	12	9	16							
20	M18	12	10	25	11	8	11							
21	M19	13	9	6	10	7	12							
22	M20	15	4	22	3	6	4							
23	M21	16	1	2	7	5	26							
24	M22	20	17	3	9	17	13							
25	M23	17	22	7	8	24	14							
26	M24	3	2	4	2	4	6							
27	M25	18	3	8	5	2	15							
28	M26	19	16	1	4	3	10							
29														
30														

Figura 3.3 Matriz de datos de la segunda ronda de encuesta a los expertos.

Las filas de la matriz de datos de la Figura 3.3 representan las medidas planteadas en el epígrafe 2.5 y los elementos de cada columna constituyen los valores asignados a cada medida por cada experto en una escala determinada, en este caso del 1 al 26, siendo los menores valores los de mayor prioridad a opinión del experto.

Una vez importado estos datos, el software identifica la cantidad de medidas y de expertos y solicita al usuario que se introduzca uno a la vez la importancia relativa del experto. Finalmente se debe introducir un paso de integración para calcular el área de intersección y de la unión de los números difuso triangulares y determinar el nivel de acuerdo entre dos expertos.

Finalmente, una vez realizados los cálculos correspondientes, el software devuelve el número difuso integrado para cada medida por orden de prioridad que es representativo de la opinión grupal de los expertos.

3.4 Resultados

La encuesta fue realizada a un total de 6 expertos seleccionados entre el personal propio de la industria y otros especialistas del sector con experiencia en la esfera de operación y generación de vapor y electricidad. Entre los expertos se consideran especialistas y técnicos de la industria con alta calificación así como operadores y obreros de diferentes áreas del central con reconocida experiencia laboral.

Las características de los expertos encuestados se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Caracterización de los expertos encuestados.

Expe rto	Calificación			Especialidad	Ocupación	Años de experien cia
	OC	TM	Nivel Sup.			
1			x	Ing. Industrial	Técnico A Producciones Azucareras	27
2			x	Ing. Industrial	Técnico B Producciones Azucareras	21
3		x		TM en electricidad	Jefe de Planta Eléctrica	20
4			x	Ing. Industrial	Técnico A Generación de Vapor	19
5			x	Ing. Químico	Especialista Principal	16
6			x	Ing. Mecánico	Técnico en Mantenimiento	11

Como se puede apreciar estos son especialistas de la industria con más de 10 años de experiencia por lo que se considera en este estudio $\beta=0$, para desprejar la influencia de la importancia relativa de los expertos. En el Anexo 1 se muestra la ventana de resultados del cálculo del coeficiente de nivel de consenso para cada medida.

En la Figura 3.4 se muestra la ventana del Comand Window del Matlab con la información mostrada por la aplicación informática desarrollada para el caso de que se considere igual grado de importancia para cada experto ($\beta=0$).

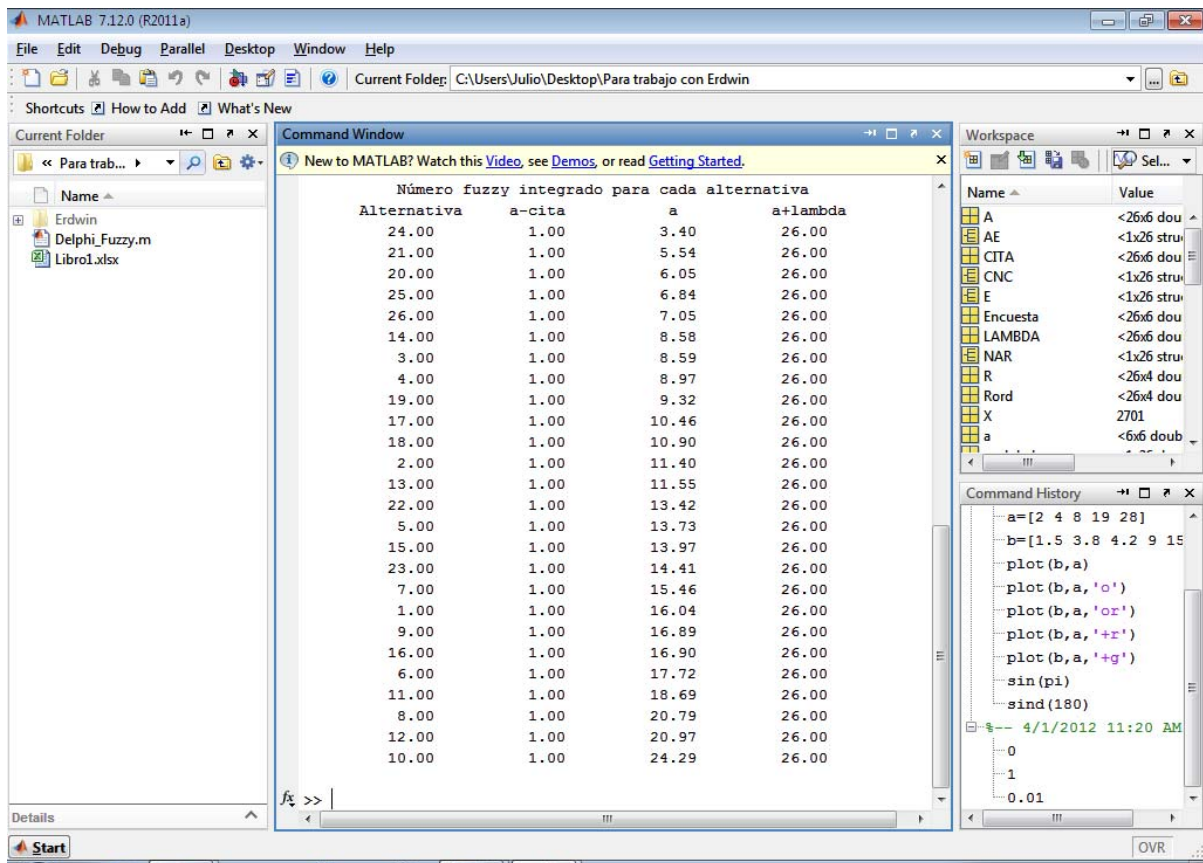


Figura 3.4 Ventana mostrando resultados de la corrida del software.

Finalmente, las medidas propuestas ordenadas por orden de prioridad según el consenso de un equipo de especialistas de la industria son las siguientes:

1. Establecer un programa de arrancada y paradas del central con un enfoque de gestión de la demanda, haciendo énfasis en la desconexión de los equipos que se encuentren trabajando en vacío innecesariamente.
2. Exigir y controlar el cumplimiento de las normas de operación de los equipos y sistemas de la industria.
3. Diseñar e implementar un sistema de estimulación específico por los resultados del desempeño energético de la industria.
4. Realizar acomodo de carga eléctrica para disminuir picos de demanda.
5. Implementar un sistema de gestión energética en la industria que garantice la mejora continua de la eficiencia energética.
6. Adquisición y montaje de un sistema presurizado automático de recolección de condensados.

7. Identificar y resolver problemas mecánicos en primer y quinto molino que impiden aumentar colchón y estabilizar la alimentación de combustible a los hornos con la humedad requerida.
8. Identificar y resolver problemas del quinto molino que impiden aumentar temperatura del agua de imbibición.
9. Capacitar al personal de operación del resto de las áreas en función del desempeño energético.
10. Garantizar por RRHH el personal idóneo para cada puesto de trabajo.
11. Capacitar al personal de operación de generación de vapor y planta eléctrica.
12. Establecimiento de un programa de mantenimiento predictivo para disminuir las interrupciones por averías en la industria.
13. Garantizar mantenimiento y stop de repuestos de la máquina de bagazo para evitar tiempo perdido y mantener la generación ante cualquier interrupción de la molida.
14. Establecer un sistema de control de los indicadores energéticos en los consejos de dirección y cambios de turno.
15. Implementar soluciones proyectadas para la tubería de vapor directo desde Generación de Vapor a Planta Eléctrica para disminuir caída de presión.
16. Automatizar el bloque energético a partir de un sistema SCADA que abarque generación de vapor y planta eléctrica y enlazar con otras áreas de la industria.
17. Implementar un sistema de mantenimiento basado en la condición para los turbogeneradores y equipos dinámicos del bloque energético (análisis de vibraciones y termografía).
18. Colocar aislamiento térmico a los pailones del sistema de condensados.
19. Completar el 100% de los medios de protección en el área de Generación de Vapor, especialmente limpiadores de hornos, operadores de caldera y máquina de bagazo.

20. Modernizar paneles de control y mando en Planta eléctrica sustituyendo los esquemas a relés electromagnéticos por relevadores digitales multifuncionales.
21. Resolver problemas de mediciones en los paneles de los turbogeneradores.
22. Colocar aislamiento térmico a tubería de vapor de escape desde Planta Eléctrica a Pre-Evaporadores.
23. Mantener los niveles de jugo en los Pre-evaporadores salpicando la primera luceta para evitar contaminaciones del vapor vegetal.
24. Sustituir interruptores de aceite en nivel de media tensión para aumentar fiabilidad del sistema eléctrico.
25. Controlar operaciones en tachos para evitar picos de demandas de vapor en proceso.
26. Sustituir las excitatrices rotatorias por estáticas.

Este resultado constituye sin duda una herramienta para asistir a la toma de decisiones en la implementación de medidas que coadyuven a mejoras en el proceso de generación de electricidad.

3.6 Resultados preliminares. (Índice de generación alcanzado en la zafra)

Con las medidas plasmadas en el epígrafe anterior se le aplica la técnica 5WH como se muestra en el Anexo 2.

Los resultados alcanzados hasta fecha se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Indicadores de zafra históricos UEB Central Ciudad Caracas

ZAFRA	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	11/12
Días de Zafra	103	103	95	86	97	96.016
Caña Molida tn	296673	254850	220732	213310	236088	216332.850
% Aprovechamiento	72.3	62	58.67	62.6	66.7	56
Generación	12985.4	11180	8841.6	8299.8	5537	7135.3
Consumo	264.039	313.47	519.1	420.4	1085.5	857.6
Entrega	3666.88	3073.5	2236.9	1692.8	881.2	1581.2
Consumo Industria	9582.54	8420.2	7123.8	7027.4	5741.3	6411.7

Ind. Generac. (Kwh/t)	43.77	43.87	40.1	38.9	23.5	35.6
Ind. Cons. SEN (Kwh/t)	0.89	1.23	2.4	2.0	4.6	4.14
Ind. Entrega (Kwh/t)	12.36	12.06	10.1	7.9	3.7	7.9
Ind. Cons. Ind. (Kwh/t)	32.3	33.04	32.3	32.9	24.3	4.3
Autoabastecimiento	135	132.8	124.1	118.1	96.4	111.5

Como puede apreciarse en el caso que ocupa del índice de generación en las zafas anteriores la tendencia era decreciente y a partir de la implementación parcial de las medidas propuestas se logran los resultados mostrados en la última columna que evidentemente muestran un desempeño superior.

3.7 Conclusiones parciales.

1-Se ha utilizado un modelo de decisión híbrido a partir del método Delphi con enfoque difuso, para el establecimiento de un ranking en las medidas planteadas para la mejora de un proceso. La metodología desarrollada tiene en cuenta la importancia de los expertos consultados, resolviendo el problema de otros métodos que rechazan algunos expertos por no cumplir determinadas exigencias.

3-A diferencia de otros métodos reportados en la literatura especializada, este permite cuantificar el consenso del grupo de expertos en un número difuso global obteniéndose un orden de importancia de las medidas propuestas según la opinión del grupo de expertos.

4-Es posible elevar el índice de generación de electricidad implementando 26 medidas definidas por los expertos y el consenso es que las cinco más importantes son de carácter organizativo.

5-El desempeño energético de esta zafa a partir de la implementación de algunas de las mejoras propuestas es superior al de zafas precedentes alcanzándose un índice de generación de 35.6 kWh/tn, representando este el 101,7 del plan propuesto a la UBE.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La revisión bibliográfica realizada, fue el proceso analítico que nos sirvió, 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 tratado y que incidieron decisivamente en el ahorro de tiempo y recursos en la investigación,
2. Se logra una caracterización general del proceso y su diagnóstico, definiendo los factores que afectan los parámetros del desempeño energético de esta fábrica en su proceso de producción.
3. Se logró hacer un planteamiento con las mejoras que se derivan del análisis anterior basado en herramientas y procedimientos que a su vez contribuyen a un mejoramiento del índice de generación de esta industria.
4. Seleccionar un método para la toma de decisiones para establecer un ranking de la prioridad de las mejoras planteadas y proponer su implementación según el orden establecido.
5. 5-El desempeño energético de esta zafra a partir de la implementación de algunas de las mejoras propuestas es superior al de zafras precedentes alcanzándose un índice de generación de 35.6 kWh/ton, representando este el 101,7 del plan propuesto a la UBE.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- 1-Implementar las mejoras propuestas y evaluar los resultados en las próximas zafras.
- 2- Realizar un análisis de los resultados alcanzados en cada etapa del proceso de aplicación de las mejoras.
- 3- Mantener un control permanente del cumplimiento de estas mejoras y de su aplicación , debido a que muchas de ellas son de carácter organizativo y requieren de seguimiento.
- 4- Se recomienda la extensión de esta experiencia a otras UEB de la provincia que presenten una situación similar.

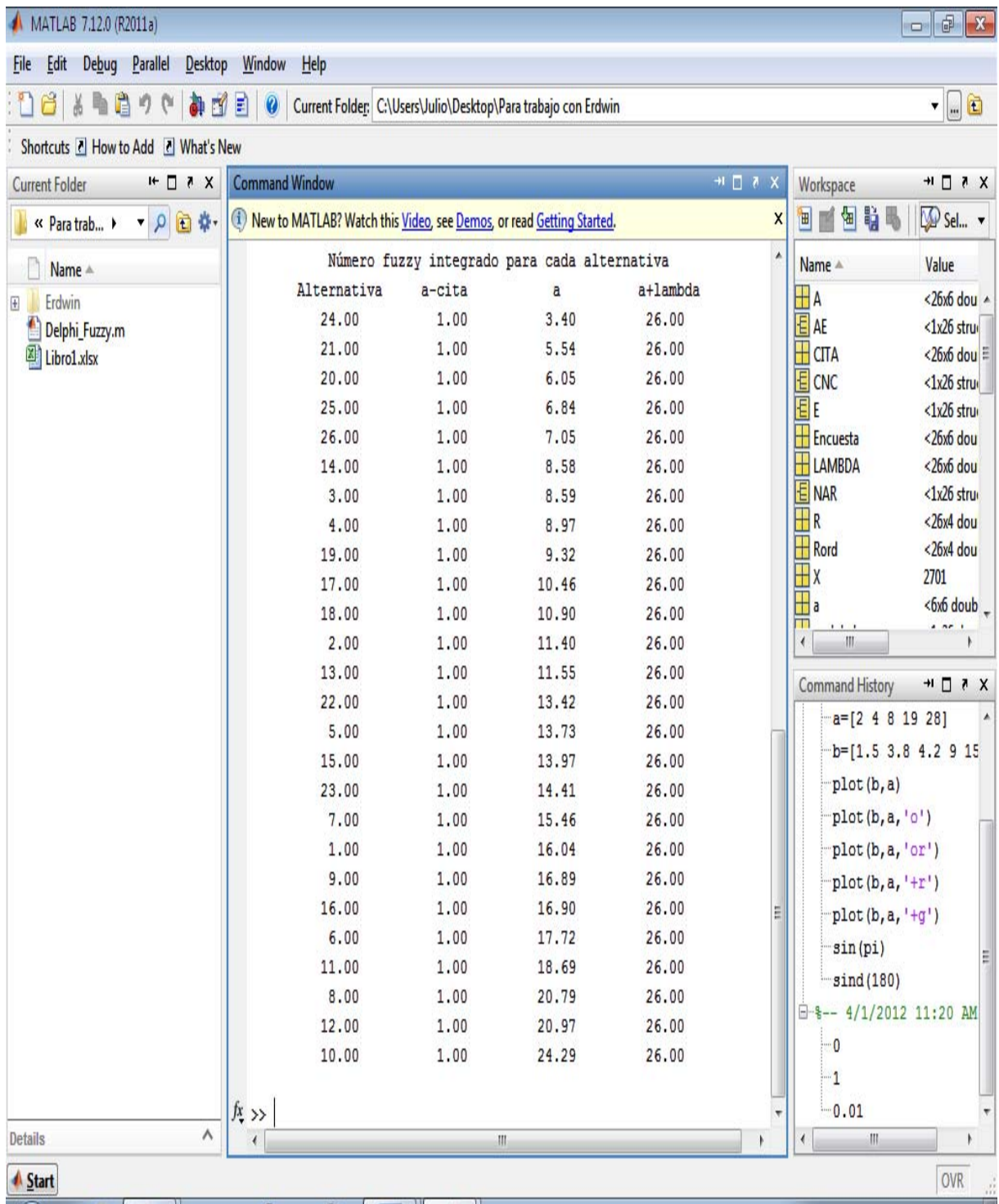
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Altshuler, J., & (2004). *Hacia una conciencia energética*. La Habana: Academica.
- Cuba .ICINAZ. (2007). Actualización de las medidas aprobadas para esta etapa de los 4 programas de la industria azucarera. [s.n].
- García Álvarez, E. (2001). Sistema de calentamiento, para el aprovechamiento de Calor y agua: Conferencia Internacional de Energía y Biomasa en la Agroindustria Azucarera Cubana. Palacio de las Convenciones.
- Navarro Aladro, E. (2008). *Distribución de carga entre unidades de una planta cogeneradora con tecnología de contrapresión empleando técnicas de inteligencia artificial* (Tesis para optar por el grado académico de Máster en eficiencia Energética.). Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Ramos Miranda, F., & Gómez Sarduy, J. R. (2011, septiembre 10). Software para la automatización de la selección de alternativas empleando el método Delphi y la lógica difusa.
- Tórres López, L. (2004). *Sistema de Gestión aplicada a la Empresa Azucarera Ciudad Caracas*. (Trabajo de diploma. Facultad de Ingeniería Mecánica). Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Torres Martínez, J. (2005). Nuevo Sistema Electro energético Nacional en Cuba, basado fundamentalmente en biomasa cañera : V Conferencia Internacional de Energía Renovable, Ahorro de Energía y Educación Energética. [s.n].
- UEB. (2012a). *Informe final de zafra.UEB Central Azucarero Ciudad Caraca* (Sala de control y análisis). Cienfuegos.
- UEB. (2012b). *Partes diarios Energía Eléctrica* (Sala de control y análisis). Cienfuegos.

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 2

QUE?	¿POR QUE?	¿DONDE?	¿CUANDO?	¿QUIEN?	¿COMO?
Exigir y controlar el cumplimiento de las normas de operación de los equipos y sistemas de la industria.	Es necesario cumplir correctamente con las normas operativas	En todo el proceso en general de la industria	En periodo de Zafra	Operadores, jefes de turnos. de áreas	Revisando constantemente el proceso

Para proceder a organizar el trabajo de la ejecución de las mejoras en el proceso de generación eléctrica de esta UEB nos apoyamos en una herramienta muy útil, como es La 5W Y 1H, ya que con esta podemos desarrollar y controlar el cumplimiento de cada una de las actividades necesarias para el mejoramiento de el sistema anteriormente nombrado. Como se puede apreciar en la tabla anterior, se muestra como ejemplo una de las 26 mejoras a aplicar, utilizando esta herramienta.