

**PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EL ÁREA DE MOLIENDA DEL INGENIO
PROVIDENCIA S.A. DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA
ISO 50001**

MANUEL HERNANDO RODRIGUEZ RAMOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EL ÁREA DE MOLIENDA DEL INGENIO
PROVIDENCIA S.A. DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA
ISO 50001**

MANUEL HERNANDO RODRIGUEZ RAMOS

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Electricista**

**Directora
ROSAURA DEL PILAR CASTRILLÓN MENDOZA
Maestría en ingeniería énfasis en ingeniería eléctrica**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electricista

GABRIEL GONZALEZ PALOMINO

ADRIANA JANETH GONZALEZ

Santiago de Cali, 12 de Agosto de 2013

Mi trabajo de grado se lo dedico a Dios que fue el motor el impulso en momentos difíciles a mis padres por la vida, mi esposa Aura María por su respaldo incondicional y motivación permanente, a mis hijos Jhon Jairo, Angélica, Manuel José por sus ayudas constantes, mis nietos, Hermanos, sobrinos y Tíos por las palabras de aliento.

Le dedico al ingenio Providencia S.A. al ingeniero Wilson Rodríguez por el respaldo que siempre me brindo durante la carrera dándome los permisos para asistir a clase y por la oportunidad que hoy tengo en el área de potencia del departamento eléctrico.

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo Manuel José Rodríguez por el apoyo brindado, su dedicación y acompañamiento.

A la Universidad Autónoma de occidente, a todos los docentes que me acompañaron en la formación académica dando lo mejor para enriquecer de conocimiento a todos los estudiantes.

Agradezco a mis compañeros de estudio, Diego Fernando Valencia e Ivan Enrique Zúñiga por su gran espíritu de compañerismo.

Especial agradecimiento a la ingeniera Rosaura Castrillón directora de programa de ingeniería eléctrica y directora de mi tesis, por todo el apoyo brindado en mi proceso de formación profesional.

CONTENIDO.

	pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
1. ANTECEDENTES	17
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GENERAL.	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	23
5. LA NORMA ISO 50001 Y LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	24
5.1 NTC-ISO 50001: GENERALIDADES	24
5.2 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA SEGÚN NORMA ISO 50001	25
5.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	26
5.3.1 Requisitos legales y otros requisitos	27
5.3.2 Revisión energética	28

5.3.3	Línea de base energética	29
5.3.4	Indicadores de desempeño energético IDEs	30
5.3.5	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	30
6.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	31
6.1	INFORMACIÓN GENERAL Y ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.	31
6.1.1	Mantenimiento predictivo	32
6.1.2	Mantenimiento preventivo	32
6.1.3	Mantenimiento correctivo	32
6.1.4	Estructura organizacional	34
6.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.	35
7.	PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EL ÁREA DE MOLIENDA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	39
7.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES RELACIONADOS CON EL USO, CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	39
7.1.1	Relación entre norma NTC-ISO 50001 y otras normas internacionales	39
7.1.2	Certificaciones del Ingenio Providencia S.A	41
7.1.3	Identificación de los antecedentes legales y regulatorios	43
7.2	LINEAMIENTOS DE LA REVISIÓN ENERGÉTICA	46
7.2.1	Fuentes de energía actuales	47
7.2.2	Descripción del sistema eléctrico	51
7.2.3	Esquema de medición	53

7.2.4 Identificación de consumo eléctrico en las áreas de Ingenio Providencia S.A.	54
7.3 LÍNEAS DE BASE ENERGÉTICA	63
7.3.1 Línea de base energética total	63
Línea base energética del proceso de Molienda	65
7.4 PROTOCOLOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO IDE	69
7.4.1 Indicadores de desempeño establecidos en el Ingenio Providencia S.A	70
7.4.2 Propuesta de Indicadores de Desempeño Energético	71
7.4.3 Objetivos, Metas y Planes de acción	79
8. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR REDUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LAS ÁREAS DE MOLIENDA DEL INGENIO.	82
8.1 POTENCIAL DE AHORRO	82
8.2 PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN EL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	88
8.2.1 Acomodo de cargas	88
8.2.2 Esquema de mediciones propuesto	89
8.2.3 Plan de acción por cambio tecnológico	90
8.2.4 Plan de acción por buenas prácticas	94
9. CONCLUSIONES	98
10. RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Correspondencia entre algunas normas para determinar los trabajos asociados al programa de certificación	39
Cuadro 2. Formato de matriz de requisitos legales y otros	46
Cuadro 3. Energéticos en el Ingenio Providencia, en BTU y MBTU	47
Cuadro 4. Bagazo y carbón consumido en el proceso de combustión para la generación de vapor en el año 2012.	49
Cuadro 5. Distribución de consumos de energía eléctrica por proceso	55
Cuadro 6. Distribución de consumos por área	57
Cuadro 7. Consumos de molinos	60
Cuadro 8. Distribución de las cargas medidas en el proceso productivo del área de molinos ingenio Providencia S.A.	61
Cuadro 9. Resumen de la revisión energética en el Ingenio Providencia S.A.	62
Cuadro 10. Indicadores de Informe Diario	71
Cuadro 11. Indicadores de Desempeño Energético propuestos	72
Cuadro 12. Resumen de la Planificación Energética	81
Cuadro 13. Aspectos e impactos de las condiciones generales en el proceso productivo de la caña de azúcar y sus derivados en Ingenio Providencia	84
Cuadro 14. Variables que afectan los consumos de energía en el Ingenio Providencia	85
Cuadro 15. Causas del aumento en el consumo de energía vs producción	87
Cuadro 16. Ejemplo de recuperación de la inversión de un motor de alta eficiencia	91

Cuadro 17. Plan de Acción: Por cambios tecnológicos	92
Cuadro 18. Plan de Acción: Por Buenas Prácticas	96

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo de Sistema de Gestión Energético propuesto en la ISO 50001	24
Figura 2. Pasos para obtener una planificación energética	27
Figura 3. Organigrama institucional del Ingenio Providencia S.A.	34
Figura 4. Movimiento administrativo y de proceso para la obtención de productos finales	36
Figura 5. Balance energético de la empresa	37
Figura 6. Diagrama de flujo energético	37
Figura 7. Distribución energética general por áreas	38
Figura 8. Planificación energética - principio de oportunidad	40
Figura 9. Diagrama de requisitos legales comprometidos con la responsabilidad social, ambiental y económica del Ingenio Providencia S.A.	41
Figura 10. Principales agentes legales regulatorios de un Sistema de Gestión	43
Figura 11. Consumo de energéticos en MBTU	48
Figura 12. Gráfico de vapor generado relacionado con el consumo de bagazo y carbón con la tendencia según su variabilidad en el proceso productivo.	49
Figura 13. Gráfico de consumo de bagazo según vapor generado	50
Figura 14. Gráfico de vapor generado y consumo de Energía eléctrica	50
Figura 15. Diagrama de conexión del circuito eléctrico con el STN a 115 kV	51
Figura 16. Diagrama de distribución unifilar del Ingenio Providencia S.A.	52
Figura 17. Arquitectura de la medición actual	53

Figura 18. Arquitectura de comunicación para la medición	54
Figura 19. Gráfico de variación del consumo de energía en 2011 y 2012	56
Figura 20. Gráfico de control total de la planta	56
Figura 21. Consumo porcentual de energía en las áreas de fábrica	58
Figura 22. Gráfico de distribución de consumos de energía por áreas de fábrica	58
Figura 23. Gráfico de control proceso de Molienda	59
Figura 24. Gráfico de consumos en las áreas de molinos	60
Figura 25. Diagrama de consumos en molinos	60
Figura 26. Gráfico de potencia instalada en kW	61
Figura 27. Porcentaje de equipos instalados en el área de molienda	61
Figura 28. Gráfico de Pareto consumos en Molinos.	62
Figura 29. Gráfico de línea de base energética total	64
Figura 30. Gráfico de línea meta del proceso total	65
Figura 31. Diagrama de flujo del área de molinos del Ingenio Providencia S.A.	66
Figura 32. Esquema general del proceso de Molienda y extracción de jugo diluido y bagazo	67
Figura 33. Gráfico de línea de base energética del proceso de molienda	67
Figura 34. Gráfico de línea meta del proceso de Molienda	68
Figura 35. Representación conceptual del desempeño energético.	73
Figura 36. Gráfico de índice de consumo total	75
Figura 37. Gráfico de CUSUM total de la planta	76
Figura 38. Gráfico de índice de consumo del proceso de Molienda	77
Figura 39. Gráfico de indicador base 100 proceso de Molienda	78

Figura 40. Gráfico de CUSUM proceso de Molienda	79
Figura 41. Diagrama Ishikawa de variables para Ingenio Providencia	82
Figura 42. Variables de control que inciden en el consumo de energía	85
Figura 43. Propuesta de esquema de medición para los circuitos de distribución de la planta de Ingenio Providencia	89
Figura 44. Placa de características de un motor de alta eficiencia.	90

RESUMEN

Este proyecto está enfocado al análisis energético desde el punto de vista de la norma NTC-ISO 50001 del 2011, centrado en el tema de planificación energética, lo que permite realizar un diagnóstico y una revisión energética general del área de mayor consumo del Ingenio Providencia S.A. para dar un paso a la implementación de un Sistema de Gestión Integral de la Energía SGIE.

Inicialmente se identifica el estado actual de la empresa, partiendo de su presente relación a los requisitos legales; se hace una revisión energética basada en consumos pasados y presentes de energía, estableciendo con ello las líneas de base energética que permitirán gestionar los consumos energéticos en función de la producción. Es identificada la tendencia de las líneas de base para formular una expresión de consumo en función de la producción y, de ser posible, se plantean metas de ahorro energético en la producción. Son aplicadas así las herramientas de gestión recomendadas por la UPME, como los son los diagramas de Pareto, el análisis de consumos y cargas por áreas, el índice de consumo IC en función de la producción y los diagramas de control, herramientas que en conjunto con las líneas de base energética, permitirían la identificación de diversas oportunidades de ahorro energético.

Entre los análisis aplicados en el Ingenio Providencia S.A. se resalta que éste cuenta con diferentes adelantos relacionados con la medición y monitores o variables energéticas y con la implementación de indicadores de desempeño enfocados a la producción y a la molienda. Sin embargo, el ingenio no cuenta actualmente con un indicador de desempeño que relacione el consumo de energía con la producción. Se identifica así que hace falta realizar un sistema de gestión integral de la energía SGIE que una vez se proponga, la planificación quedaría en manos de la alta gerencia para su implementación.

Finalmente, a partir de la identificación de los factores que inciden en la variabilidad en los consumos de energía y de la determinación de una serie de mejoras en la medición de la energía, es propuesto un plan de acción basado en un cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia, cambio en los sistemas de iluminación y la adopción de un conjunto de buenas prácticas. Se realizaron las conclusiones del trabajo resaltando la conveniencia de implementar un plan de un sistema de gestión integral de la energía.

Palabras Claves: Eficiencia Energética, Gestión Energética, Ingenio Providencia, ISO 50001, Planeación Energética.

INTRODUCCIÓN

La competitividad empresarial en Colombia y la aprobación del TLC con Estados Unidos, hacen cada vez más evidente la necesidad de las industrias locales de mejorar la eficiencia de sus procesos y la calidad de sus resultados para incursionar en mercados más exigentes y aportar al crecimiento económico de la región¹.

La economía del Valle del Cauca ha sido caracterizada, en gran medida, por sus ingenios azucareros, por lo que el rendimiento de sus procesos productivos se configura como una pieza importante en la competitividad del Departamento².

El rendimiento entendido como los recursos necesarios para la producción de un bien puede ser optimizado a partir de la reducción de los costes asociados a la producción³. Actualmente los ingenios azucareros tienden a reducir estos costes mediante la implementación de nuevas tecnologías para el control de procesos y nuevos equipos con mejores eficiencias de operación, sin tener en cuenta aspectos como la planeación energética en términos de crecimiento del consumo o la puesta en marcha de políticas que generen una cultura de uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Con la publicación en 2011 de la Norma Internacional ISO 50001 de gestión energética, las industrias han identificado la necesidad de tener indicadores claros que representen los niveles de consumo de energía y les permitan tener compromisos visibles de mejora del rendimiento, con lo cual se ha despertado el interés en realizar cambios de las políticas de planeamiento energético de cada área en las plantas.

El Ingenio Providencia S.A. como uno de los ingenios azucareros más representativos de la región ha planteado políticas de alta calidad y desarrollo

¹ CLAVIJO, Sergio. Crecimiento, comercio internacional e instituciones: reflexiones a raíz de las negociaciones TLC-ALCA. Cátedra de Productividad y Competitividad. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de la República de Colombia y Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Bucaramanga: UNAB, 2005, p 30-38.

² MELO, Alberto. Colombia: Los problemas de competitividad de un país en conflicto. Serie de estudios de competitividad, Documento de trabajo #C-103. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo BID. 2003, p 40-42.

³ LEURO, Germán Darío. Productividad. Cátedra de Productividad y Competitividad. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de la República de Colombia y Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Bucaramanga: UNAB, 2005, p 44-49.

sostenible comprometiéndose con el desarrollo económico del país⁴, con lo cual se ha despertado un interés desde la alta gerencia en implementar un modelo de gestión que permita individualizar los consumos de forma que los procesos puedan tener sus indicadores de eficiencia cuantificando las variables que hacen parte de los mismos e identificando métodos utilizados para la medición.

Para desarrollar un modelo de gestión óptimo para el Ingenio Providencia S.A. es importante caracterizar plenamente los procesos del área de trabajo, los consumos energéticos de cada uno y la relación de los mismos con la producción, con el fin de planificar estratégicamente el sistema de potencia del área de interés.

Este proyecto identificará entonces los procesos dados en el área de molienda del Ingenio Providencia S.A., caracterizando sus respectivos elementos a tener en cuenta para el desarrollo de una política de uso eficiente de la energía, y proponer así un modelo de planificación energética de esta área que pueda ser extendido y adaptado a otras áreas de la planta.

⁴ INGENIO PROVIDENCIA S.A. Misión – Visión – Valores. [Actualmente en línea]. Disponible en internet en: <<<http://www.ingprovidencia.com/mision>>>, [Citado en Septiembre 20 de 2012].

1. ANTECEDENTES

Actualmente el Ingenio Providencia es el ingenio que más tierras disponibles tiene para la siembra de caña de azúcar y procesado de la misma. Con una capacidad instalada de molienda de 10.000 toneladas por día hábil promedio, le es posible producir 5.326.000 quintales de azúcar anuales. Adicionalmente, su planta de alcohol carburante le permite mantenerse en los primeros lugares en innovación en la región y con la actividad de cogeneración se abastece del servicio de energía eléctrica, entregando hasta la mitad a la red pública y utilizando el resto para el consumo interno.

Las directivas del Ingenio Providencia buscan constantemente oportunidades para la mejora de los procesos, para lo cual cuentan con un Departamento de Gestión del Conocimiento e Innovación que opera en función de los indicadores principales previamente definidos: la producción y la calidad de la misma y el uso eficiente de los recursos. Entre los avances más significativos para la optimización de los indicadores, realizados en los últimos años, se encuentran:

- La implementación de un sistema de comunicación que permite interactuar con los diferentes procesos, específicamente con los sistemas PLC Siemens a través de una red con protocolo de comunicación PROFIBUS, monitoreando todas las variables de los procesos en tiempo real.
- La ejecución un proyecto de gestión enfocado al proceso de elaboración de azúcar, consistente en un plan de mejoramiento de la etapa de Clarificación, implementado una tecnología de clarificador de tipo rápido; inicialmente fueron adaptados dos de los clarificadores antiguos que permiten agilizar la etapa de purificación del jugo. En la actualidad se construye un nuevo clarificador que, debido a su tamaño, permitirá trabajar solo con este equipo reduciendo pérdidas de energía eléctrica y térmica y se obtendrá un mejor rendimiento en el ciclo de clarificación.
- La optimización en el proceso de evaporación, la cual permitió reducir el consumo de vapor vivo inyectado al proceso; ante el contratiempo de que el vapor de escape no fue suficiente para mejorar esta situación, se implementó el quinto y sexto efecto en evaporadores y fueron implementados dos pre-evaporadores, con lo cual se obtuvo un ahorro de vapor, de tal forma que no hay problema con la inyección de vapor vivo al proceso no requerido.

- La ejecución de un proyecto de uso eficiente del vapor utilizando calentadores para mejorar el tiempo de retención en los equipos, basado en tecnología de la India y en un conjunto de torres para jugo Clarificado y Meladura. Con esta implementación se pretende realizar un ahorro en los consumos de agua y energía, pues actualmente el proceso requiere de seis bombas de 400 HP para elaboración de azúcar; con la preparación anticipada de las temperaturas se estima una reducción de vapor de proceso de un 30%.

Se reconoce entonces la motivación de la organización en la implementación de proyectos enfocados a la gestión y al uso eficiente de sus recursos, por lo que será apoyado un proyecto que le permita gestionar todos sus recursos energéticos a partir de un sistema, según lo propuesto en la norma ISO 50001 de 2011. La recién lanzada Norma ISO 50001, es una guía que permite a las empresas establecer metas, medir resultados, identificar oportunidades de mejora, a través del ahorro energético, permitiéndole obtener mejor desempeño y mayor competitividad en su rubro.

Debido a su relativamente reciente publicación, las experiencias en los temas de implementación de la norma ISO 50001 son muy pocas, pero ya se adelantan procesos de formación de las industrias, con capacitaciones que permitan identificar potenciales de ahorro y su retribución económica para sus productos. Por ejemplo, la Cámara de Industrias de Costa Rica, conscientes de la necesidad de capacitar a empresas para que minimicen el costo mensual de su factura eléctrica, organiza el seminario “Experto Internacional en Gerencia de Energía”, primera Capacitación en ISO 50001, estándar internacional en Eficiencia Energética⁵. Un grupo representativo de las diferentes industrias instaladas en Costa Rica como INTEL, CAPRIS, ALUNASA, TERRAMIX, ICE, PROE, Azucarera El Viejo, entre otras, forman parte del primero de estos seminarios que organiza la CICR del 21 al 25 de mayo en el Hotel San José Palacio.

El reto común de todas estas empresas es lograr implementar sistemas que les permita ganar competitividad y sostenibilidad al reducir su factura eléctrica y buscar mayor eficiencia en el uso de la energía a través de la ISO 50001.

⁵ CÁMARA DE INDUSTRIAS DE COSTA RICA - CICR. Primera capacitación a nivel nacional en eficiencia energética basada en norma ISO 50001 inicia hoy. En: Noticias CICR. Mayo 21 de 2012. Disponible en internet: <http://cicr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=584:primera-capacitacion-a-nivel-nacional-en-eficiencia-energetica-basada-en-norma-iso-50001-inicia-hoy&catid=441:comunicados-de-prensa&Itemid=3>

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las grandes empresas e industrias han adquirido el compromiso de obtener certificaciones que les permitan mantener sus productos con los mejores estándares de calidad; se ha creado así una conciencia innovadora alrededor de la calidad no solo del área de producción, sino de la gestión de los diferentes recursos, de tal forma que se reduzca el impacto ambiental y social derivado de un proceso productivo⁶.

La industria nacional no es ajena a la competencia creciente a nivel mundial, incluyendo los últimos acontecimientos políticos donde Colombia se abre al mundo con los diferentes tratados de libre comercio firmados con diferentes países, obligando a que el sector industrial nacional entre en la dinámica de optimizar sus procesos, con la finalidad de ofrecer al mercado productos de alta calidad, amigables con el medio ambiente y al mínimo costo de fabricación, compitiendo así contra las empresas extranjeras al ofrecer a la comunidad el valor agregado no solo de la garantía de emplear los beneficios en la región misma, sino de garantizar la sostenibilidad y calidad del proceso.

En los países desarrollados, las industrias han planificado de manera óptima el consumo energético de sus procesos productivos, lo que les permite diseñar estrategias de fabricación de sus productos y aplicación de sus servicios empleando menos energía de una forma eficiente. En cambio en los países en desarrollo, aunque el consumo de energía por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora; sucede esto, entre otros motivos, porque muchas veces las tecnologías que implantan son poco eficientes ante la falta de planeación de los sistemas de potencia y frente al crecimiento de la demanda⁷.

El sector azucarero, siendo el más representativo del departamento del Valle del Cauca, exige, entre sus sistemas de gestión de recursos, una amplia planeación energética para ofrecer a la comunidad los beneficios de una alta calidad de sus procesos a un largo plazo. Es necesaria así la implementación de técnicas de

⁶ PÉREZ, José Antonio. Gestión de la Calidad Empresarial. Madrid: ESIC Market, ISSN 0212-1867, Nº 84, 1994, p 171-178.

⁷ PÉREZ, José Ignacio, *et al.* Libro Blanco del Sector Eléctrico. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España, 2005, p 3-15.

ahorro energético en este sector, para reducir el consumo de energía y producir la misma cantidad de azúcar con menos energía eléctrica, es decir, con menos recursos naturales.

En el caso del Ingenio Providencia S.A., de acuerdo a sus valores y políticas institucionales, los sistemas de gestión de calidad y de los recursos son ítems indispensables en el desarrollo de los bienes y servicios que provee la empresa a la comunidad. El Ingenio ha obtenido todas estas certificaciones con base en sus compromisos y responsabilidad social empresarial, sin embargo, ante la expansión del negocio a ser una industria cogeneradora y previendo una ampliación de la demanda del sector azucarero, las directivas del Ingenio han presentado interés en desarrollar políticas de uso racional y eficiente de la energía, antes poco visibles e inmersas en otros sistemas de gestión como el ambiental.

De acuerdo a lo anterior, para la óptima implementación de un sistema de gestión energética, es necesario utilizar herramientas que permitan determinar:

- Las áreas de mayor consumo energético y la energía no asociada a la producción.
- Líneas base y meta energética que ayuden a la eficiencia energética, e implementar indicadores de gestión energética para realizar seguimientos al proceso en búsqueda de aspectos ineficientes.

Se plantea así la pregunta problema a resolver con este proyecto:

¿Cómo efectuar la planificación energética del Ingenio Providencia S.A. para el mejoramiento del desempeño energético eléctrico de las instalaciones en el área de molienda y cumplimiento de requisitos de la norma ISO 50001?

3. JUSTIFICACIÓN

La planificación del consumo energético en términos de diseñar políticas de uso racional y eficiente de la energía eléctrica es un factor de competitividad empresarial, pues brinda a las industrias indicadores de uso del recurso más importante de los procesos productivos.

En el caso del Ingenio Providencia S.A. se está realizando desde el 2005 una serie de cambios enfocados a la diversidad de productos que se derivan del proceso inicial: uno de esos productos derivados es la puesta en marcha de la empresa como cogeneradora de energía eléctrica, con lo cual se ha incrementado el interés desde la alta gerencia por impulsar la planificación energética de la compañía, buscando que la misma genere su propia electricidad y exista una reserva que pueda ser vendida a los proveedores de este recurso, generando no solo un ahorro energético, sino que aumentando la cantidad de potencia eléctrica disponible para ofrecer al mercado.

Con respecto a la planificación energética se proyectaron cambios en el sistema de molienda reemplazando las turbinas a vapor por motores de alta eficiencia, lo que incrementó el rendimiento de los procesos pero generó un aumento en el consumo eléctrico.

Teniendo en cuenta que el Ingenio Providencia S.A. está interesado en mejorar su confiabilidad y optimizar los consumos de energía eléctrica, se plantea la planificación energética según la caracterización de los procesos del área de molienda, en cuanto al consumo energético de sub-procesos y de los mismos como sistema de operación. Se obtendrá a partir de los resultados de la investigación un potencial ahorro en los consumos energéticos que permitirá al mismo tiempo realizar un aumento en las ventas de energía.

El proyecto generará un informe que indique los requerimientos que puedan estar pendientes por implementar de acuerdo a la norma ISO 50001 y los aspectos que ya cumplen los mismos requerimientos dentro del esquema del área de molienda del ingenio, lo cual permitirá, en un futuro, extender las recomendaciones y observaciones a otras áreas de la empresa y aplicarla de manera global a la misma.

Se aplicará la metodología utilizada en el sistema de gestión integral de la energía SGIE elaborado por la Universidad Autónoma de Occidente y la Universidad del

Atlántico y publicado en la página web de la UPME⁸, con el fin de identificar los indicadores y las oportunidades de ahorro, tiempos perdidos y mejoras en los equipos principales en la molienda de la caña de azúcar.

El resultado permitirá al ingenio no solo incrementar sus ingresos, sino también obtener ventajas competitivas en la región y en el país, mejorando los estándares de competitividad del Valle del Cauca, realizando un aporte al crecimiento económico de la región y aumentando la oferta de energía eléctrica del sistema interconectado nacional.

⁸ UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO Y UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE. Guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía. Unidad de Planeación Minero Energética UPME y COLCIENCIAS, Disponible en línea en <<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>>. [Citado en Octubre 5 de 2012].

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Efectuar la planificación energética del Ingenio Providencia S.A. para el mejoramiento del desempeño energético en el área de molienda de acuerdo a los requisitos de la norma ISO 50001.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Son planteados los siguientes objetivos específicos que llevarán al cumplimiento del objetivo general:

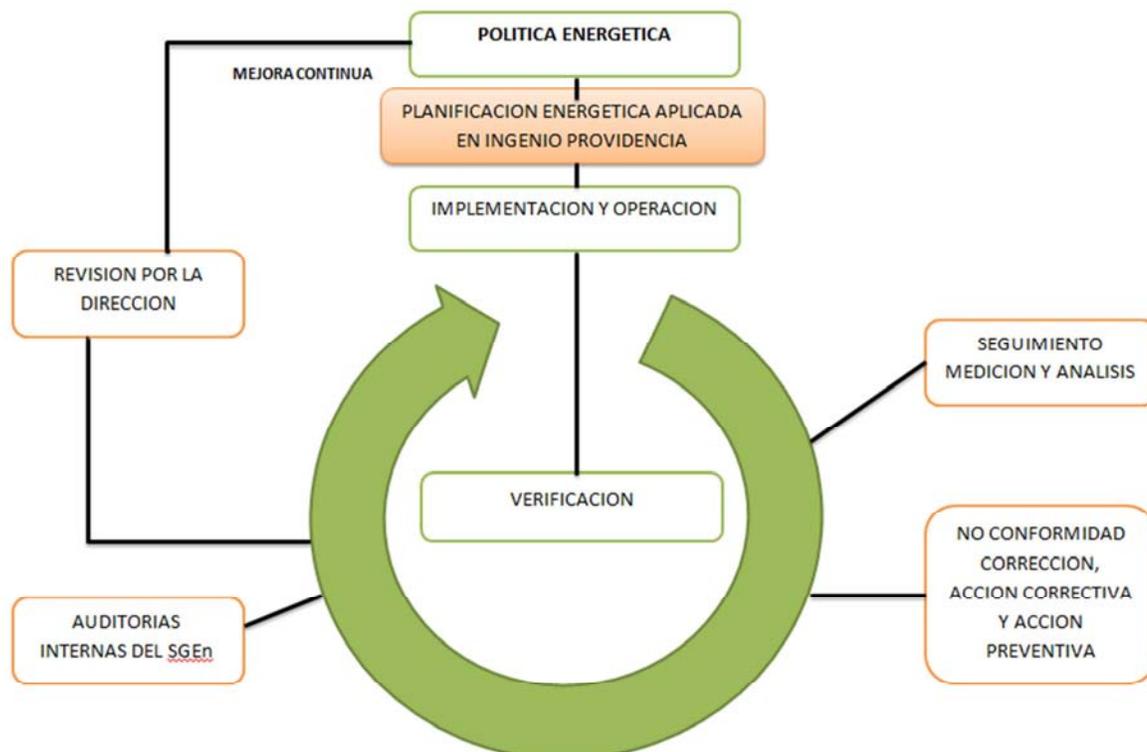
- Identificar los requisitos legales relacionados con el uso, consumo y eficiencia energética, aplicables al Ingenio Providencia S.A.
- Establecer los lineamientos de revisión energética para el análisis del uso y consumo de la energía eléctrica en el área de molienda del ingenio.
- Estimar las líneas de base de energía eléctrica para los procesos de uso significativo de la misma determinadas en la revisión energética del área de molienda.
- Establecer protocolos para la identificación y cálculo de los indicadores de desempeño energético eléctrico apropiados para el seguimiento y medición de la eficiencia en el área de molienda.
- Cuantificar los potenciales de ahorro de energía eléctrica por reducción de la variabilidad en el área de molienda del ingenio.
- Proponer un plan de acción que permita lograr los potenciales de ahorro cuantificados.

5. LA NORMA ISO 50001 Y LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

5.1 NTC-ISO 50001: GENERALIDADES

La Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 titulada “Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso”⁹ ha sido publicada como un estándar que busca brindar un enfoque competitivo para las organizaciones, en términos de la gestión de sus recursos energéticos y su desempeño al emplearlos en los procesos productivos.

Figura 1. Modelo de Sistema de Gestión Energético propuesto en la ISO 50001



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION – ICONTEC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2011, p ii.

⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION – ICONTEC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2011, 24 p.

Se observa en la Figura 1 que la norma internacional se fundamenta en un ciclo de mejoramiento continuo tipo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) y contribuye al diseño y puesta en marcha de buenas prácticas a través de la implementación de un Sistema de Gestión Energético SGE para hacer usos más eficientes de la energía y con ello, llevar a la organización, sin importar su tipo o tamaño, a ser más competitiva.

Inicialmente la norma plantea la necesidad de que exista un compromiso total por parte de los altos directivos y estos asuman un conjunto de responsabilidades que van desde la definición de los objetivos y metas energéticas propias de la compañía, comunicando las decisiones a toda la organización, designando un representante que esté frente al proceso continuamente, hasta la realización de constantes revisiones al proceso desarrollado.

Una vez definidas las actividades y compromisos de la alta dirección y de su respectivo representante para el desarrollo de un Sistema de Gestión Energética, debe ser establecida una política energética, como elemento al tope del esquema de la Figura 1, en la cual se hagan explícitos los compromisos organizacionales, los marcos de referencia para cumplirlos y sea documentado y comunicado a todos los niveles de la empresa.

Con los cimientos estructurales de un SGE como lo son los compromisos de la alta dirección, la asignación de un representante y la documentación de la política energética, los compromisos y metas establecidos, es posible iniciar un proceso de planificación energética de la organización, punto en el que se centra el objetivo de este proyecto.

5.2 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA SEGÚN NORMA ISO 50001

El proceso de planificación energética será la base documental sobre la que se estructura la implementación del SGE, por lo que debe ser coherente con la política energética previamente definida y documentada y debe enfocarse en incentivar actividades de mejora del desempeño energético.

En ese orden de ideas, esta etapa resalta la importancia de los instrumentos y técnicas que debe disponer la organización para mantener y mejorar continuamente el desempeño energético. La norma recomienda así la realización de un estudio comparativo tipo benchmarking, proceso que contempla el reunir,

analizar y relacionar información de desempeño energético interna de la entidad o en relación a otras¹⁰.

El conocimiento del estado actual de las variables energéticas y de técnicas para su análisis brindará a la organización una visión clara de su desempeño energético y le permitirá identificar metódicamente aquellas variables que pueden ser modificadas, mejoradas o eliminadas en función de un incremento en la eficiencia energética de uno o varios procesos productivos.

5.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

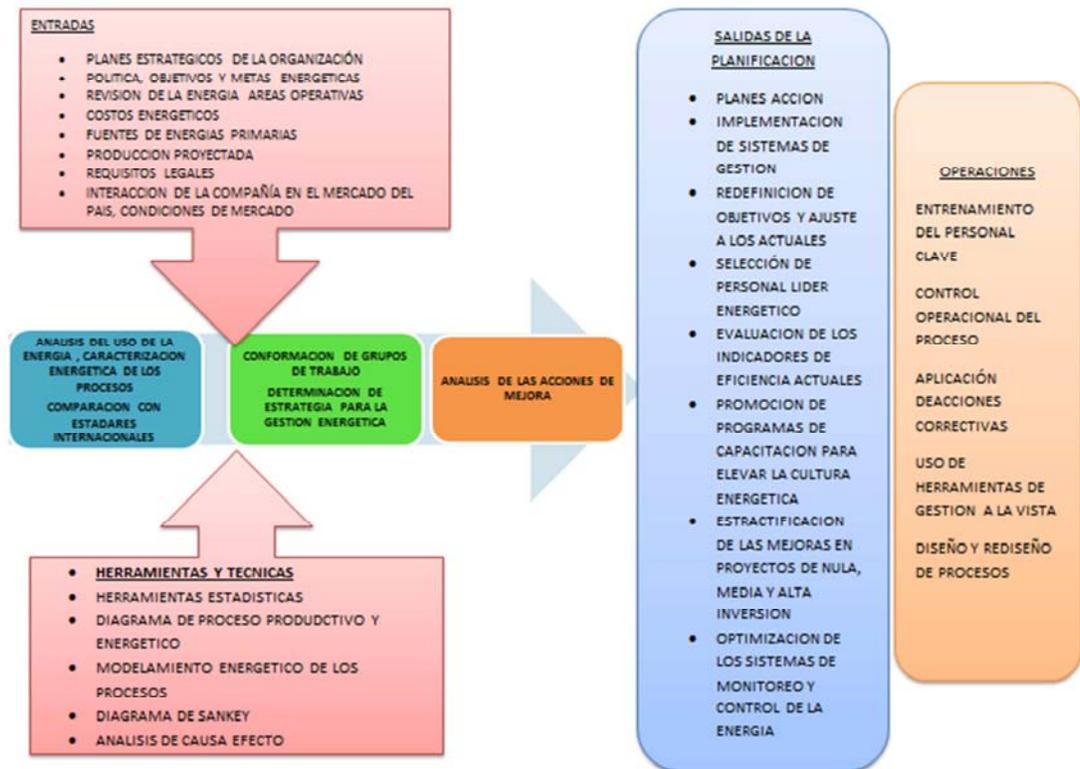
A partir de las recomendaciones dadas en la norma ISO 50001 de 2011, es posible identificar los pasos ilustrados en la Figura 2 para realizar una planificación energética.

Así, se observa que para realizar una planificación energética la organización debe, inicialmente, caracterizar su estado actual de consumos energéticos y cómo ha evolucionado su gestión en los últimos años, documentando debidamente los procedimientos y técnicas empleadas para esta caracterización. A partir de esto, le será posible identificar las principales variables que afectan los usos significativos de la energía en cada proceso o servicio auxiliar y le permitirá diseñar políticas que conduzcan al mejoramiento continuo de los procesos y del desempeño energético, para realizar actividades que garanticen integralmente los ahorros de los consumos de energía y lograr un equilibrio entre la producción y el consumo.

Para aplicar estos conceptos a una industria como lo es un ingenio azucarero, es importante considerar que durante su desarrollo, este tipo de empresas ha atravesado diferentes situaciones operativas debido a los continuos cambios que representa el proceso de elaboración de azúcar a partir de la caña de azúcar; las altas demandas en el consumo de energía eléctrica han obligado al desarrollo de tecnologías que direccionan como objetivo fundamental la generación de energía aprovechando el uso de calderas para generar vapor, es decir, que este vapor pueda ser utilizado en turbinas para mover los generadores y suministrar energía eléctrica al proceso, de ahí que una planificación energética tendrá un impacto mayor desde el punto de vista eléctrico.

¹⁰ Ibid., p 16.

Figura 2. Pasos para obtener una planificación energética



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION – ICONTEC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2011, p 17.

En ese orden de ideas, la aplicación del procedimiento recomendado en la Figura 2 debe ejecutarse de acuerdo a los ítems expuestos en la norma internacional a modo de lista de chequeo y que se configuran como una guía de procedimiento, de acuerdo a las definiciones u objetivos de cada uno.

5.3.1 Requisitos legales y otros requisitos. Es necesario, como primer paso, identificar el conjunto de requisitos legales aplicables y otros que afectan el ejercicio de la organización, pues aunque estos no afectan directamente los consumos energéticos, si influyen significativamente sobre la gestión de los recursos energéticos y otros recursos de la empresa.

Los requisitos legales pueden ser, según la ISO 50001, “aquellos requisitos internacionales, nacionales, regionales o locales, relacionados con la energía, que aplican al alcance del sistema de gestión de la energía”¹¹.

Es deber de la organización determinar cómo estos requisitos pueden ser aplicados y aprovechados en pro de una mejora en el uso de los recursos energéticos y se debe encargar que formen parte fundamental de la estructura de un SGE.

5.3.2 Revisión energética. Es el proceso de identificación y evaluación del uso de la energía, que permitirá obtener como resultado que sean definidas las áreas de usos más significativos de la energía de la organización.

La metodología y el criterio empleados para llevar a cabo la revisión energética deben ser totalmente documentados.

El procedimiento de revisión energética recomendado por la ISO 50001, fundamentado en la ejecución de una auditoría energética, es¹²:

- La organización debe analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos. Debe identificar las fuentes de energía actuales de los procesos y, mediante su sistema de información, evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía.
- La organización ha de identificar, basándose en el análisis del ítem anterior, las áreas de uso significativo de la energía. Esto deberá ejecutarse teniendo en cuenta la identificación de instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de la organización que afecten al uso y al consumo de la energía; adicionalmente, deben ser caracterizadas otras variables que afecten el consumo y el desempeño energético de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos identificados.
- Debe identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

¹¹ Ibid., p 17.

¹² Ibid., p 7.

Cabe aclarar que este proceso de revisión energética no solo debe ejecutarse al momento de diseñar un Sistema de Gestión Energética, sino que debe ser actualizado a intervalos regulares en las revisiones por parte de la dirección.

5.3.3 Línea de base energética. Una vez se tenga adecuadamente identificado el consumo energético en la organización y los equipos o procesos con consumos más significativos, se debe establecer una(s) línea(s) de base energética.

Una línea de base energética es una referencia cuantitativa del consumo energético de un equipo, proceso, o empresa, con la cual se compara el desempeño energético para los mismos niveles de producción. Ésta puede estimarse como la relación lineal de mejor ajuste entre el consumo de energía frente a la producción, trazado en un gráfico de dispersión. Así, una línea base ajustada linealmente tendrá la forma:

$$E = P \cdot m + E_0 \quad (1)$$

Dónde: E es el consumo energético a un nivel de producción dado.
 P es la cantidad de producción, puede ser en kg o ton.
 m es la pendiente de la recta de ajuste de los datos dispersos.
 E_0 es el corte con el eje de las ordenadas que representa la energía no asociada a la producción

Cuando el análisis de línea base se hace a partir de regresión lineal, la línea de tendencia representa entonces la gráfica de la expresión (1), la cual, es la ecuación de consumo energético en función de la producción del proceso o equipo en estudio, cuya pendiente m representa la unidad promedio de consumo energético requerida para producir una unidad del producto final, mientras que el intercepto con el eje de las ordenadas representa el consumo no asociado a la producción, normalmente asociado a procesos auxiliares y/o administrativos que no influyen directamente en la producción pero que representan consumos en ocasiones necesarios en la organización.

La(s) línea(s) base estimada(s) debe(n) ser revisada(s) y documentada(s) a intervalos regulares, debiendo ser ajustada(s) cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

- Cuando los Indicadores de Desempeño Energético IDE ya no reflejen el uso y el consumo de la energía de la organización.
- Cuando se hayan realizado cambios importantes en los procesos, los patrones de operación o sistemas de energía.
- Cuando así lo hubiese establecido un método predeterminado.

5.3.4 Indicadores de desempeño energético IDEs. Es un valor cuantitativo o medida del desempeño energético de acuerdo a lo definido por la organización; por tanto, la empresa debe identificar los IDEs apropiados para realizar seguimiento a la medición de su desempeño energético, de manera que la metodología para dicha identificación y seguimiento debe ser revisada, documentada y comparada con la línea base energética de forma periódica.

5.3.5 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía. Deben ser establecidos e implementados por la organización, manteniéndolos y documentándolos correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas¹³.

Al momento de establecer los objetivos y metas deben tenerse claros los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía producto de la revisión energética y las oportunidades de mejora del desempeño.

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas, los cuales deben incluir la designación de responsabilidades al representante de la alta dirección y al grupo encargado de la gestión energética, la definición de los plazos y medios para alcanzar las metas individuales, una declaración del método con el cual se verificarán las mejoras del desempeño y con el cual se validarán los resultados. Estos planes de acción deben ser documentados y actualizados a intervalos definidos.

¹³ Ibid., p 8.

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Se describirá en este capítulo la estructura general del Ingenio Providencia S.A., comenzando con su estructura organizacional que permitirá entender el orden jerárquico en que se toman las decisiones, con el fin de identificar el personal clave para la planificación energética. Posteriormente se describirá el proceso productivo de la planta, caracterizando las áreas que este figura para que, finalmente, sea identificado y explicado el proceso del área de molienda que dará lugar a su planificación energética.

6.1 INFORMACIÓN GENERAL Y ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

El Ingenio Providencia S.A. es una organización con una misión enfocada a la “entrega de soluciones energéticas y sucroquímicas de alto valor agregado, a partir de fuentes renovables, siendo responsable de la sostenibilidad en lo económico, ambiental y social”¹⁴. Articulada a su misión, el ingenio formula una visión al 2016, que en conjunto con las Empresas del sector agroindustrial de la Organización Ardila Lule (OAL), esperan serán reconocidas por:

- Mantener los más altos niveles de satisfacción en el mercado siendo líderes y asegurando la lealtad del cliente y la recordación de marca.
- Asegurar los mejores indicadores operativos y financieros.
- El dinámico crecimiento de las operaciones en el exterior con los mejores estándares de competitividad.
- La excelente reputación corporativa con responsabilidad social y ambiental.
- Mantener una cultura innovadora y de emprendimiento.
- La contribución al mejoramiento de la competitividad del sector sucroquímico y energético en Colombia y los países donde se tengan operaciones.

Para alcanzar su visión, con un efectivo cumplimiento de su misión, el Ingenio Providencia S.A. se estructura con base en un conjunto de valores dirigidos a la constante innovación e ingenio, la confianza de sus clientes, la cooperación, la pasión y la efectividad, los cuales brindan la solidez organizacional interna y las relaciones inter empresariales más adecuadas para realizar una gestión de sus procesos dirigida siempre a la calidad y la eficiencia.

¹⁴ INGENIO PROVIDENCIA S.A. Misión, Visión y Valores. [Citado en Julio 20 de 2013]. Ingenio Providencia S.A., portal web, disponible en internet: <<http://www.ingprovidencia.com/mision>>.

En ese orden de ideas, el ingenio fundamenta su misión y los pasos necesarios para cumplir su visión en una política de calidad e inocuidad, que se enfoca en la búsqueda del menor impacto al medio ambiente, una adecuada actividad de control y seguridad de sus procesos y una firme política de salud ocupacional y prevención de riesgos; con estas políticas, se consolida como una entidad que demuestra interés por garantizar la calidad de sus productos no solo a los clientes, sino también a sus proveedores.

Estas políticas están también dirigidas al uso más eficiente de sus recursos, entre estos los recursos energéticos, que a pesar de no tener un sistema de gestión asociado directamente al uso de los energéticos, la dinámica de los procesos y la visión organizacional de la empresa permitirían a futuro su desarrollo de manera sencilla y sin modificar significativamente procesos o procedimientos. Una de sus principales ventajas para la estructuración de un SGE, es su política de mantenimiento, fundamentalmente descrita como:

6.1.1 Mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo como su nombre lo indica permite predecir un evento de falla mediante rutinas de evaluación como son análisis de vibración, termografías y pruebas dinámicas; se puede programar para evitar paradas no previstas o daños mayores como pérdida de energía por sobrecargas.

6.1.2 Mantenimiento preventivo. Es una acción que se programa para conservar los equipos en buen estado de operación. A diferencia del predictivo es la acción que se ejecuta para lograr continuidad y confiabilidad de los equipos.

6.1.3 Mantenimiento correctivo. Es el que tiene que realizarse inmediatamente ocurre una falla no es programado. Estos programas contienen procedimientos que implementan rutas de inspección como análisis de vibraciones, termografías, verificación de alineaciones, prueba en línea del estado de los motores, generadores, transformadores, manejo de indicadores, consumo de energía, generación de energía, generación de vapor, producción y eventos que son relevantes para el manejo de los procesos.

Es así como el mantenimiento toma gran relevancia ante la constante operación de la empresa, teniendo horarios de trabajo durante todo el año, cuyo personal labora en horarios rotativos por turnos de 6:00 AM a 2:00 PM, de 2:00 PM a 10:00 PM y de 10:00 PM a 6:00 AM. Cuenta igualmente con personal administrativo el cual trabaja de 7:00 AM a 4:30 PM.

Uno de los más destacables proyectos de Providencia, que evidencia su compromiso social y con los recursos energéticos, es el relacionado con la actividad de cogeneración, e cual se logró enmarcar dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) de acuerdo a las regulaciones del Protocolo de Kyoto, cuyo objetivo principal es controlar los efectos nocivos de la acción humana sobre el ambiente, lo que hace al Ingenio consecuente con su política de gestión ambiental sobre la responsabilidad por la preservación del ambiente y los recursos naturales.

Gracias a la inversión económica y de recursos técnicos y humanos, esta planta genera múltiples ventajas, tanto para el Ingenio como para el medio ambiente:

- Aprovecha más eficientemente la energía renovable de la combustión del bagazo.
- Genera energía eléctrica para cubrir las necesidades del Ingenio y para la venta a la red pública.
- Reduce el consumo de carbón, por lo que se disminuyen las emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- Aumenta la eficiencia energética de sus instalaciones y procesos.

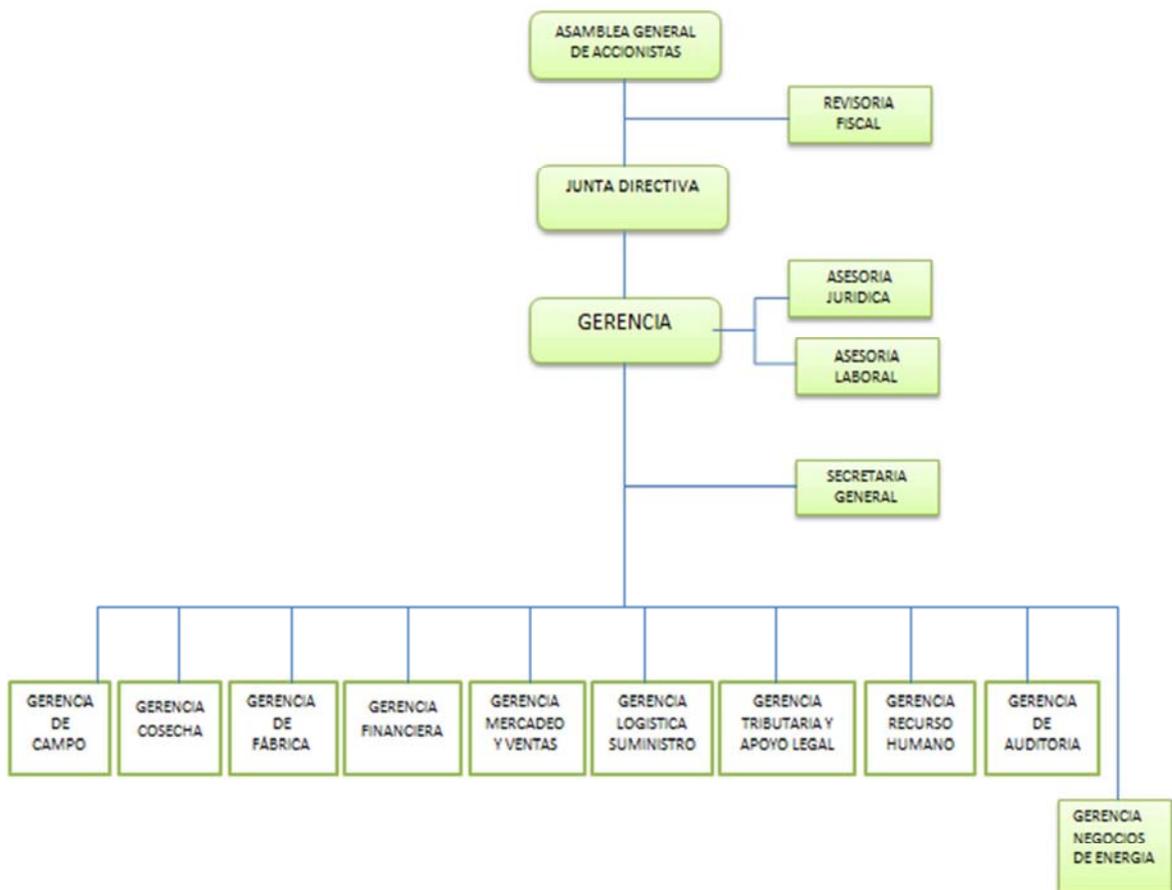
El proceso de cogeneración de energía en la industria azucarera se logra a partir de la optimización y aprovechamiento del potencial energético que posee el bagazo de la caña de azúcar, convirtiéndolo en energía térmica y en energía eléctrica renovable, que disminuye el uso de combustibles fósiles, haciéndolo amigable con el medio ambiente¹⁵. El uso racional de la energía utilizando motores de alta eficiencia y variadores de velocidad son algunos elementos para los indicadores de los sistemas de gestión energética.

Para Ingenio Providencia S.A. desde la alta gerencia ha promovido dentro del grupo de ingenieros trabajar en la alta eficiencia de los procesos es como en el año 2012 se inicia la implementación de un proyecto de ahorro de vapor que va encaminado al mejoramiento en el consumo de vapor durante la producción de azúcar con esto es posible afirmar que la planificación que se ha planteado será un éxito, teniendo en cuenta que los ahorros en el consumo de energía se van a ver reflejados en el rendimiento frente a la producción y una recuperación de las inversiones a muy corto plazo.

¹⁵ ASOCAÑA. Ingenio Providencia S.A. ilumina a Colombia con energía eléctrica renovable. [Citado en Julio 20 de 2013]. Asocaña. Disponible en internet: <<http://www.eldulcesabordelprogreso.com/home/contentDetail/idCntnt/91>>

6.1.4 Estructura organizacional. El Ingenio Providencia S.A. cuenta institucionalmente con un orden jerárquico basado en que operativamente sus procesos se encuentran ligados como proceso productivo y dependen uno del otro. Así, la gerencia de campo es la encargada de el cultivo de la caña iniciando desde la preparación de la tierra hasta entregar la caña lista para la molienda, la gerencia de cosecha es la encargada de el corte y transporte hasta la fabrica y la gerencia de fabrica es la encargada de hacer todo el proceso de molienda y elaboración del azúcar. Estas gerencias dependen directamente de la gerencia general, de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 3.

Figura 3. Organigrama institucional del Ingenio Providencia S.A.



La fábrica está conformada por departamentos a saber:

- Departamento de molinos encargado de recibir, preparar y moler la caña suministrada.

- Departamento de elaboración encargada de la elaboración de azúcar a partir del jugo de la caña pasando por los diferentes procesos: calentamiento, filtración, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación, secado y envase.
- Departamentos de Calderas dedicado a la generación de vapor para los turbo generadores y elaboración de azúcar.
- Departamento de proyectos evalúa las propuestas de mejora para realizar los estudios de factibilidad para luego hacer los programas para la ejecución.
- Departamento de gestión ambiental controla e indica los correctivos para mejorar en caso de incumplimiento de algún proceso.
- Departamento de mantenimiento y operaciones encargado de los mantenimientos correctivos, preventivo y predictivos.
- Departamento eléctrico y control encargado de optimizar los procesos mejorando el control, manejo de proyectos y montajes coordinación de la operación.

Es importante anotar que se cuenta con una gerencia de negocios de energía pero no hay formalizado un sistema de gestión que permita realizar un control en el uso y consumo de la energía. Sin embargo, en el Ingenio Providencia se emplean formatos para realizar auditorías que permiten identificar los potenciales de mejora enfocados a las normas de calidad, ambiental y seguridad. Estas auditorías internas permiten corregir situaciones que benefician antes de una auditoría externa.

6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

La Figura 4 esquematiza el proceso productivo del Ingenio Providencia S.A. a partir de los movimientos administrativos y los procesos productivos de la planta.

Figura 4. Movimiento administrativo y de proceso para la obtención de productos finales

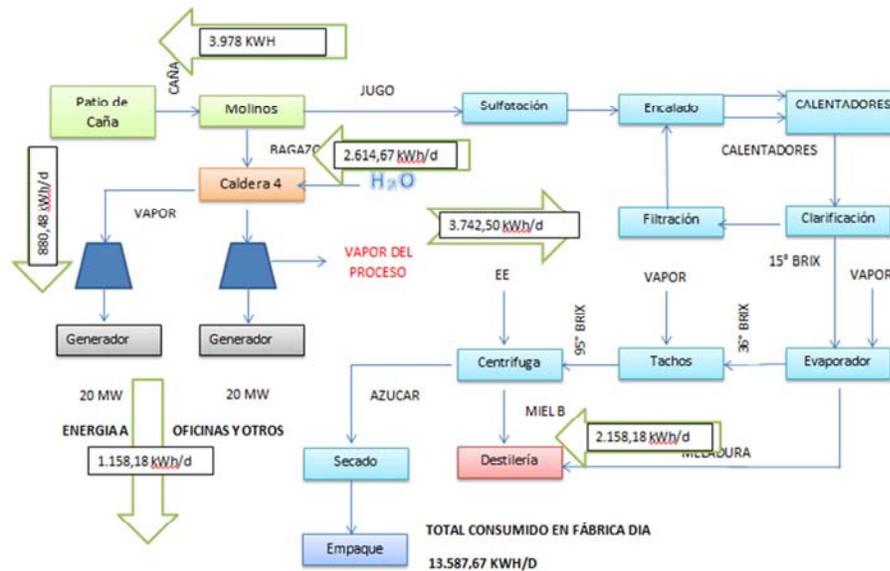


En el Ingenio la materia prima es la caña de azúcar cultivada en los campos en una cosecha anual de 13 meses en promedio; este proceso continúa con el transporte de este material a la fábrica donde es molida. A continuación se obtienen dos subproductos: jugo de la caña y bagazo. El jugo va al proceso de elaboración de azúcar y alcohol carburante que se utiliza para la combustión en la caldera y el resto sale a la venta a empresas productoras de papel.

Otros subproductos como la cogeneración se hacen a partir del alcohol carburante, producto de las mieles y meladura del proceso y del compostaje, resultado de los residuos como la hoja de caña, cenizas de la combustión, cachaza y bagazo; esta mezcla permite elaborar el compost que se regresa al campo como abono luego de un proceso de estabilización.

La Figura 5 ilustra el balance energético del proceso productivo general anteriormente descrito.

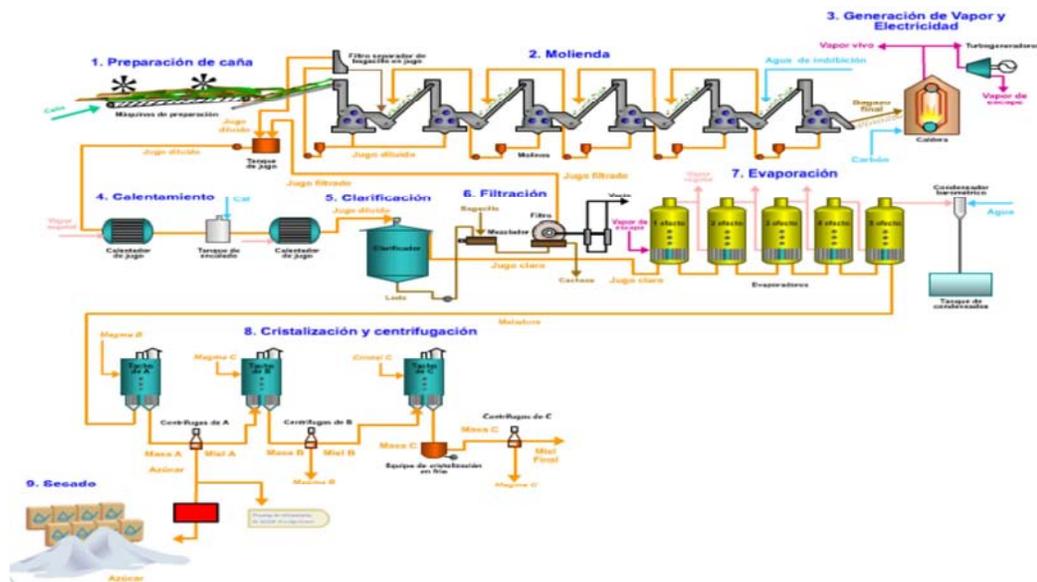
Figura 5. Balance energético de la empresa



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

La Figura 6 muestra el diagrama de flujo energético basado en el balance realizado en la ilustración anterior.

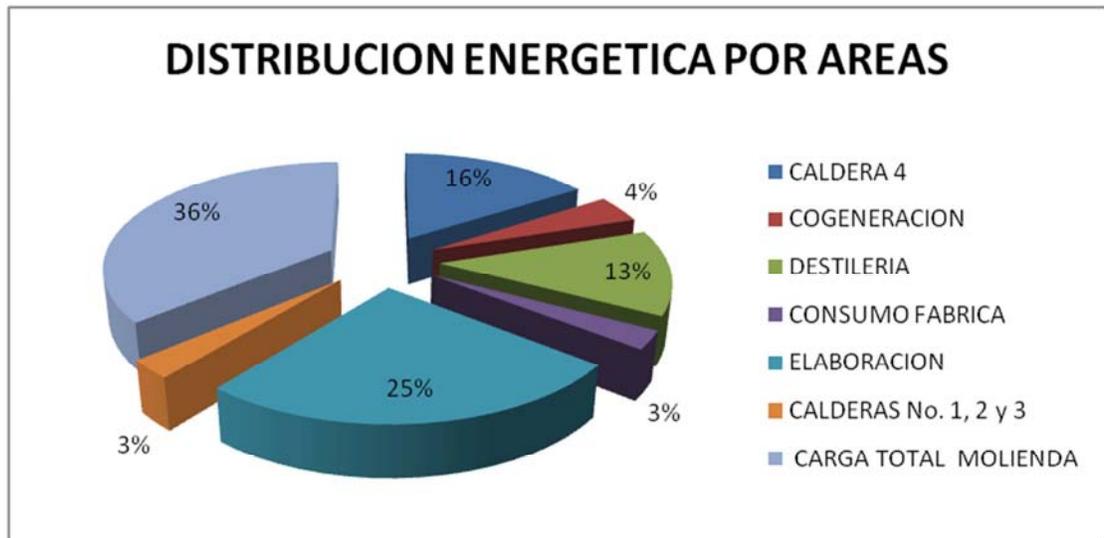
Figura 6. Diagrama de flujo energético



Fuente: Ingenio Providencia S.A.

En ese orden de ideas, la distribución de consumos energéticos (**Energía Eléctrica**) por áreas se encuentra clasificada entre los grandes procesos de la planta como lo ilustrado en la Figura 7.

Figura 7. Distribución energética general por áreas



7. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EL ÁREA DE MOLIENDA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES RELACIONADOS CON EL USO, CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

7.1.1 Relación entre norma NTC-ISO 50001 y otras normas internacionales.

Para determinar e identificar los requisitos legales para el uso, consumo y eficiencia energética aplicable al Ingenio Providencia S.A. se hace inicialmente una verificación de las correspondencias con las normas ISO 9001, ISO 14001 y la ISO 22000.

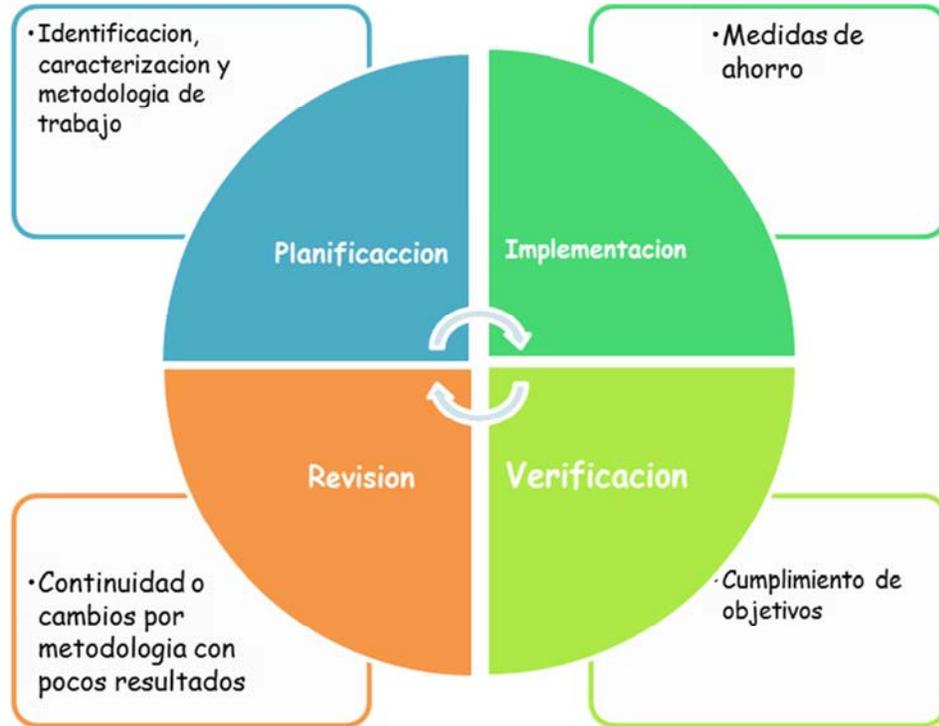
Cuadro 1. Correspondencia entre algunas normas para determinar los trabajos asociados al programa de certificación

Correspondencia de las normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000 con la ISO 50001					
ISO 50001		ISO 9001	ISO 14001	ISO 22000	
4.4	Planificación	Planificación	Planificación	Planificación	
4.4.1	Generalidades	Objetivos de calidad	Planificación	Inocuidad de los alimentos	
4.4.2	Requisitos legales y otros requisitos	Determinación de los requisitos relacionados con el producto	Requisitos legales y otros requisitos	Características del producto	
4.4.3	Revisión energética	Objetivo de la calidad	Aspectos ambientales	Planificación y realización de productos inocuos	
4.4.4	Línea de base			Análisis de peligros	
4.4.5	Indicadores de desempeño energético			Identificación de peligros y determinación de los niveles aceptables	
4.4.6	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	Objetivos de la calidad planificación de la realización del producto	Objetivos metas y programas	Programa de prerrequisitos (PPR)	

Cuando las empresas han sido certificadas con diferentes estándares internacionales, se facilita significativamente la implementación de un nuevo sistema de gestión como el SGE, porque los requisitos se fundamentan en el

marco general del ciclo PHVA, es decir, el ciclo de planear, hacer, verificar y actuar.

Figura 8. Planificación energética - principio de oportunidad



Cumplir con los objetivos del ciclo de oportunidad representa realizar una gestión en el uso y consumo de energía. Para el caso de un SGE es muy importante organizar las ideas y gestiones para proponer ante la alta dirección una plan que permita realizar estudios encaminados a identificar los potenciales de ahorro, tales estudios pueden ser del uso de la energía, cambios de tecnología o variabilidad operacional.

La principal tarea en este proceso es diseñar indicadores que logren establecer metas para el control del consumo de cada energético utilizado en el proceso, establecer mecanismos que permitan hacer una verificación de las medidas implementadas para lograr la reducción de los consumos y, por último, identificar si los mecanismos propuestos presentan el resultado esperado o si es necesario realizar ajustes o cambios definitivos para obtenerlos.

En ese orden de ideas, el Ingenio Providencia S.A., comprometido con la calidad en sus procesos y en los productos que ofrece a sus clientes, ha implementado su propio ciclo de oportunidad, que le brinda la posibilidad de realizar un mejoramiento continuo de sus procesos, de la labor de sus empleados y de su impacto medio ambiental. La Figura 9 ilustra este procedimiento de forma general.

Figura 9. Diagrama de requisitos legales comprometidos con la responsabilidad social, ambiental y económica del Ingenio Providencia S.A.



Enfocados directamente con cada objetivo se obtiene el desarrollo adquirido a través de las certificaciones para efectos de análisis, se toma la correspondencia en la etapa de planificación para este proyecto para lograr implementar con mayor facilidad.

7.1.2 Certificaciones del Ingenio Providencia S.A. Se presentan los aportes al SGE que han surgido de la implementación y certificación con otros estándares internacionales.

Los objetivos alcanzados al cumplir con la norma ISO 90001 de calidad, permiten que la empresa posea un plan de mejoramiento continuo de los procesos, lo que implica el desarrollo de un plan de gestión y genera una mejora, primordialmente, en las instalaciones locativas además del cambio de todas las instalaciones

eléctricas; esto produjo una mejor estabilidad del proceso y una reducción de los tiempos perdidos.

Al mismo tiempo, para el caso de la norma NTC ISO 14001, certificación que direcciona sus esfuerzos a mejorar los procesos para identificar y minimizar los impactos contra el medio ambiente, ha permitido, indirectamente, disminuir los consumos de energía e incrementar la eficiencia energética en los procesos de elaboración de los productos finales. Esta reducción de los consumos va asociada a generar menores impactos medioambientales al reducir la demanda de energéticos del sistema de potencia, implementando, por ejemplo, el uso eficiente de la energía como un indicador de impacto ambiental frente a la producción; esto involucra actividades como análisis de consumos, termografías que permitan la evaluación de pérdidas por recalentamiento, dimensionamiento de los conductores eléctricos, uso de variadores de velocidad y el manejo de iluminación que significa ahorros en el consumo con luminarias de alta eficiencia o tecnología LED.

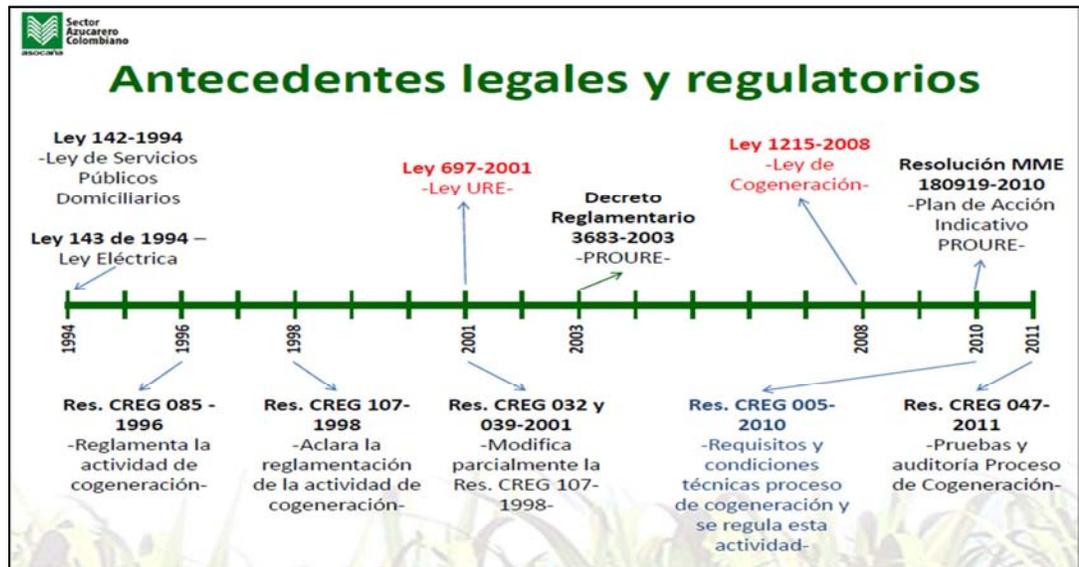
Por otro lado, la certificación con la norma NTC OHSAS 18001, que corresponde al tema de la seguridad, aplicó un beneficio al desarrollar un plan de acción que permitió identificar los potenciales de peligro al realizar instalaciones eléctricas sin cumplir el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Una vez se aseguró el cumplimiento del RETIE, se generaron ahorros en los consumos eléctricos, principalmente en materia de pérdidas energéticas.

El departamento de aseguramiento de la calidad está encargado de exigir, a través de diferentes formatos e informes, estándares como lo son el aseguramiento de la calidad, de la gestión en seguridad y salud ocupacional, de la gestión ambiental y actualmente trabajando en la obtención de los sellos para BPM y HACCP. Esta revisión ha representado incrementos en la cultura energética del personal, quienes en sus labores diarias se comprometen a asegurar la calidad y a encaminar sus actividades al cumplimiento de los objetivos y la potencial adquisición de dichas certificaciones.

Es así como cada una de las certificaciones, otorgadas y en proceso, generan un compromiso total de la organización, por lo que el departamento de aseguramiento de la calidad y cada uno de los empleados y departamentos, son conscientes de su responsabilidad para el sostenimiento de estas certificaciones, de la mano con un proceso continuo de auditorías internas que permiten identificar las debilidades y fortalezas para cada proceso. Esta estructura de calidad es la base idónea para un proceso de implementación de un SGE y la certificación con la norma ISO 50001.

7.1.3 Identificación de los antecedentes legales y regulatorios. Son caracterizados como principales agentes legales y regulatorios de un Sistema de Gestión aquellos ilustrados en la Figura 10.

Figura 10. Principales agentes legales regulatorios de un Sistema de Gestión



Fuente: ASOCAÑA

De igual forma, es posible identificar los requisitos legales y otros requisitos establecidos en el ámbito Nacional, como lo son:

- **Ley 697 de 2001: Uso Racional y Eficiente de la Energía.**
La ley 697 promulgada por el Congreso de la República en octubre de 2001 declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con esta Ley se espera optimizar la utilización de los recursos energéticos primarios que posee el país, minimizando los impactos ambientales y mejorando la competitividad de la nación, promueve la utilización de energías alternativas planteando la creación del programa de uso racional y eficiente de Energía (PROURE).
- **Decreto n° 3683 de 2003:**
El 19 de diciembre de 2003, a través del decreto 3683, se reglamentó esta ley y se creó la Comisión Intersectorial de URE (CIURE), cuyo fin es el de “asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de

políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencional en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas”

- **Ley 7447: Regulación del Uso Racional de Energía.**
La primera parte del informe fue elaborada por el Consultor Rogelio Sotela. Constituye el documento técnico de apoyo que fundamenta el Proyecto de Reforma de Ley N° 7447, que fue elaborado por la consultora Lidiette Figueroa.

Los temas que concentran la atención del trabajo son una propuesta para mejorar la regulación de energía en las empresas privadas que registran un elevado consumo; se plantea establecer incentivos para la realización de programas voluntarios de conservación de energía; la revisión del mecanismo de sanción basado en el impuesto selectivo de consumo; los mecanismos, procedimientos de control y verificación del cumplimiento de las medidas de conservación de energía, sujetas a exoneraciones e incentivos; la posibilidad de ampliar la aplicación de los incentivos a todos los equipos que utilice fuentes nuevas y renovables de energía; y el establecimiento de un sistema de inspectores de plaqueo energético. Asimismo, el trabajo pone énfasis en la necesidad de crear un fondo de conservación de energía y en la ejecución de programas de conservación de energía en las instituciones del sector público.

- **Decreto N° 25584-96.**
Reglamento para la regulación del uso racional de la energía: Establece las disposiciones, los requisitos y procedimientos que regularan el uso racional de la energía, al amparo de lo dispuesto en la ley N° 7447. Entre las disposiciones planteadas están las formas de incentivos y cofinanciamiento para las empresas que aportan al ahorro de energía de una manera eficiente. Asimismo se establecen los niveles mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los equipos

7.1.3.1 Matriz de requisitos legales y otros. Los requisitos legales se registran en formato de matriz de requisitos legales y otros como el que se muestra en el Cuadro 2, donde se especifica:

- **Reglamento o Documento:** Es el nombre del reglamento (Ley, Norma, etc.) o documento (Permiso, Licencia, etc.) aplicable. Se compone de los siguientes elementos:
 - *Tipo de norma:* Se especifica el tipo de norma (Ley, permiso, Licencia, etc.).

- *Número*: Se especifica el número de la norma y el artículo específico que aplica.
- *Ubicación*: Se establece donde se encuentra el documento para consulta, medio y lugar en la organización o sitio Web, etc.

- **Entidad emisora**: es la fuente o entidad/ autoridad que emite el reglamento o documento.

- **Fecha de Vigencia**: Se indica la fecha de aprobación del reglamento o documento, las modificaciones y la fecha de renovación.

- **Obligación**: Es una breve descripción del requisito específico del reglamento o documento que aplica a la organización.

- **Aplicación**: Se designa con una marcación el área a la cual aplica el requisito del reglamento o documento identificado.

Otros requisitos legales que aplica a la organización se consideran los documentos contractuales (como los términos de referencia, contratos y otrosí, entre otros); y los demás que el cliente externo especifique para la utilización de la gestión energética.

Es responsabilidad del líder del SGE y el abogado de la organización mantener actualizada la matriz de requisitos legales por lo menos cada tres o cuatro meses, al igual que informar a los cargos que les corresponda dar cumplimiento según los cambios que surjan.

Si algún funcionario de la organización tiene conocimiento de algún cambio o de nueva reglamentación que aplique para la empresa, debe informar al líder del SGE, para actualizar la matriz.

Para esta caracterización se utilizan así las áreas de patios caña, preparación de la caña picadora, desfibradora y el molino donde se presenta la extracción del jugo diluido.

7.2.1 Fuentes de energía actuales. El Ingenio Providencia S.A. cuenta con el bagazo y el carbón como fuentes de energía directa, que como resultado de la combustión se obtiene el vapor de agua y energía eléctrica de los generadores como energéticos secundarias. El consumo en BTU y MBTU de estos energéticos es ilustrado en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Energéticos en el Ingenio Providencia, en BTU y MBTU

TOTAL CONSUMIDO BTU	4.577.610.783.000
BTU Carbón	BTU Bagazo
371.451.507.000	4.206.159.276.000
BTU Carbón	BTU Bagazo
8%	92%
MBTU Carbón	MBTU Bagazo
371.452	4.206.159

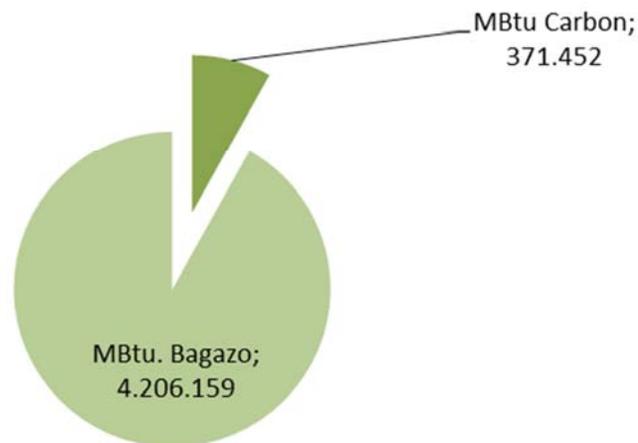
Igualmente, la distribución de consumo energético por energéticos primarios se observa en la Figura 11.

Las fuentes de energía caracterizadas como primarias son:

- **Bagazo:** materia residual de la molienda de caña que por su poder calorífico se aprovecha para la combustión en la caldera. Al generar este bagazo una parte es consumida en las calderas, otra cantidad está destinada a la venta a papeleras y otra parte regresa al proceso para lograr la mayor extracción de sacarosa en la cachaza antes de ir a compostaje para el proceso de abono. En algunos casos se lleva bagazo a compostaje para mezclar y obtener un mejor compost. El poder calorífico del bagazo seco es de 3100 a 3800 BTU/Lb, el rango varía con el clima y el tipo de cosecha de la caña. La caldera con bagazo en la combustión ha logrado estar a un 75% de su eficiencia en la entrega de Vapor.
- **Carbón:** material combustible utilizado de forma alternativa en la combustión de la caldera en menor proporción que el bagazo pero con mucho mas poder

calorífico que este. El carbón hace parte de negociaciones e intercambios establecidos por el ingenio a través del tiempo; el excedente de la quema ceniza va a compostaje para mezclarse y volver al campo como abono. El poder calorífico del carbón es de 11000 BTU/ Lb. Este combustible es muy importante cuando se tienen problemas con la humedad en el bagazo debido a inconvenientes en el molino. La eficiencia en la combustión de la caldera con carbón el valor que se tiene es de 83%.

Figura 11. Consumo de energéticos en MBTU



En contraste, los energéticos secundarios son:

- **Vapor:** resultado de la combustión de los energéticos primarios que es inducido por una tubería a una presión de 950 PSI y a una temperatura de 960 °F. Estas condiciones hacen que se obtengan una eficiencia muy alta al utilizar vapor saturado.
- **Energía eléctrica:** es el resultado del aprovechamiento del vapor generado en calderas y convertido en energía eléctrica por medio de las turbinas, aprovechando el potencial del vapor.

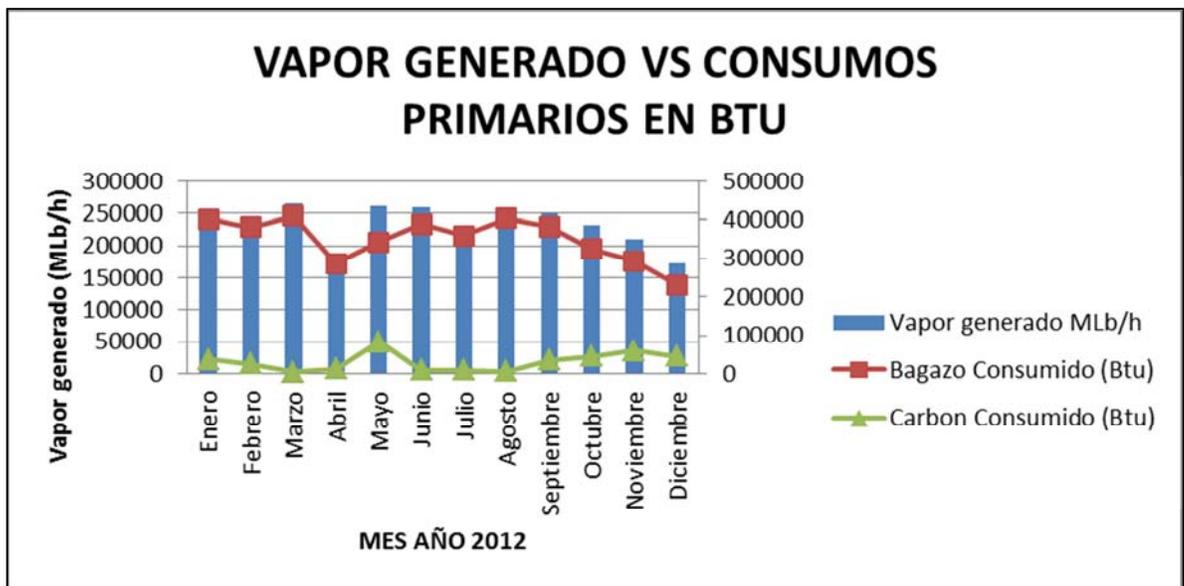
A continuación se presentan los consumos de los energéticos principales discriminados por cada mes del año. Se identifican en el Cuadro 4 el vapor generado y los consumos de bagazo y carbón.

Cuadro 4. Bagazo y carbón consumido en el proceso de combustión para la generación de vapor en el año 2012.

Mes	Vapor generado	Bagazo Consumido	Carbón Consumido
Enero	256512	52811,3	1775,8
Febrero	238741,66	50118,2	1226,9
Marzo	265048,41	53879,5	217,8
Abril	188804,33	37773,1	589
Mayo	260725,27	45035,3	3946,9
Junio	258901,932	51089,5	408,1
Julio	228371,17	47.349,6	401
Agosto	255791,45	53034,5	311
Septiembre	250448,5	50375,6	1707,3
Octubre	231626,14	42790,71	2194,5
Noviembre	210776,84	38612	2833,2
Diciembre	171762,5	30362,1	2129

Igualmente, en la Figura 12 se presenta el gráfico que compara los consumos en toneladas de los energéticos principales en relación con el vapor generado, observándose la variación con respecto los aumentos en los consumos de energéticos.

Figura 12. Gráfico de vapor generado relacionado con el consumo de bagazo y carbón con la tendencia según su variabilidad en el proceso productivo.



En este gráfico se aprecia como fue la tendencia de los consumos de bagazo y carbon frente al vapor generado, observándose la variación con respecto a los aumentos en los consumos de energeticos y evidenciando los cambios cuando se ha utilizado el consumo de carbon, dando como resultado un incremento proporcional a los energeticos consumidos.

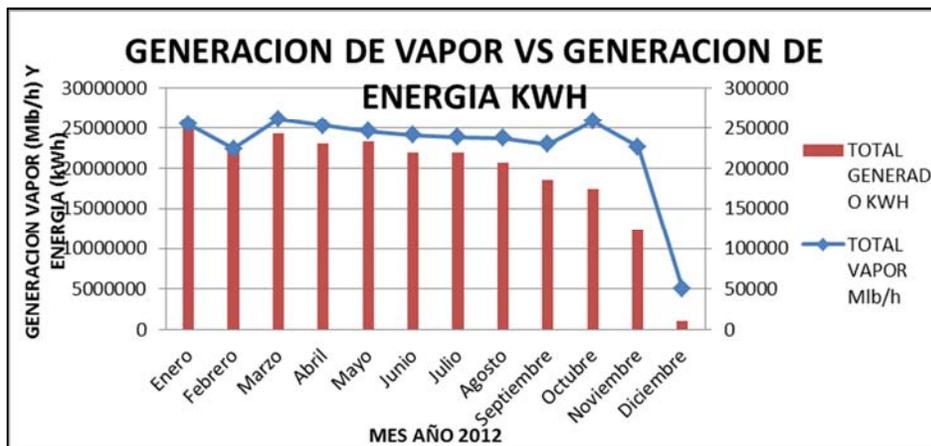
Se presenta igualmente el gráfico de consumo de bagazo y la generación de vapor en el tiempo.

Figura 13. Gráfico de consumo de bagazo según vapor generado



En la Figura 13 se muestra el comportamiento en el consumo de bagazo y se aprecia cómo es la tendencia de generación de vapor para los turbo generadores y los excedentes para el proceso.

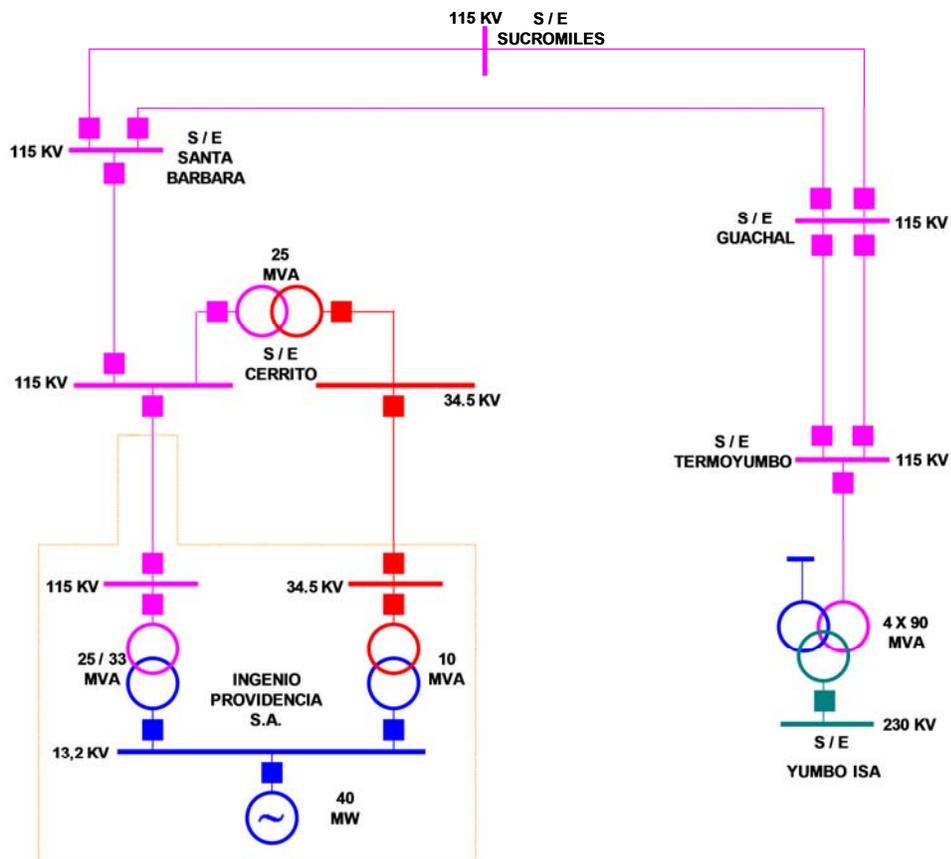
Figura 14. Gráfico de vapor generado y consumo de Energía eléctrica



Finalmente, en la Figura 14 se ilustra la relación entre la generación de vapor y la generación de energía en kWh del proceso de cogeneración. Se observa que existe cierta proporcionalidad respecto al mes en análisis, pues depende del clima y de las expectativas de caña disponible.

7.2.2 Descripción del sistema eléctrico. Se presenta inicialmente, en la Figura 15, el diagrama unifilar que esquematiza la conexión del Ingenio en el Sistema de Transmisión Nacional STN.

Figura 15. Diagrama de conexión del circuito eléctrico con el STN a 115 kV



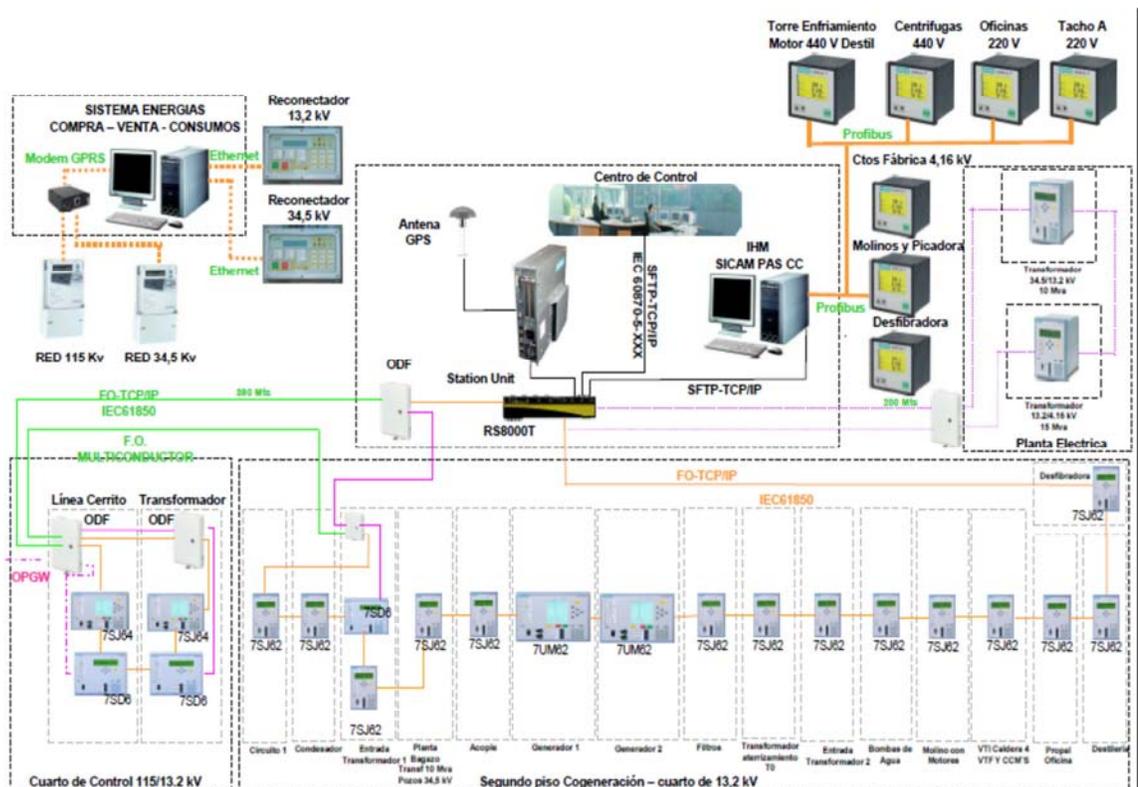
Se presenta así el diagrama eléctrico unifilar total del Ingenio Providencia S.A., ilustrado en la Figura 16.

7.2.3 Esquema de medición. Una vez identificado el diagrama unifilar del ingenio, es importante entender cómo es el proceso de monitoreo de los consumos eléctricos de cada área, por lo que se muestra en la Figura 17 el esquema de mediciones actual.

El ingenio Providencia S.A. cuenta con un sistema de medición en cada circuito identificado por áreas de proceso, estas mediciones se hacen a diario y se reportan al operador de planta eléctrica el cual es registrado en un informe, una vez es consolidado se envía a los diferentes gerentes e ingenieros del proceso.

Se determina en cada proceso la cantidad de energía consumida vs la producción con este reporte se evalúa la eficiencia del proceso y cómo puede ajustarse para mejorar o realizar cambios que permitan reducir los consumos. Se identifican las posibles causas que lo generaron.

Figura 17. Arquitectura de la medición actual



Fuente: Archivos Ingenio Providencia S.A.

El proceso de medición del Ingenio está complementado por una arquitectura de comunicaciones robusta, de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 18.

Figura 18. Arquitectura de comunicación para la medición



Actualmente el esquema de medición cuenta con algunas deficiencias que se reportan por la no medición de todos los circuitos distribuidos, también deficiencia en las mediciones principales de molinos, elaboración y calderas de baja. Se hace importante entonces verificar cuales son los circuitos que aún falta por la implementación de los medidores, lo que garantizará que todos los consumos están medidos y facilitará un diagnostico más confiable para los indicadores de gestión.

7.2.4 Identificación de consumo eléctrico en las áreas de Ingenio Providencia S.A. Se describirá en esta sección la distribución de cargas en la planta del Ingenio Providencia S.A.

7.2.4.1 Identificación de cargas y consumos por área. El Cuadro 5 resume la distribución de consumos eléctricos por proceso.

- El área de Molinos tiene como cargas asociadas a su proceso productivo los patios de caña, picadora de caña, motor-desfibrador, motores de molinos, un transformador de 1000 kVA y motores auxiliares para bandas transportadoras y bombas.

- Las cargas del área de Elaboración se conforman por bombas de inyección, elaboración 1 y 2, circuito de filtros y un circuito de 440 V.
- Calderas comprende los circuitos de calderas de baja y la caldera 4.
- Cogeneración tiene asociado el circuito de torres de enfriamiento.
- Las cargas en Destilería son los circuitos de fermentación, destilación, torres de enfriamiento, despacho y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- También se destacan los circuitos de oficinas de administración, venta de excedentes a EPSA y pozos internos de campo.

Cuadro 5. Distribución de consumos de energía eléctrica por proceso

ÁREA	MEDICION
MOLINOS	PATIOS DE CAÑA
	PICADORA DE CAÑA
	MOTOR DESFIBRADORA
	MOTORES MOLINOS
	TRANSFORMADOR EQUIPOS AUXILIARES MOLINOS
ELABORACION	ELABORACION 1 Y 2
	CIRCUITO 440 V. BOMBAS EVAPORADORES Y TACHOS
	FILTROS
	BOMBAS DE INYECCION
CALDERAS	CALDERAS DE BAJA
	CALDERA Nº 4
COGENERACION	TORRES DE ENFRIAMIENTO Y BOMBAS GENERADORES
DESTILERIA	FERMENTACION
	DESTILACION
	TORRES DE ENFRIAMIENTO Y BOMBAS GENERADORES
	DESPACHO DE ALCOHOL
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
OFICINAS DE ADMINISTRACION Y CASINO	AREA ADMINISTRATIVA CASINOS AIRES ACONDICIONADO
VENTA DE ENERGIA	POZOS Y RED PUBLICA

7.2.4.2 Identificación de consumos de energía. Para identificar los consumos de energía inicialmente se presenta el consumo general de fabrica; de acuerdo a lo indicado por la norma ISO 50001, se hace el estudio de consumos pasados y presentes para tener los puntos de referencia. La Figura 19 muestra los consumos del 2011 y el 2012.

Figura 19. Gráfico de variación del consumo de energía en 2011 y 2012

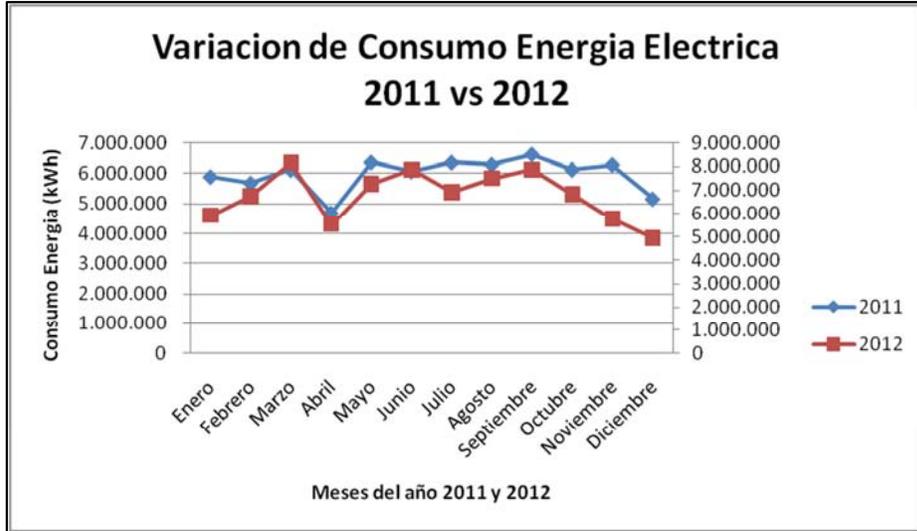
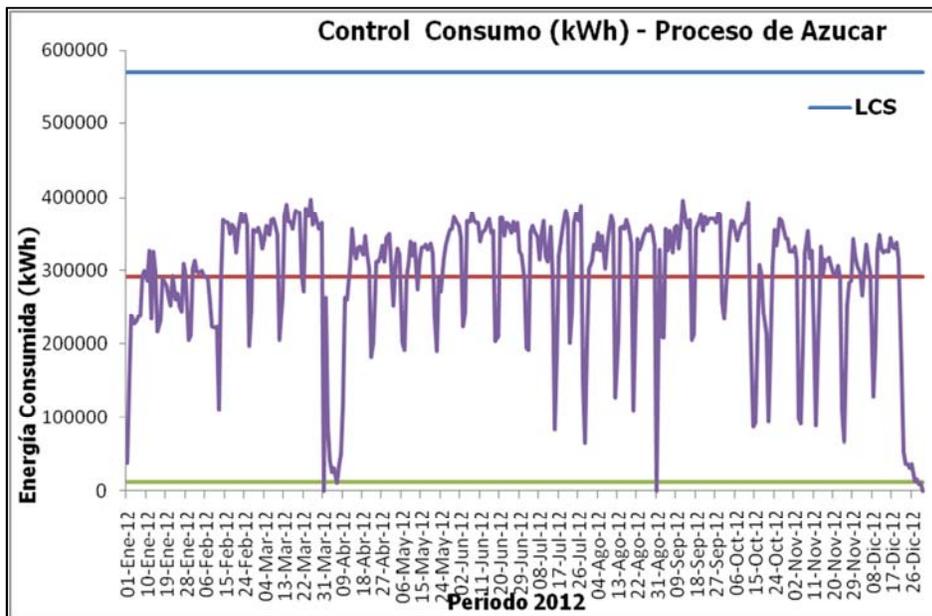


Figura 20. Gráfico de control total de la planta



La Figura 20 es el grafico de control que permite evaluar cómo está el consumo de energía frente a los límites fijos por una banda límite superior y un límite inferior. Este se graficó refiere netamente al consumo de energía en función del tiempo y permite establecer en qué momento hay una variación en los consumos de la producción, dando un indicador del punto de control cuando el consumo de energía es demasiado bajo o por el contrario, es demasiado alto.

Este indicador permite de igual manera, hacer una verificación en el momento que una de estas variables presente un punto crítico o fuera de límite para proceder a identificar el factor asociado a dicha no-conformidad, por ejemplo, equipos trabajando en vacío, paradas por reparación o equipos en operación sin necesidad.

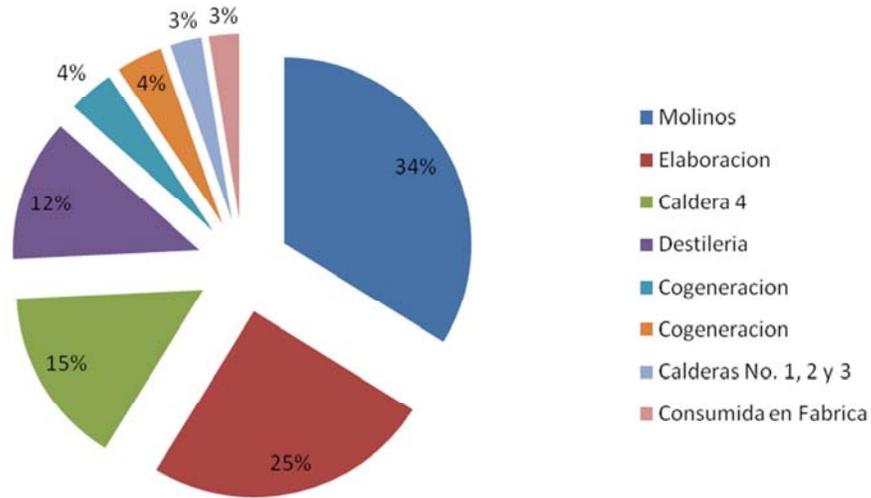
Este grafico de control, debido a que se aplica diariamente, puede aplicarse, a partir de la recolección de datos históricos, en la verificación día a día para establecer una tendencia de cómo en los ingenios las temporadas de lluvia van a generar una disminución en la producción.

Para continuar con el proceso de caracterización de los consumos eléctricos se analizan las cargas ubicadas en las diferentes áreas como se observan en el Cuadro 6 y se grafican en un diagrama ilustrado en la Figura 21.

Cuadro 6. Distribución de consumos por área

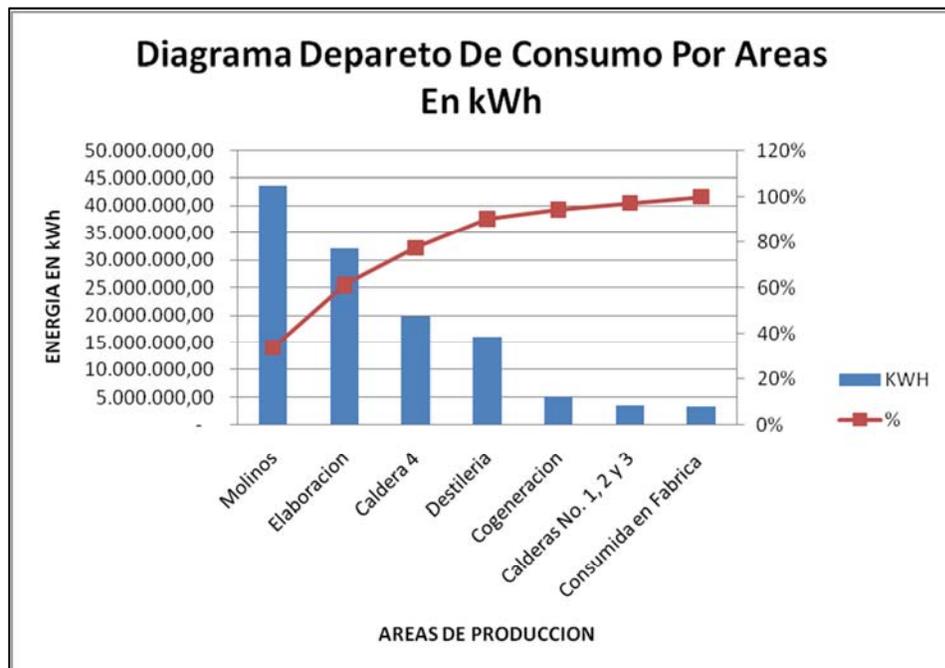
ÁREAS DE CONSUMO	CONSUMO EN kWh	PORCENTAJE CONSUMO	PORCENTAJE ACUMULATIVO
Molinos	43.567.978,00	35%	34%
Elaboración	32.133.969,20	26%	61%
Caldera 4	19.900.992,00	16%	77%
Destilería	15.974.969,56	13%	90%
Cogeneración	5.147.515,00	4%	94%
Calderas No. 1, 2 y 3	3.518.530,89	3%	97%
Consumida en Fabrica	3.386.190,23	3%	100%

Figura 21. Consumo porcentual de energía en las áreas de fábrica



En ese orden de ideas, el Pareto de consumos en las áreas del Ingenio Providencia S.A. se observa en la Figura 22. Es de resaltar que las áreas que mayor aporte realizan al consumo de energía eléctrica con Elaboración y Molinos.

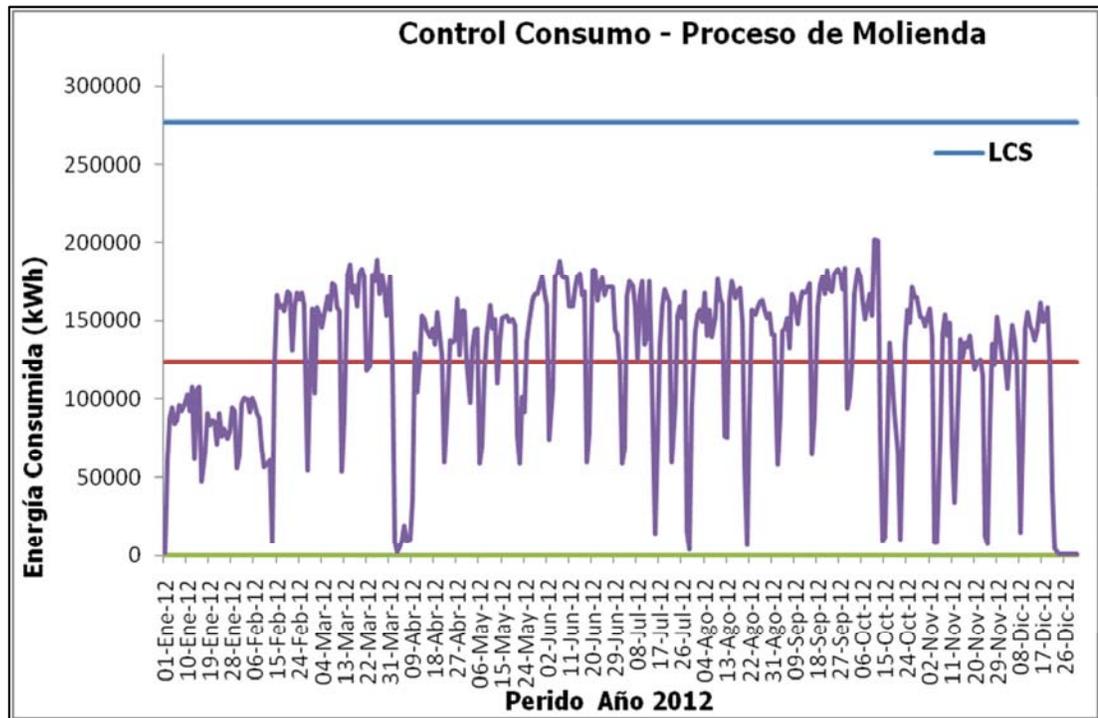
Figura 22. Gráfico de distribución de consumos de energía por áreas de fábrica



Debido al alto impacto sobre el consumo total que el área de molinos tiene, es importante centrar el proceso de planificación energética en esta, por lo que el análisis se centrará en identificar sus consumos energéticos internos.

La Figura 23 muestra el grafico de control del proceso de molienda que ha permitido establecer un conjunto de puntos de control en los que se puede verificar si hay situaciones atípicas en el proceso.

Figura 23. Gráfico de control proceso de Molienda

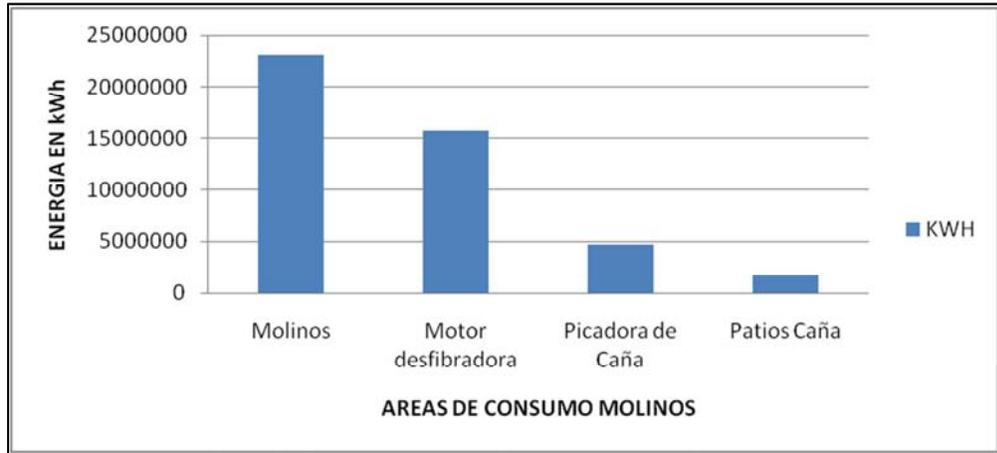


En el caso del proceso de molienda del ingenio se evidencian varios eventos que están por debajo del punto establecido; para la revisión y planificación es muy importante saber determinar cuales fueron las causas de los consumos o no consumos y hacer ajustes para mejorar.

Asimismo, la Figura 24 y el

Cuadro 7 ilustran la distribución de consumos en el área de molinos.

Figura 24. Gráfico de consumos en las áreas de molinos

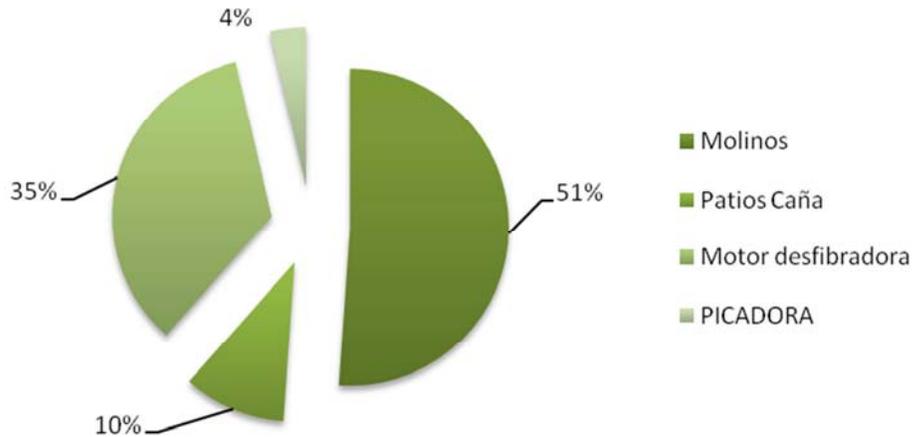


Cuadro 7. Consumos de molinos

CARGAS MOLINOS	DISTRIBUCION CONSUMOS EN MOLINOS		
	ENERGIA TOTAL	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Molinos	23118927	51%	51%
Motor desfibrador	15745209	35%	86%
Picadora de Caña	4703842	10%	90%
Patios Caña	1654332	4%	100%

La Figura 25 permite observar los consumos porcentuales en el área de molinos.

Figura 25. Diagrama de consumos en molinos



El Cuadro 8 muestra la distribución de las cargas medidas en el proceso productivo, información importante para la caracterización total del área.

Cuadro 8. Distribución de las cargas medidas en el proceso productivo del área de molinos ingenio Providencia S.A.

EQUIPO TRANSFORMADORES	TENSIÓN	CARGA EN %
1000 KVA transformador Molinos	4160	31,09
1500 KVA transformador de patios caña	4161	45,111
3000 KVA transformador de molino 1 y 2	13200	28,926
2500 KVA transformador de molino 3 y 4	4160	44,908
3000 KVA transformador de molino 5 y 6	13200	28,317

Figura 26. Gráfico de potencia instalada en kW

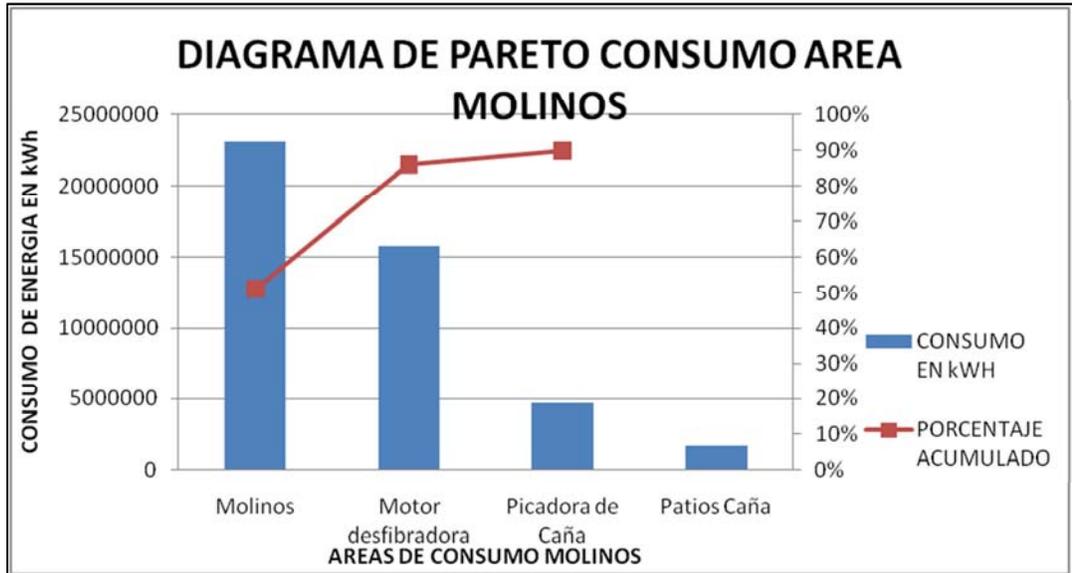


Figura 27. Porcentaje de equipos instalados en el área de molienda

EQUIPOS INSTALADOS EN EL AREA DE PRODUCCION DE MOLIENDA EN %



Figura 28. Gráfico de Pareto consumos en Molinos.



La identificación de los consumos determinados por áreas permite tener una caracterización de las áreas de mayor impacto en el ingenio. Los resultados demuestran que el área de molinos representa el mayor impacto en consumos energéticos para la planta, al mismo tiempo que, los molinos consumen aproximadamente el 50% de los energéticos de esta área.

Con la información obtenida se realizarán ahora las líneas de base energética para identificar qué relación de consumo por unidad de producción se evidencia tanto en la planta en general, como específicamente en el área de molinos.

Cuadro 9. Resumen de la revisión energética en el Ingenio Providencia S.A.

Revisión energética aplicada al Ingenio Providencia			
Ítem	Descripción	¿Qué problemáticas fueron planteadas?	Resultado
1	Identificación de las fuentes de energía actuales	Obtener las fuentes primarias y secundarias que utiliza el proceso y se cuantifican	Caracterización de energéticos primarios y secundarios del proceso. Primarios: carbón y bagazo. Secundarios: vapor y energía eléctrica.
2	Evaluación del rendimiento en cada etapa	Gráfico de los consumos de cada energético en el tiempo con sus características de generación o adquisición.	Utilización de gráficos para determinar indicadores con datos obtenidos de mediciones presentes.

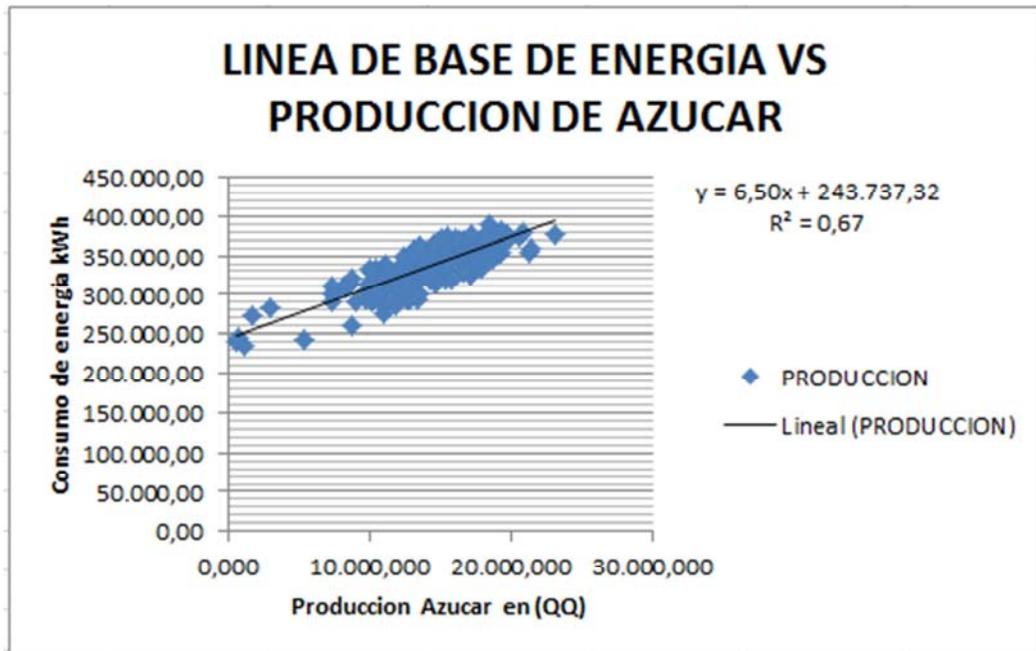
Cuadro 9 (Continuación)

3	Verificación de los consumos principales de la planta	Uso de diagramas unifilares para la identificación de los principales consumos.	Datos obtenidos de la empresa en cuanto a diagramas unifilares e inventario de equipos instalados en planta
4	Evaluación de usos significativos por energéticos	Graficar y obtener los indicadores dónde se utiliza cada energético evaluando cual es el de mayor demanda	Gráficos de pareto que permiten identificar las áreas de mayor consumo, entre las que destaca Molienda.
5	Verificación del estado de medición de la empresa	Mediciones actuales, determinación de áreas de mayor impacto en los procesos y que carecen de medición	Caracterización del estado actual de medición utilizando información de la empresa en relación a los procesos y su impacto en el consumo.
6	Verificación de variables de uso significativo de la energía.	Utilización de los registros de medición de cada uno de los procesos según estén dispuestos: hora, día, mes, año.	Gráficos de tendencia con información adquirida lo más detallada posible
7	Planificación de medición	Verificación del estado de la medición en cuanto a consumos y si están todos los consumos relacionados	Realizar ajustes en los datos obtenidos si se detecta algún dato no registrado
8	Identificación de oportunidades para ahorrar y buscar la eficiencia	Realizar con los estudios planteados las principales pérdidas por las prácticas o tecnologías obsoletas de alto consumo	Con el gráfico meta realizar el estudio de los potenciales de ahorro identificando consumos menores
9	Verificación del consumo energético a nivel de toda la empresa.	Relacionar consumos energía en años anteriores y compararlos para tener una tendencia con los gráficos utilizados.	Gráficos de tendencia, índice de consumo y control para determinar los niveles de ahorro.

7.3 LÍNEAS DE BASE ENERGÉTICA

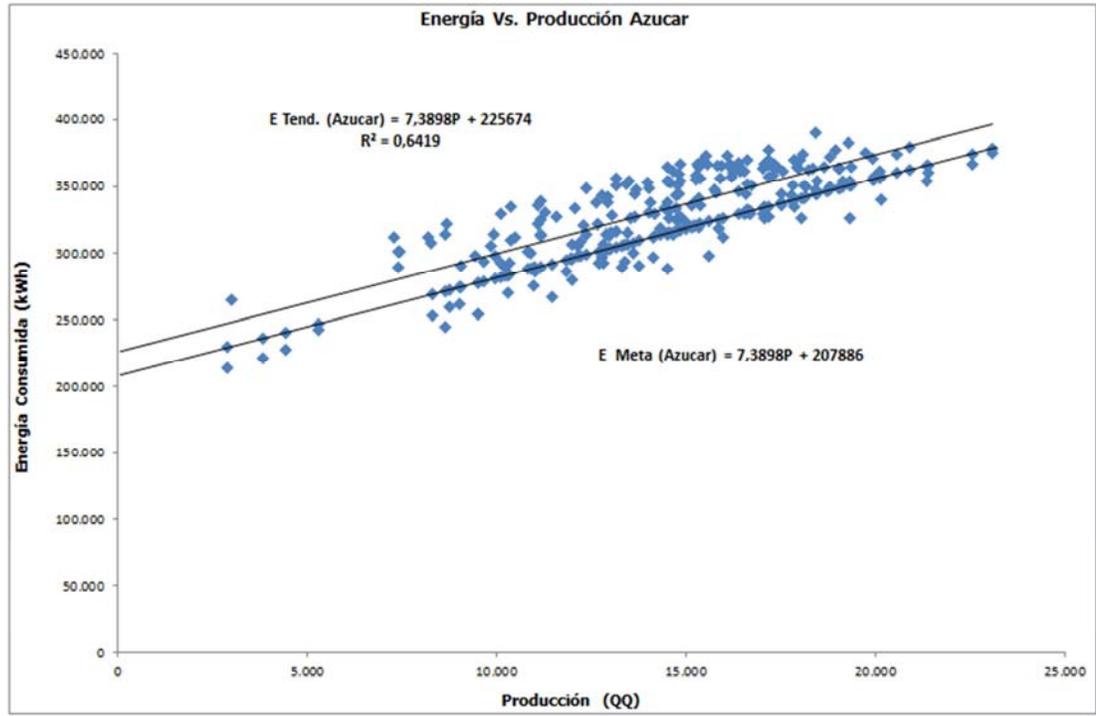
7.3.1 Línea de base energética total. Inicialmente se determinará la relación entre el consumo por unidad de producción a partir de los datos totales de la planta del Ingenio Providencia, con el fin de identificar potenciales de ahorro energético genéricos de la empresa.

Figura 29. Gráfico de línea de base energética total



En la Figura 29 se muestra el consumo de energía en kWh en función de la producción de azúcar en toneladas en un diagrama de dispersión. Es aplicada una regresión lineal simple que identifique la tendencia del consumo de energía dado por la expresión **Tendencia de energía = mP+Eo**, en la que se muestra que para cero producción hay un consumo registrado de 243000 kWh/día y este crece en línea recta a razón de 6.50 kWh por cada tonelada de caña, con una correlación de los datos dispersos de 0,67, que es relativamente fuerte. Esta correlación pudo ser mejor pero existen procesos con reproceso o materia prima desviada que generan amplias variaciones en los consumos asociados; esta correlación fue previamente mejorada a partir de la inclusión de cargas que no se tuvieron en cuenta como el área de secado de azúcar y auxiliares de centrifugas áreas medidas con analizadores, la aplicación de una banda amplia para el filtrado de los datos.

Figura 30. Gráfico de línea meta del proceso total



En la Figura 30 se muestra la línea base del proceso energético productivo junto con la línea meta productiva considerada como tendencia de mejora del consumo del proceso productivo en función de las toneladas procesadas solo por variabilidad operacional y sin ningún tipo de modificación tecnológica.

Para estimar el ahorro se toman los dos valores de E_0 , tanto de la línea base como de la línea meta, es decir, $(225674 - 207886) kWh = 17788 kWh$.

La correlación es la misma porque simplemente se está tomando la línea meta con los puntos que se encuentran por debajo de la línea de base real.

7.3.2 Línea base energética del proceso de Molienda. Para el análisis del proceso de molienda se toma el material resultante del mismo en las etapas de patios de caña, picado, desfibrado y extracción. El resultante es el jugo diluido, materia prima que finalmente sale al proceso de elaboración de azúcar. La Figura 31 y la

7.3.3

7.3.4 Figura 32 ilustran el proceso con los detalles del mismo; el sobrante de este proceso va una parte para la combustión en la caldera y el resto se comercializa

con las papeleras. El Ingenio Providencia para este proceso solo utiliza como energético electricidad y agua.

Todo su proceso está en línea y todo el equipo o tandem de molinos debe estar en operación para garantizar la mejor extracción del jugo. Este proceso tiene como factores determinantes la disponibilidad de la caña, el cambio de material de molienda, cañas con mucha fibra, pérdidas indeterminadas por inversión de la sacarosa y por microorganismos.

Para este análisis se toma el jugo diluido por ser la materia prima resultante del proceso de molienda.

Figura 31. Diagrama de flujo del área de molinos del Ingenio Providencia S.A.

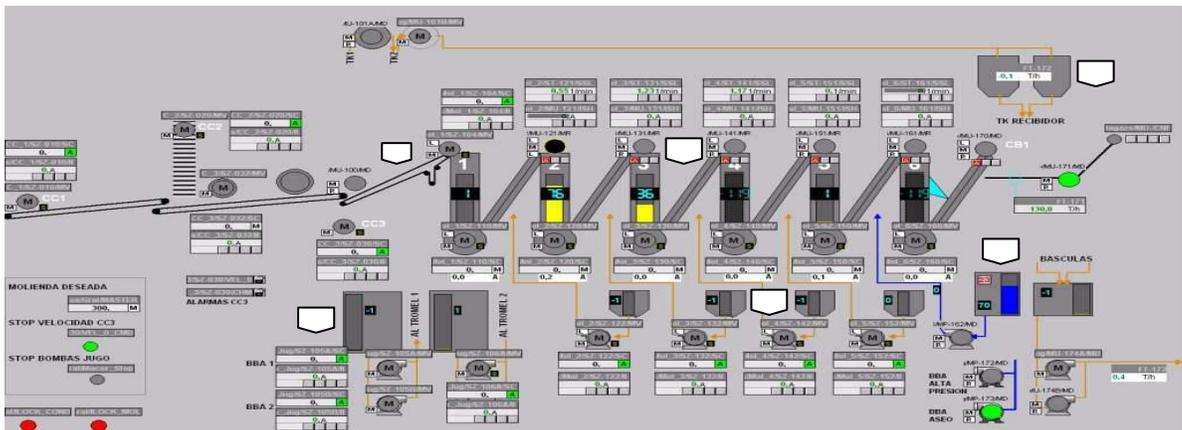
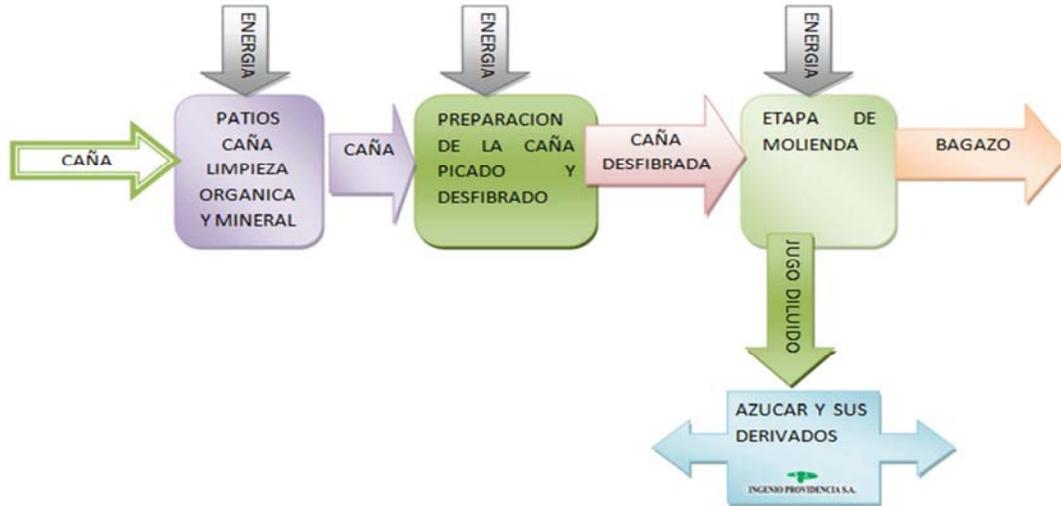
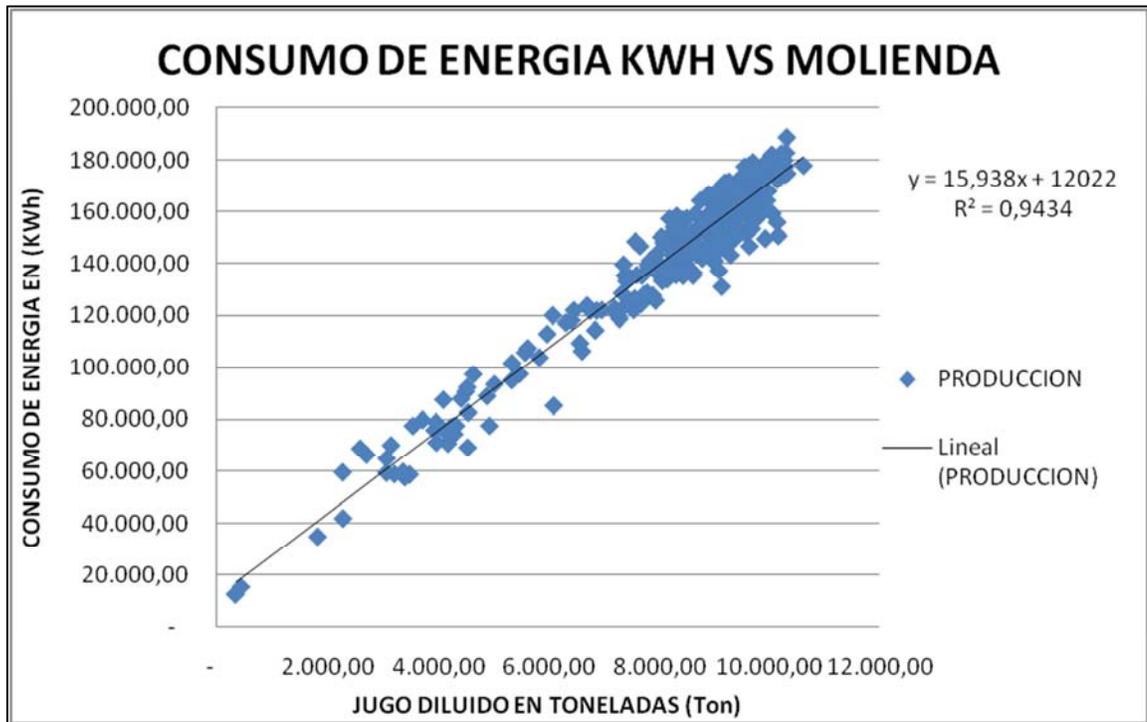


Figura 32. Esquema general del proceso de Molienda y extracción de jugo diluido y bagazo



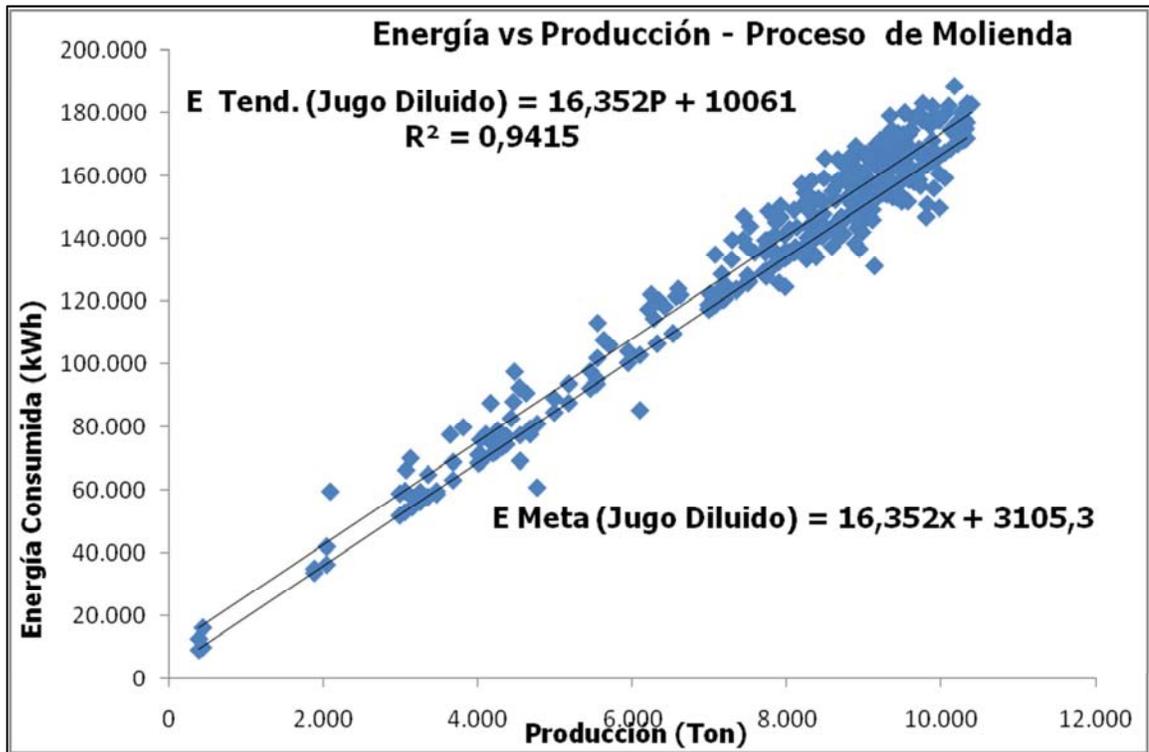
Se presenta en la Figura 33 el diagrama de dispersión correspondiente a los consumos energéticos en función de la producción del proceso de jugo diluido.

Figura 33. Gráfico de línea de base energética del proceso de molienda



La línea de base energética de la Figura 33 muestra el consumo de energía en kWh en función de la producción de azúcar en toneladas en el periodo base del año 2012. La tendencia de los datos dispersos es calculada a partir de una regresión lineal simple, para obtener **Tendencia de energía = mP+Eo**, en la que se aprecia que para un nivel de cero (0) producción existe un consumo de 12022.000 kWh/día, con un incremento a razón de 15,938 kWh por cada tonelada de caña y con una correlación de 0,94. El adecuado nivel de correlación de la línea de base puede entenderse como un proceso sin demasiadas anomalías de consumo energético, por tanto, con un adecuado control de los consumos por tonelada procesada.

Figura 34. Gráfico de línea meta del proceso de Molienda



En la Figura 34 se muestra la línea base del proceso energético productivo junto con la línea meta productiva considerada como tendencia de mejora del consumo del proceso productivo en función de las toneladas procesadas solo por variabilidad operacional y sin ningún tipo de modificación tecnológica.

Para estimar el ahorro se toman los dos valores de E_0 , tanto de la línea base como de la línea meta, es decir, $(10061 - 3105.3) kWh = 6955.7 kWh$.

La correlación es la misma porque simplemente se está tomando la línea meta con los puntos que se encuentran por debajo de la línea de base real.

7.4 PROTOCOLOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO IDE

Han sido identificadas las líneas de base energética de la planta y del área de interés, con lo cual se ha obtenido un conjunto de expresiones matemáticas que permitirán estimar los consumos energéticos idealmente asociados a un nivel de producción determinado. El conocer la tendencia de consumos en función de la producción facilitará el análisis y la potencial intervención en los procesos para mejorar el desempeño energético, pues se tendrá una comparación de un punto de operación ideal frente a otro posiblemente menos eficiente.

Existen igualmente herramientas que pueden facilitar el análisis del desempeño energético basadas en la información asociada a los consumos para que puedan ser visualizadas las no conformidades en cuanto a consumos energéticos de manera más efectiva; estas herramientas son conocidas como los indicadores.

Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía¹⁶.

Empleándolos en forma oportuna y actualizada, los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en su desempeño global¹⁷.

¹⁶ RODRÍGUEZ PAZ, José Luis. Diseño y establecimiento de indicadores de gestión para el seguimiento de eficiencia energética eléctrica en el área de molienda de caña del Ingenio Providencia S.A. Proyecto de grado de pregrado en ingeniería eléctrica. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Departamento de Energética y Mecánica. 2012, p 25.

¹⁷ PÉREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Los indicadores de gestión "Curso Índices de Gestión", soporte & CIA. Ltda. [en línea] [Consultado 10 de Julio de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf>>.

7.4.1 Indicadores de desempeño establecidos en el Ingenio Providencia S.A.

Es importante, inicialmente, identificar los indicadores ya implementados en el Ingenio Providencia S.A. que podrían ser aplicados a un Sistema de Gestión Integral de la Energía y que se requieren para el análisis de información y evaluación del desempeño y para realizar un seguimiento de las variables más significativas, de acuerdo con las directrices de la norma internacional.

Para el análisis de los consumos el Ingenio Providencia S.A. cuenta con un informe diario que hace referencia a los siguientes indicadores de gestión:

- **Caña molida por hora (CM / h):** este indicador hace referencia a la molienda de caña por hora y se utiliza para calcular el rendimiento del proceso.
- **Libras de vapor vivo por tonelada de caña molida (Lbas VV / TCM):** hace referencia al consumo de vapor vivo para moler las toneladas de caña.
- **Kilowatts - hora por tonelada de caña molida (kWh / TCM):** este indicador genera junto con el vapor los consumos energéticos para obtener los rendimientos del proceso por energético.
- **Libras de vapor escape por tonelada de caña molida (Lbas VE / TCM):** indicador que genera los resultados eficientes del vapor trabajado y utilizado en la elaboración del azúcar.

Otros indicadores que hacen parte del análisis de objetivos por parte de la gerencia general y la gerencia de fábrica:

- **Vapor y Caña Molida:** se realiza un control estadístico del total de vapor generado y el total de caña molida. Este dato se registra cada hora y cada 24 horas se hace el reporte, que a su vez, es acumulado para un informe mensual.
- **Energía Generada:** este indicador permite evaluar la generación de energía eléctrica para la distribución en las diferentes áreas de consumo en fábrica y la

energía que se vende a la red pública. Se realiza cada hora y se genera de forma acumulativa un reporte diario y mensual.

- **Consumo de Vapor Turbo Generadores:** identifica el consumo de vapor del turbo generador, cómo es su comportamiento y sus consumos durante el proceso. Se reporta igual que el anterior indicador.
- **Steam Rate:** es un indicador de eficiencia. Este indicador permite identificar si durante el día, o los acumulados, la calidad del vapor se mantuvo dentro de las exigencias de la máquina.
- **Energía Vendida:** hace referencia de la energía total vendida a la red pública.
- **Energía Comprada:** referencia el consumo de energía del proceso en el caso que la generación no sea suficiente debido a algún problema en los procesos.
- **Energía Consumida en Fábrica.** Se refiere a toda la energía que se consume en la fábrica.

Cuadro 10. Indicadores de Informe Diario

Caña Molida / Hora	
331,8	Tons

Lbs Vapor Vivo / TCM	
Día	Mes
1070,07	1082,36

kWh / TCM	
Día	Mes
89,79	97,18

Lbs Vapor Escape / TCM	
Día	Mes
1008,07	975,64

7.4.2 Propuesta de Indicadores de Desempeño Energético. Son propuestos un conjunto de indicadores de desempeño energético que, junto con los indicadores ya implementados en el ingenio, permitirán realizar un seguimiento de las potenciales mejoras en eficiencia energética en los procesos de la planta.

El registro de los indicadores propuestos será adicionado al informe diario donde se relaciona el consumo de energía en kWh / Toneladas de azúcar producida; este

registro actualmente solo precisa información de la caña molida. Con esto se implementaría el indicador de IC en función de la producción, mientras que el indicador base 100 permitiría hacer el resumen mensual para determinar la eficiencia. Es importante que el indicador de tendencia sea implementado para analizar la variabilidad del proceso. El CUSUM será el indicador que permitirá identificar si en el momento en que se realicen cambios o mejoras efectivamente surgen los efectos positivos esperados o si por el contrario se producen resultados negativos y es necesario emplear acciones correctivas.

Cuadro 11. Indicadores de Desempeño Energético propuestos

Indicador de desempeño energetico propuesto		
Índice de consumo	Indicador base 100	CUSUM
Ic (kwh/ton azúcar)	(mp+eo)*100	Suma acumulada

Con los indicadores adecuados implementados será posible realizar análisis de cargas para los diferentes escenarios que se manejan durante la etapa productiva y verificar cómo están los consumos para poder determinar dónde están los potenciales de ahorro. Las actividades asociadas a los indicadores de desempeño se fundamentan en hacer análisis de cargas por proceso, evidenciar posibles pérdidas por equipos en operación y en vacío, estudio de perdidas por calibre de conductores de cobre y evaluación de equipos sobre dimensionados.

La Figura 35 ilustra esquemáticamente el panorama que los indicadores de desempeño pueden estructurar en la industria, tanto a nivel de las certificaciones internacionales, como a nivel de impacto cultural del personal operativo y administrativo.

Figura 35. Representación conceptual del desempeño energético.



Los indicadores recomendados por la UPME para el análisis de los consumos energéticos en el proceso de la elaboración de azúcar y alcohol a partir de la caña de azúcar, aplicables en el Ingenio Providencia S.A. y que se enfatizarían en el área de Molienda son:

- **Indicador base 100.** Es un indicador de gestión del área energética que refleja el comportamiento de los resultados respecto a la meta tomando como cumplimiento de la misma el valor 100.

$$\text{Indicador de eficiencia base 100} = \left(\frac{\text{Tendencia de energía}}{\text{Energía medida}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Dónde la tendencia de energía es obtenida a partir del cálculo de la línea de base energética para un nivel de producción dado, a partir de la expresión:

$$\text{Tendencia de energía} = m P + E_0 \quad (3)$$

- **Índice de consumo.** Relación que existe entre la energía consumida y las unidades de producto obtenidas en un proceso dado. (KW/Ton; m³/Kg; MBTU/m²; Ton vapor/Kg etc.).

$$IC = \frac{kWh}{Ton} \quad (4)$$

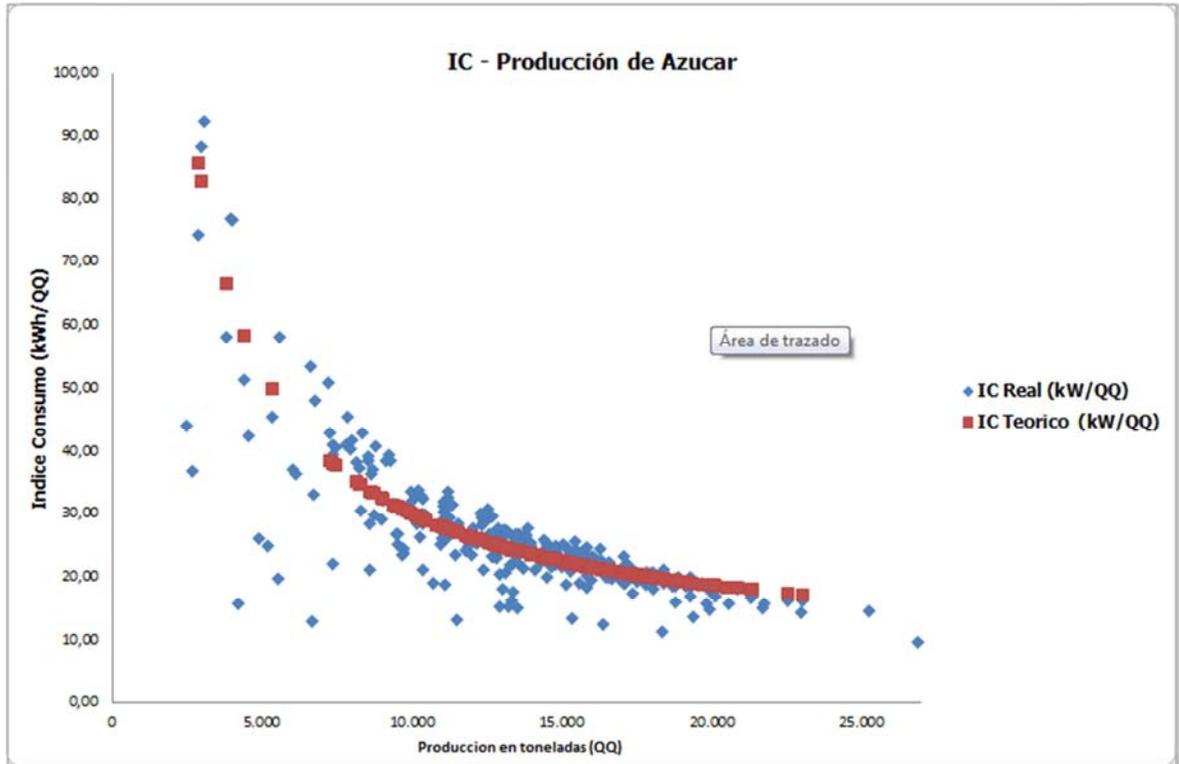
- **Indicador de tendencia.** Este indicador y su grafico se utilizan para monitorear la tendencia de la empresa, área o equipo en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un periodo base dado.

$$(E.medida - Tend.de E.) \times i + (E.medida - Tend.de E.) \times (i + 1) \quad (5)$$

7.4.2.1 Evaluación de los IDEs en la planta. A partir de la información obtenida en las líneas de base energética, se grafican los indicadores de desempeño energético para la planta y para el proceso de Molienda.

La Figura 36 ilustra el índice de consumo del proceso. El conjunto de puntos más dispersos es la medición real y los puntos que forman una tendencia como línea roja representan el índice de consumo teórico determinados a partir de la expresión de la línea base energética. En el eje de las abscisas se presenta la producción en toneladas, mientras que en el de las ordenadas se presenta la relación entre el consumo en kWh y la producción en tonelada, es decir, el consumo energético por unidad de producción de la planta.

Figura 36. Gráfico de índice de consumo total

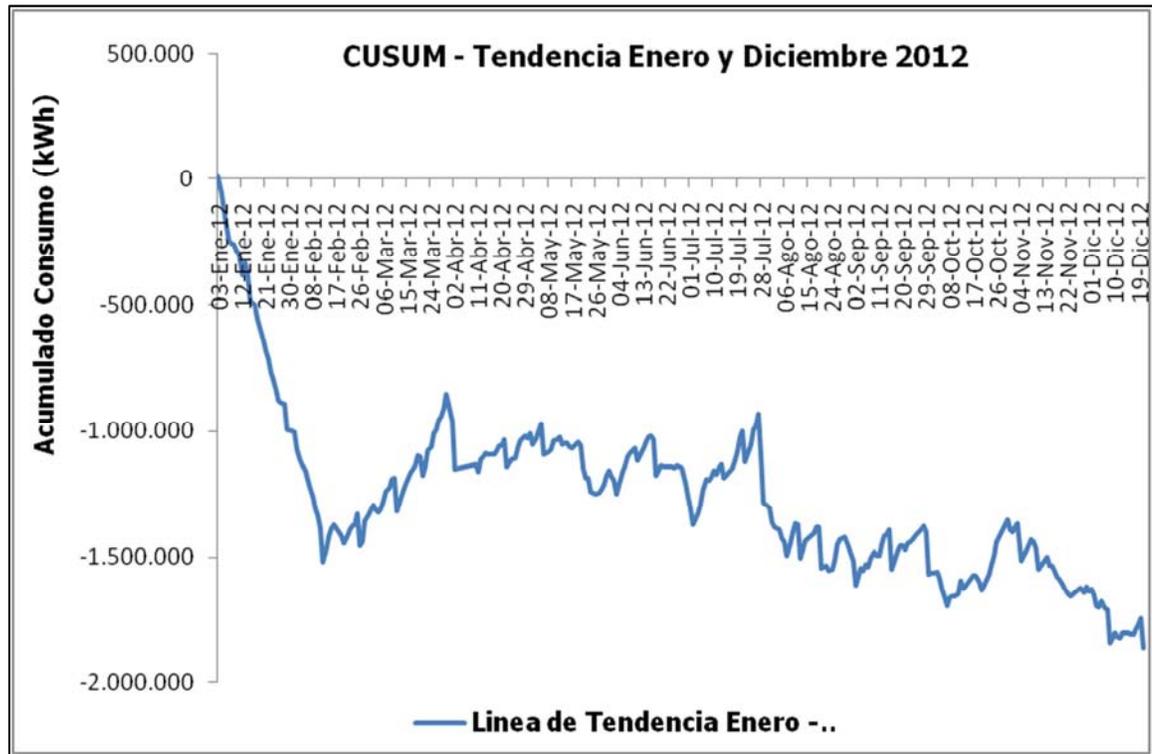


Se concluye, a partir del índice de consumo del proceso, que es importante realizar una planeación adecuada del nivel de producción, puesto que ante menor producción, existe un mayor consumo asociado a la unidad procesada, es decir, se tiende a consumir mas energía a bajos niveles de producción. De ahí que, mientras mayor sea la producción, mayor será la eficiencia energética del proceso.

Es así como este indicador puede determinar si es necesario realizar algún ajuste en el proceso, específicamente en sus niveles de producción, si el mismo fue ineficiente o por el contrario se obtuvo un mejor rendimiento productivo y de consumo.

Se puede determinar igualmente que los puntos dispersos que están bajo la curva teórica son los estados del proceso más eficientes, los puntos que están por encima representan ineficiencias y se deben tomar los correctivos necesarios para que se ubiquen bajo la tendencia teórica. Se pueden generar propuestas de mejora y hace parte de la revisión.

Figura 37. Gráfico de CUSUM total de la planta

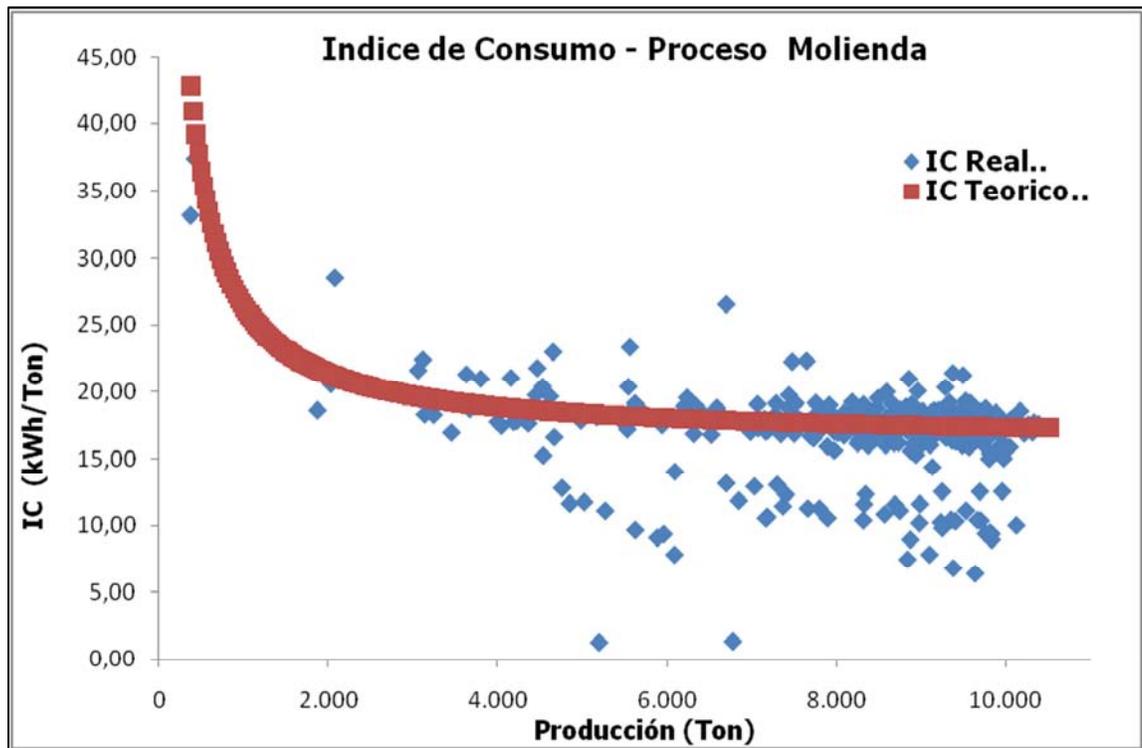


La Figura 37 es la gráfica de la suma acumulativa de la producción en la que los valores negativos indican una tendencia de consumos eficientes. Como este IDE es una suma acumulativa, representa una comparación del consumo con el consumo anterior, por lo tanto, cada vez que los datos tienden a subir, existe una ineficiencia en el proceso, pero si esta decrece, significa que se disminuyó el consumo de energía en la planta. Así, en una producción el CUSUM identifica lo eficiente del proceso teniendo una tendencia negativa.

Es de resaltar que el CUSUM total de la planta presenta una tendencia favorable alrededor de los consumos energéticos de la misma, pues en general, ha conseguido disminuir favorablemente en el tiempo.

7.4.2.2 Evaluación de los IDEs para el área de molienda. Una vez ilustrados los indicadores de desempeños totales de la planta, se procede a aplicar los mismos al proceso de Molienda, al jugo diluido que es el producto de la extracción en el molino; se tiene pues que todos los datos analizados contienen la información de energía consumida del mencionado proceso.

Figura 38. Gráfico de índice de consumo del proceso de Molienda



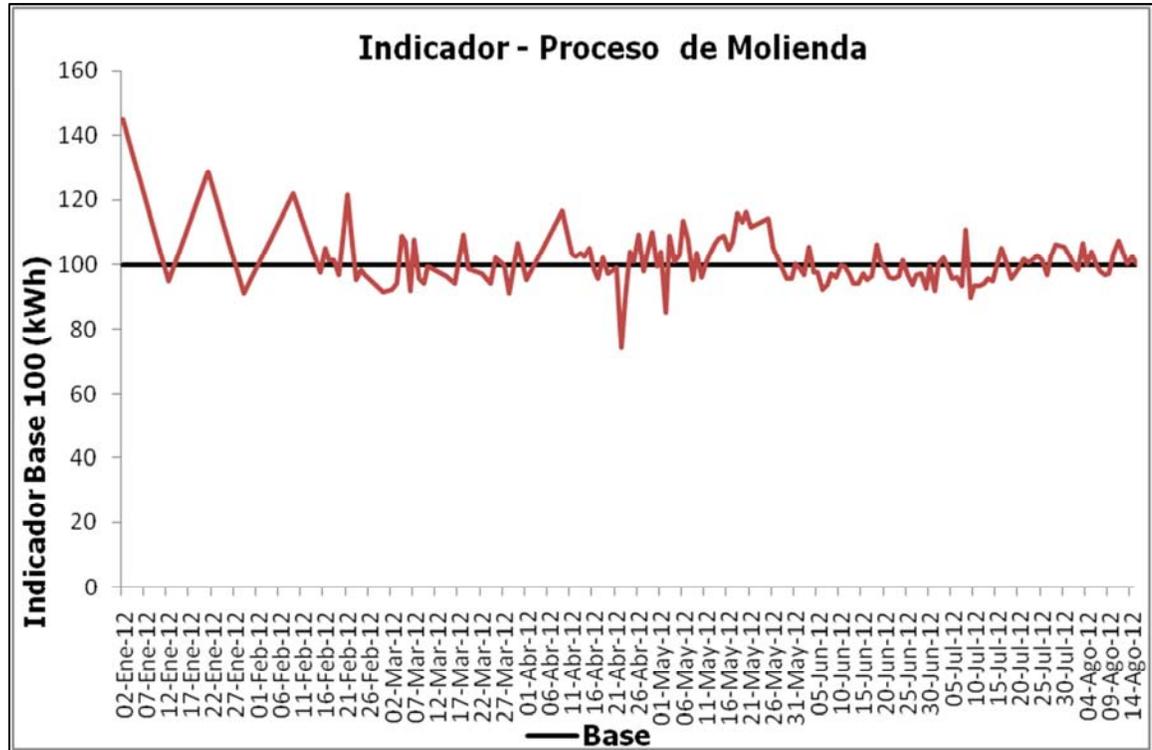
La Figura 38 muestra el índice de consumo del proceso de molienda, el cual permite analizar e identificar los puntos azules o dispersos correspondientes al IC real de producción y compararlos con los puntos rojos que forman una línea continua como el IC teórico que determina que tan eficiente está el proceso.

En articulación al IC total de la planta, es posible que el IC de molienda sirva como base de un estudio de eficiencia energética o de gestión que permitiría establecer metas energéticas que muestren como resultado una propuesta de mejora en el tiempo, con diagnósticos diarios, mensuales y/o anuales.

El Ingenio Providencia tiene indicadores que generan disposición a ser eficientes en el proceso de la molienda. Se tiene claro que el objetivo es alcanzar la producción con menor consumo de energía y hacer el proceso más eficiente, con lo que este indicador puede determinar, en caso de ineficiencia, si hay que hacer algún ajuste en el proceso o si por el contrario se obtuvo un mejor rendimiento productivo y de consumo.

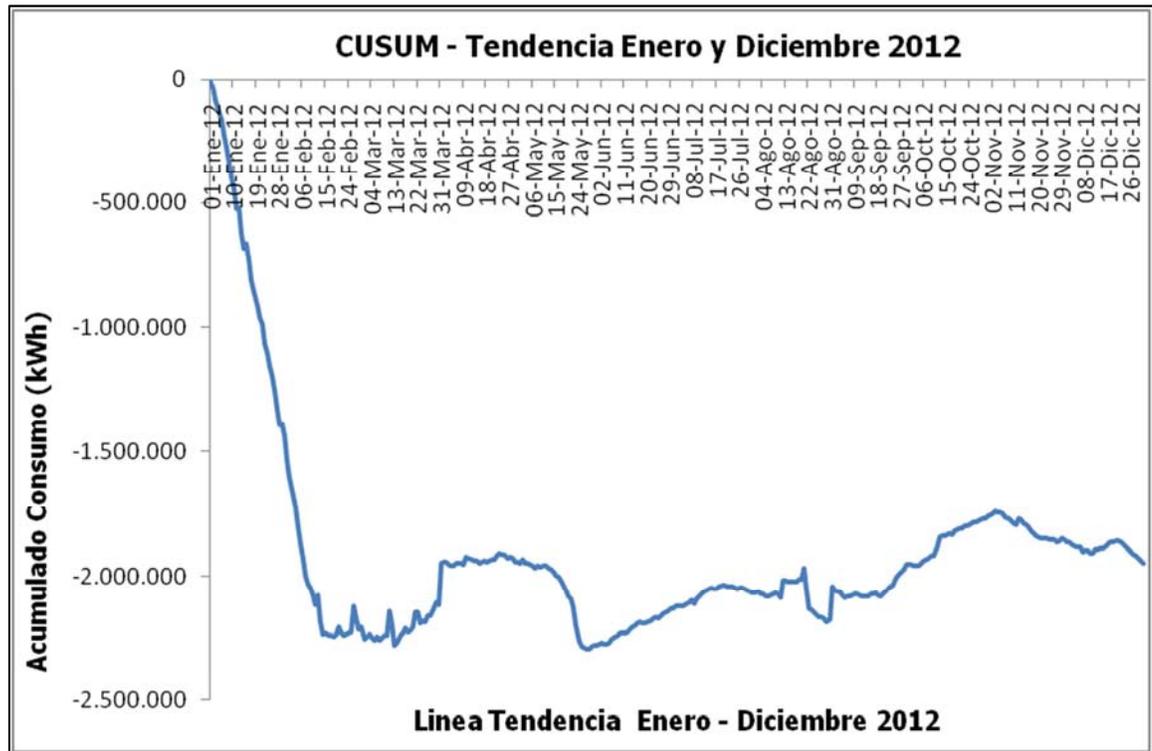
Se puede determinar igualmente que los puntos dispersos que están bajo la curva teórica son los estados del proceso más eficientes, los puntos que están por encima representan ineficiencias y se deben tomar los correctivos necesarios para que se ubiquen bajo la tendencia teórica. Se pueden generar propuestas de mejora y hace parte de la revisión.

Figura 39. Gráfico de indicador base 100 proceso de Molienda



La Figura 39 corresponde al indicador base 100 que se refiere al porcentaje de consumo en un tiempo, este se maneja estableciendo un promedio el cual se referencia en 100% siendo este el punto de comparación del consumo (valor base). Cuando los datos están por encima del 100% se puede decir que existen consumos eficientes, mientras que cuando están por debajo, se dice que el proceso es ineficiente y que se debe revisar para hacer los correctivos que permitan mejorar. El resultado de las variaciones en el consumo puede estar determinado en el tiempo por mejoras en el proceso sin inversión o por cambio tecnológico.

Figura 40. Gráfico de CUSUM proceso de Molienda



La Figura 40 es la grafica del CUSUM, que son las sumas acumulativas que forman una tendencia a la estabilidad; a pesar de que en algunos eventos la media tiende a subir, la misma está dentro del rango de eficiencia. También se puede verificar qué sucede con el consumo e identificar posteriormente el porqué de la variación.

7.4.3 Objetivos, Metas y Planes de acción. El Ingenio Providencia entre sus compromisos y responsabilidades, tiene como objetivo el mejoramiento continuo de los procesos, lo que le ha representado esfuerzos e inversión para adelantar proyectos de eficiencia energética en el uso de vapor y para el proceso de evaporación. Como cambios en el sistema de la generación de vapor se compra una caldera de alta presión y se retira de todas las áreas el consumo de vapor, remplazándolo por consumo de energía eléctrica.

Se hizo un proyecto de electrificación de 21 pozos profundos que consumían combustible ACPM y hoy consumen energía eléctrica.

Para complementar se propone un sistema de medición robusto que permita registrar lecturas de consumos en línea para realizar gestión; este sería el primer indicador a establecer para obtener una línea de base energética a partir del momento de su puesta en servicio.

Una vez realizada la orden de compra el proveedor entrega este sistema en 45 días, con lo que se tomarán registros durante un año, verificando y comparando con años anteriores y utilizando las herramientas de caracterización recomendadas. El encargado de este trabajo sería el departamento eléctrico y el coordinador de potencia.

Otro plan de acción es el cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia que representan un beneficio en el consumo de energía y disminución de reparaciones con mejor estabilidad del proceso. Cambios en equipos de aire acondicionado obsoletos y con refrigerantes convencionales a equipos con refrigerante ecológico de alta eficiencia que permiten reducir los costos de operación, mantenimiento y cumplimiento de las políticas de la norma ISO 14001 de la reducción de gases contaminantes a la atmosfera.

Cuadro 12. Resumen de la Planificación Energética

Diagrama de proceso de Planificación Energética aplicado al Ingenio Providencia		
Entradas	Herramientas	Salidas de la planificación
<p>Identificación del Ingenio Providencia como una empresa agroindustrial dedicada a la elaboración de azúcar y alcohol a partir de la caña de azúcar.</p> <p>Busca optimizar la eficiencia de sus procesos, para lo cual ha realizado cambios en su esquema de generación de energías como lo son el vapor y la energía eléctrica.</p> <p>Energéticos primarios: bagazo y carbón; energéticos secundarios: vapor saturado y energía eléctrica.</p> <p>Indicadores para su gestión operativa: caña molida / hora. Tiene un indicador de consumo global de energía por tonelada de caña molida kWh / tcm, además cuenta con los indicadores de vapor por tonelada de caña que en este momento es el indicador principal para la eficiencia medida en lb de vapor vivo / tcm y lb de vapor escape / tcm.</p> <p>Cuenta con un sistema de recuperación de materia orgánica que tiene como función obtener una mezcla con la hoja de caña, ceniza, bagazo, cachaza esta mezcla o compost se utiliza en el campo de abono para los cultivos.</p> <p>Cumplimiento de requisitos legales ISO 9001, ISO 14001, NTC OHSAS 18001, las normas legales para la compra y venta de energía.</p> <p>Genera 38 MWh de electricidad, de los cuales 14 MWh son para el consumo en el proceso y el resto para la venta por contrato a precios pactados.</p> <p>Tiene un proyecto de aumento de molienda a 11mil toneladas de caña día.</p>	<p>Se obtuvieron datos para realizar las gráficas de tendencia de los consumos pasados y presentes de energía según los reportes diarios del año 2011 y se comparan con el 2012.</p> <p>Para los datos de los energéticos primarios se utilizó la base de datos de bagazo y carbón; con estos datos se elaboraron graficas de los totales consumidos en el año 2012.</p> <p>Igualmente, con los datos recopilados de los energéticos secundarios, se hacen gráficos comparativos entre consumos de carbón, bagazo vs la generación de vapor y energía, con el cual se observan las tendencias de los consumos con relación a la generación.</p> <p>Para la información de energía y producción se tomaron datos totales logrando relacionarlos y obtener un grafico de proceso productivo y energético en kWh vs producción. Con estos datos se realizo la correlación para obtener la línea base energética, determinar el consumo no asociado a la producción y proponer potenciales de ahorro por variación operacional.</p> <p>Luego de obtener los datos totales se realiza la distribución por área para determinar el proceso de mayor consumo: en este caso corresponde a molienda, donde se aplicó la caracterización.</p> <p>Las herramienta utilizada para determinar la línea de base, el IC vs producción, diagramas de control y el CUSUM.</p>	<p>Los planes de acción, propuestos para el SGE al Ingenio Providencia se plantearon en este trabajo de orden tecnológico, para nuestro caso se destacan la implementación de equipos de medición y el cambio de motores estándar por alta eficiencia, por buenas prácticas el mejoramiento de controles de alumbrado, procesos ajuste de control, la capacitación en sistemas de gestión al personal que va estar liderando el proyecto de sistemas de gestión, ajuste a los objetivos de la empresa, la implementación de las líneas de base obtenidas en la revisión energética, seguimiento a los actuales indicadores presupuesto a proyectos propuestos medición, cambio de motores, buenas prácticas, mejoras en los procesos utilización de las herramientas para el SGE, Aplicación de acciones correctivas, mejoras en los diseño y rediseño de procesos productivos.</p>

8. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR REDUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LAS ÁREAS DE MOLIENDA DEL INGENIO.

Para establecer los protocolos para la identificación y cálculo de los indicadores de desempeño, se identifican primero las principales causas raíz de las no conformidades en cuanto a desempeño energético que afectan directamente en los costos de la producción.

8.1 POTENCIAL DE AHORRO

Una vez realizados los diagnósticos y utilizando con herramienta la línea base podemos deducir que los potenciales de ahorro en azúcar son 17788 kWh/día y para el área de molienda están siendo de 6955,7 kWh/día.

Se recomienda así utilizar un diagrama Ishikawa o de espina de pescado el cual muestra las posibles causas que inciden en el aumento de los consumos y la variabilidad en los indicadores; este diagrama describe de forma clara qué factores son los principales generadores de situaciones perturbadoras para el consumo energético.

El entorno, material, método y medida se relacionan en la siguiente figura.

Figura 41. Diagrama Ishikawa de variables para Ingenio Providencia



Se puede determinar que cada elemento hace un aporte significativo así:

- El hombre dentro del proceso productivo debe generar confianza con las habilidades operacionales y con la experiencia las adquiere. La actitud al cambio de tecnología y la participación en la producción hace que se adquiera experiencia que permite realizar todas las maniobras con seguridad y obteniendo un manejo sincronizado en la interacción hombre-máquina.
- La máquina permite identificar la necesidad de equipos adecuados a los requerimientos del producto a elaborar para que tengan la suficiente robustez de acuerdo a las necesidades del proceso y garantizar un óptimo rendimiento.
- El entorno tiene como principal objetivo tener un material de la mejor calidad, pues este presenta mucha variación cuando se emplean cañas con edades superiores a la edad de cosecha, lo que genera dificultad para la preparación debido a la cantidad de fibra. Estos factores inciden en el aumento de los consumos de energía, deterioro de los equipos como cuchillas de las picadoras y los martillos de la desfibradora. Adicionalmente, el factor climático es el principal factor para el aumento de los consumos de energía, debido a las condiciones en que la caña llega a la preparación; el barro que trae producto de la cosecha se adhiere a las bandas transportadoras o a los conductores afectando incrementando las pérdidas energéticas. El transporte de la caña es otro factor que debe estar sincronizado con la molienda para que no se presente escases y registre variaciones muy relevantes en la molienda.
- La calidad de los materiales se relaciona con la selección adecuada de cadenas de transporte, rodamientos, motores, bandas transportadoras y disponibilidad de los repuestos hacen que se genere un confiabilidad en la operación y favorece en la armonía y rendimiento de la producción, evitando paradas inesperadas.
- Los métodos para mantener el proceso de forma adecuada es la automatización, hacer seguimiento a los consumos diarios de la energía, la implementación de rutas de monitoreo para evitar paradas, equipos en línea que puedan evitar paradas largas como sensores de vibración, temperatura, sensores inductivos y rutas de termografía.

- Medidas programas de ahorro energético, hacer un plan de objetivos indicando principalmente los tiempos perdidos para implementar un plan de acción que permita minimizar los impactos en los tiempos perdidos, realizar mediciones de los consumos vs producción a diario para tener unos indicadores confiables para el proceso productivo.
- La variabilidad en el proceso implica también variación en los consumos de energía en la preparación y en la etapa de molienda. En la fase de molienda los factores que permiten un mejor control para mantener un colcho adecuado para la extracción del jugo son los sensores de nivel del chute, encargados de disminuir la velocidad según su altura, siendo esta la mejor estrategia de control para un uso eficiente de la energía. Estos mismos dispositivos cuando no están bien ajustados hacen que el molino acelere y no cumpla óptimamente con la extracción del jugo, defecto en el ajuste del molino y el sobre cargas en el proceso.

Es importante resaltar, entre las recomendaciones para mejorar la eficiencia de los procesos, que en los tiempos de verano la molienda para el Ingenio Providencia S.A. y todo el sector azucarero representa la mejor temporada productiva y se presenta el mejor rendimiento y menor consumo de energía.

El Cuadro 13 muestra también algunos factores que impactan de manera significativa el proceso productivo de la caña de azúcar, específicamente en el Ingenio Providencia S.A., con lo cual se afectan los consumos energéticos.

Cuadro 13. Aspectos e impactos de las condiciones generales en el proceso productivo de la caña de azúcar y sus derivados en Ingenio Providencia

Aspecto de cambio	Impacto en el proceso
Preparación de tierras, identificación de necesidades de los suelos por estudio de la calidad de las tierras	Determinación de rendimiento del lote y eficiencia en sacarosa y fibra
Corte y transporte de la caña manual o mecánico a la fabrica	Tiempos de corte y permanencia hasta el momento de la molienda, perdidas indeterminadas de sacarosa por inversión o microorganismos
Rata de molienda	Variación por disminución de corte por incidencia en el clima, daños mecánicos, eléctricos, calderas y de proceso

Cuadro 13 (Continuación)

Generación de energía	Variación aumento o disminución en la generación, por proceso, reducción de molienda, daños en el sistema de alimentación y poco suministro de caña
-----------------------	---

Con los aspectos más relevantes mencionados anteriormente, es posible identificar las principales variables que afectan significativamente los usos de la energía en el ingenio, según lo muestra la Figura 42 y el Cuadro 14.

Figura 42. Variables de control que inciden en el consumo de energía



Cuadro 14. Variables que afectan los consumos de energía en el Ingenio Providencia

Incidencia en la variación del consumo de energía del proceso de elaboración de azúcar			
Hombre	Habilidades operacionales en la HMI de patios y molinos	Material	Calidad utilización de materiales de alta resistencia trabajo fuerte
	Cambio de tecnología PLC por DCS comunicación y servidores		Disponibilidad de repuestos en el almacén, selección y compra de materiales con entrega inmediata.

Cuadro 14 (Continuación)

	Conocimiento preparación entrenamiento para evitar fallas en cuartos de operación		Selección adecuada hacer estudio de resistencia de materiales potencias y torques para cada aplicación
Maquina	Dimensionamiento de maquinaria y estructuras departamento de proyectos	Método	Automatización del proceso verificar las condiciones operativas para hacer los programas de forma clara y amigable a los operadores y técnicos
	Utilización de controles según su aplicación de nivel velocidad, temperaturas		Implementación de rutas críticas, de monitoreo, termografías, predictivo, análisis de vibraciones, correctivos
	Optimo trabajo buena selección mejoras de estrategias de control		Seguimiento a consumos verificar consumos para determinar problemas mecánicos y eléctricos
Entorno	Materia prima caña de buena calidad sin materia extraña, vegetal o mineral	Medida	Programas de ahorro energético, generar métodos como buenas prácticas para el ahorro de consumos en la planta solo equipos que se requieran en operación
	Aspecto climático variación del clima de seco a lluvioso, condiciones difíciles de molienda y campo		Planificación de objetivos, hacer un programa de mantenimiento eficiente que se obtengan mejoras en tiempos perdidos y altos consumos de energía en todas las áreas del Ingenio
	Transporte de caña programación de traslado de la caña del campo a la fabrica		Mediciones de consumos por áreas para determinar los procesos de más alto índice de consumo y plantear propuestas de ahorro

Las variables significativas en la demanda en los consumos de energía las podemos identificar como variables del proceso y son determinantes por varios factores:

De orden climático: los cuales inciden en el consumo de energía, esto asociado al incremento de barro que se adhiere a las bandas transportadoras incrementando los consumos de corriente, aumento de cargas por peso adicional,

tacos por materia extraña, deterioro de las cuchillas y martillos que hacen parte de la preparación de la caña, dificultad para la separación de la hoja de caña.

De orden mecánico: cadenas de arrastre en mal estado, desalineación de equipos, cables de grúas de descarga mal seleccionados o con problemas de desgaste generando altos consumos de energía, reductores de velocidad con torques y velocidades inadecuadas, bandas transportadoras con falta de rodillos, rodamientos en mal estado. Rodillos, tablillas y cadenas de conductores con pocos mantenimientos. Cambios de materiales sin estudios de resistencia y apropiados para la aplicación en el proceso.

Cuadro 15. Causas del aumento en el consumo de energía vs producción

Variabilidad operativa que afectan el consumo de energía en Ingenio Providencia			
Ítem	Variabilidad por el clima	Variabilidad de orden mecánico	Variabilidad hombre maquina
1	Incremento de carga por barro en los conductores, desgaste en cuchillas y martillos	Cadenas de arrastre en mal estado desalineación, alta vibración, altas temperaturas en equipos como motores, picadoras, ejes, conjuntos rotativos	Mala operación manejo de velocidades apropiadas, falta de experticia para el manejo de variables de control. Modificaciones no autorizadas
2	Aumento de materia extraña, vegetal, mineral dificultad para la separación de estos materiales	Reductores de velocidad mal seleccionados, torque, velocidad, mala calidad. Motores sobredimensionados perdidas falta de monitoreo.	Disparo o paradas involuntarias, perdida de los programas por operación por falta de seguridad, alarmas mal interpretadas

Reducción de molienda por cosecha:

- Programa de transporté con poca coordinación flota de vehículos con problemas de disponibilidad por mantenimiento, por disposición de operarios.
- Cortes de caña distantes presentan retrasos en la llegada la patio para la molienda.
- Reducción de corte por humedad en los terrenos y poca mano de obra disponible.
- Disminución de transporte en días festivos por movilidad transito restringido.

Reducción de molienda por fábrica:

- Reducción de molienda por daños en mesas conductores, molinos y bombas de transferencia de jugo.
- Reducción de molienda por problemas de generación de energía.
- Reducción de molienda por poca evaporación debido a poca transferencia de calor, intercambiadores obstruidos.
- Reducción de molienda por lleno de masa por exceso de producción por reproceso, mucha azúcar para disolver.
- Reducción de molienda por sacar equipos de servicio para mantenimiento varillado de equipos en evaporadores.

8.2 PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN EL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

El plan de acción propuesto para generar ahorros energéticos se fundamenta en las siguientes actividades:

- Identificar las posibles causas de las variaciones de la molienda y hacer los comparativos y evaluar los indicadores para determinar el nivel molienda más eficiente en cada escenario minimizando así los consumos de energía.
- Determinar dónde es posible implementar los potenciales de ahorro con respecto a las líneas de base y que se reflejen en los indicadores de eficiencia de acuerdo a un esquema adecuado de mediciones y aun reajuste en la distribución de las cargas que facilite el análisis.

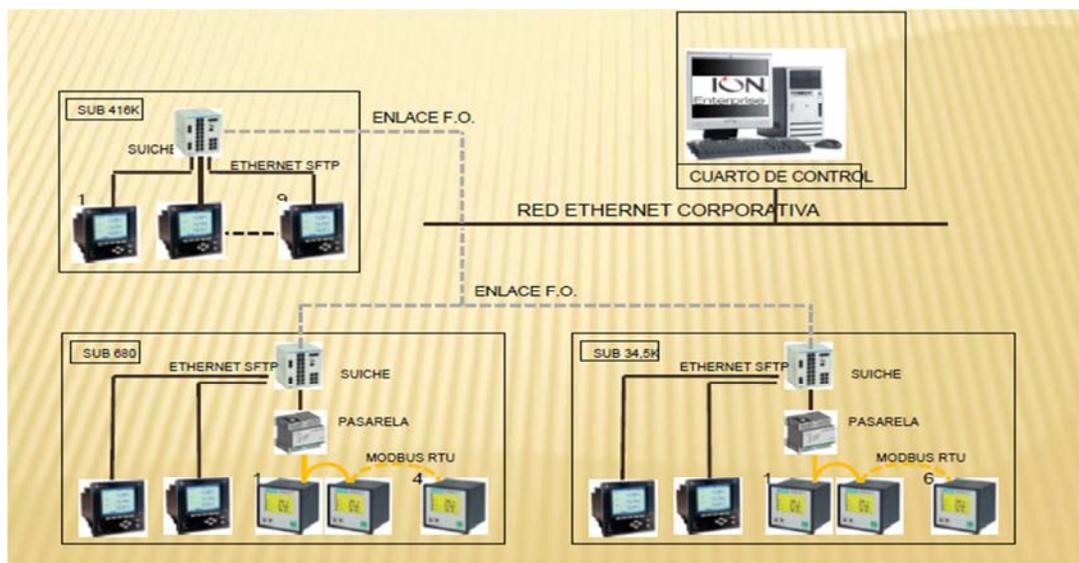
8.2.1 Acomodo de cargas. Se ha observado como en el Ingenio Providencia S.A. pueden realizarse procesos de mejora de la revisión energética y así, del desempeño energético, mediante el acomodo de cargas del sistema eléctrico y la clasificación de circuitos según el proceso; esto permite identificar los consumos que cada una de las etapas presentan en la elaboración de azúcar.

Permite además la posibilidad de realizar un análisis de los consumos por datos registrados diariamente en los documentos y en la base de datos, para obtener así los consumos en el proceso y determinar el comportamiento de la producción contra los consumos. En esta evaluación se identifica algunos circuitos que no

tienen medidores y que deben implementarse para obtener datos más confiables para un mejor informe de estos consumos.

8.2.2 Esquema de mediciones propuesto. Como plan de medición se tiene la ejecución de un proyecto que incluya la instalación de medidores, los cuales puedan ser conectados a un sistema de gestión y con lo cual será posible generar informes que al mismo tiempo serán la base de diagnóstico de las causas de altos o bajos consumos y producciones con iguales indicadores.

Figura 43. Propuesta de esquema de medición para los circuitos de distribución de la planta de Ingenio Providencia



El esquema de medición propuesto tiene como finalidad aprovechar los medidores existentes y funcionales en la planta para que el costo de inversión no se eleve. También se estima que la proporción propuesta dará un paso importante en cuanto a los procesos de revisión energética, dejando abierta la posibilidad de su expansión a las demás áreas debido a que su registro de datos es obtenido a través de los relés de protección.

La alta dirección está comprometida con dar el paso a esta implementación.

El beneficio que el Ingenio Providencia obtendrá de esta implementación está determinado a la obtención de una línea base energética de mayor confiabilidad

para aplicar una gestión integral de la energía con información en línea o tiempo real.

8.2.3 Plan de acción por cambio tecnológico. Se proponen los siguientes cambios tecnológicos para incrementar la eficiencia o mejorar la efectividad de la gestión en la empresa:

- Proponer un cambio de motores estándar o de otras generaciones con ineficiencias y pérdidas por reparaciones, por motores de alta eficiencia, lo que permitirá efectuar ahorros en el consumo de energía con un bajo tiempo de recuperación debido a los ahorros por consumo y reparaciones y a los auxilios o beneficios tributarios derivados de este cambio.

Con el estudio realizado en la planta se pudo evidenciar que en la base de datos se encuentran motores adquiridos en el año 1970 y que aun continúan en servicio como equipos críticos, entre los cuales están algunos conductores de caña, mesas y ventiladores. Adicionalmente, no existen datos estadísticos o registros del número de reparaciones que se le han realizado a estos motores, ni son conocidas las condiciones de eficiencia de los mismos.

Se propone, a partir de esta situación, un cambio de los motores en operación por motores de alta eficiencia, los cuales tienen valores nominales de eficiencia como los de la placa ilustrada en la Figura 44, en la que la eficiencia es de 94,1 %, mientras que la eficiencia de uno convencional o estándar puede estar cerca del 81%, sin contar con el número de reparaciones a lo largo de su vida útil.

Figura 44. Placa de características de un motor de alta eficiencia.

SIEMENS		IE1 CE	
Made in Czech Rep.			
3-MOT. 1LG4 318-6AA90-Z		315L	UC 1203/101019503
IMB3		Th.Cl.155 (F)	
V	Hz	A	kW
460 Δ	60	295	192
IE1-94,1%		cos φ	1/min
		0,87	1188
		I _A /I _N	T _E s
Certif. No.		IP	
		55	
IEC/EN 60034		Gew./Wt. 1180 kg	
-20°C ≤ T _{amb} ≤ 40°C		FWD34	

Cuadro 16. Ejemplo de recuperación de la inversión de un motor de alta eficiencia

	Motor de alta eficiencia	Motor estándar
Potencia	75	75
Polos	4	4
Eficiencia	95.4 %	80%
Tiempo trabajo	6792	6792
Precio kWh	\$ 155,00	\$ 155,00
Consumo kWh	398.335,85	475.015,50
Consumo anual	\$ 61.742.056,60	\$ 73.627.402,50
Ahorro de consumo	\$ 11.885.345,90	
Precio de lista	\$ 16.424.000,00	
Costo reparación		\$ 2.580.465,00

Se relaciona en el Cuadro 16 un ejemplo de recuperación de la inversión del intercambio por un motor de alta eficiencia, de un motor de 75 HP estándar, con un trabajo de 283 días al año, que equivale a los días de trabajo del Ingenio Providencia, descontando los días de mantenimiento y los que no se labora. La recomendación inicial es cambiar los motores de capacidades superiores a los 50 HP.

Es importante anotar que el ingenio Providencia cuenta con más de 1900 motores de inducción que su potencia oscila entre los 0.4 HP hasta 5000 HP.

En ese orden de ideas, el plan de acción relacionado con los cambios tecnológicos asociado al cambio de motores en planta son relacionados en el cuadro N° 17

- Ajustar y/o cambiar dentro de una ruta crítica los motores principales del proceso verificando su potencia y rendimiento, para utilizar equipos de alta eficiencia. Implementar variadores donde sea necesario. Implementar y verificar ajustes en los controles de los procesos para minimizar el consumo de energía y evitar trabajos en vacío o variabilidad para obtener linealidad en el proceso.

- Elaborar un plan de medición que permita realizar gestión con indicadores y plataforma que genere informes a las diferentes áreas del proceso productivo, permitiendo el planteamiento de objetivos de consumo y acciones correctivas Establecer un plan para implementar medidores de energía por áreas del proceso que no son medidas de forma particular.
- Reposición de equipos de aire acondicionado, Hacer estudio de cambio por refrigerante ecológico, hacer listado de equipos verificando estado, realizar presupuesto de inversión para cuantificar numero de equipos
- Implementar sistemas de control al proceso montaje de variadores de velocidad donde sea posible, Estudio de los diferentes procesos para verificar en donde se puede implementar, Listado de variadores y su equipos a requerir y tipo de control a proponer, Realizar presupuesto de inversión para cuantificar numero de controles a implementar
- Implementar sistemas de control de alumbrados, temporizadores y sensores de movimiento, Estudio de cuartos de control que son de poca actividad, Listado de materiales a requerir y tipo de control a proponer, Realizar presupuesto de inversión para cuantificar numero de controles a implementar

Cuadro 17. Plan de Acción: Por cambios tecnológicos

DEPARTAMENTO ELECTRICO Y CONTROL DE INGENIO PROVIDENCIA CAMBIOS TECNOLOGICOS					
	¿Qué?	¿Cómo?	¿Con que?	¿Cuándo?	¿Quién?
Estrategias	Programas	Acciones inmediatas	Recursos necesarios	Plazo (fecha de inicio y finalización)	Responsable
Implementar sistemas de control al proceso montaje de variadores de velocidad donde sea posible	Estudio de los diferentes procesos para verificar en donde se puede implementar	Listado de variadores y su equipos a requerir y tipo de control a proponer	Realizar presupuesto de inversión para cuantificar numero de controles a implementar	Programa para ejecutarlo según el presupuesto aprobado	La Dirección el Departamento eléctrico y control

Cuadro 17. (Continuación)

Elaborar un plan de medición que permita realizar gestión con indicadores y plataforma que genere informes a las diferentes áreas del proceso productivo, permitiendo planteamiento de objetivos de consumo y acciones correctivas	Capacitación del personal en gestión de energía para lograr la habilidad del personal operativo para dar la importancia a los resultados obtenidos	Realizar un estudio de las necesidades y la tecnología a implementar que incluya presupuestos, manejo de software, licencias, cumplimiento de normas y la clase de los analizadores	se requiere de presupuesto autorizados por la gerencia, compra de analizadores, calidad de los materiales, recurso humano	Este proyecto una vez aprobado se tiene un tiempo de implementación y operación de 45 días	Departamento eléctrico áreas de potencia y control
Elaborar un plan que permita ejecutar el cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia	Preparar al personal para que identifique realizando estudios de cargas y rendimiento de los motores para promover su posible cambio	Hacer un estudio que permita identificar los potenciales de ahorro, recuperación de la inversión y estado actual de la planta	Realizar un presupuesto que de la posibilidad de hacer un cambio por áreas buscando que este impacte lo menos posible	Este proyecto una vez aprobado se tiene un tiempo de implementación de 2 años	Departamento eléctrico área de potencia
Reposición de equipos de aire acondicionado	Hacer estudio de cambio por refrigerante ecológico	Hacer listado de equipos verificando estado	Realizar presupuesto de inversión para cuantificar número de equipos	Programa para ejecutarlo según el presupuesto aprobado	La Dirección el Departamento eléctrico y control
Implementar sistemas de control de alumbrados, temporizadores y sensores de movimiento	Estudio de cuartos de control que son de poca actividad	Listado de materiales a requerir y tipo de control a proponer	Realizar presupuesto de inversión para cuantificar número de controles a implementar	Programa para ejecutarlo según el presupuesto aprobado	La Dirección el Departamento eléctrico y control

8.2.4 Plan de acción por buenas prácticas. Se proponen las siguientes actividades para mejorar la eficiencia energética o los procesos de gestión energética que disminuyan el consumo en la planta:

- Implementar una política del uso eficiente de la energía que involucre todos los colaboradores, incentivando y promoviendo los buenos hábitos para controlar los consumos.
- Mejoras en los controles de alumbrado para el uso solo en horas con una verdadera aplicación y el uso de iluminación natural. Implementar cambios en el tipo de lámparas. Continuar con la implementación de temporizadores programables para fomentar el ahorro de energía.
- En aires acondicionados hacer un estudio de los equipos instalados en la planta, verificando eficiencias y controlando que estos trabajen solo cuando se requiera en el caso de las oficinas, implementado controles con dámper y controles de frío para reducir el consumo cuando hay pocas personas.
- Implemento de temporizadores y sensores de movimiento que tengan la opción de encender y apagar según la utilización en horas laborables.
- Realizar termografías y rutas de inspección para identificar pérdidas por calor debido a malos contactos, puntos de empalmes flojos, cables mal seleccionados o cambios de potencia sin cambiar calibre de los conductores. Hacer mediciones de energía encaminados a establecer e identificar la calidad de la energía suministrada.
- Análisis de vibración a equipos rotativos, maquinas de proceso, verificación de alineación y balanceos dinámicos; esto contribuye a la disminución de consumos de energía, mantenimientos preventivos y predictivos como planes de mantenimiento y se anticipan a evitar pérdidas de tiempo por daños.
- Generar dentro del proceso unos indicadores que puedan emplearse como factores agregados al valor del costó de su proceso productivo y determinar si son eficientes o son ineficientes.

- Para el cumplimiento de ciclo PHVA se sugiere implementar un equipo multidisciplinario dedicado a realizar labores propias de la norma, capacitaciones al personal para auditores energéticos o vinculación de personal especializado para realizar estos controles.
- Crear un comité o una comisión de energía dedicada a realizar la gestión de energía que debe ir en el organigrama del departamento que permita interactuar con la dirección y la gerencia de fábrica.
- Proponer un gestor que permita hacer el puente entre la planta y la alta dirección, debe estar dirigido por el comité de energía que sus funciones tengan autoridad para la toma de decisiones.
- Proponer la gestión por innovación de estrategias que se direccionen a las buenas practicas de ahorro energético que permita estimular al ahorro divulgando los impactos que genera los altos consumos e incentivando el ahorro con honorarios o en artículos de primera necesidad.
- Revisión general de las actividades eléctricas y de control para buscar beneficios, realizar estudios de comportamiento eléctrico en motores, procesos, aires acondicionado e iluminación Determinar con los hallazgos cambios implementación de controles que permitan hacer ahorro.
- Propuesta para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento Análisis que permitan generar rutas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo Determinar rutas criticas, análisis de vibraciones, alineación, termografías, presupuestar equipos para la realización de las mediciones propuestas

Cuadro 18. Plan de Acción: Por Buenas Prácticas

DEPARTAMENTO ELÉCTRICO Y CONTROL DE INGENIO PROVIDENCIA BUENAS PRACTICAS					
	¿Qué?	¿Cómo?	¿Con que?	¿Cuándo?	¿Quién?
Estrategias	Programas	Acciones inmediatas	Recursos necesarios	Plazo (fecha de inicio y finalización)	Responsable
Crear un comité o una comisión de energía dedicada a realizar la gestión de energía que debe ir en el organigrama del departamento	Realizar programas que permitan crecer en conocimiento o para organizar los elementos de un plan de gestión SGE	Evaluar el personal para verificar en que estado de conocimiento se encuentran	Hacer un plan para verificar cuantas personas participarían para determinar los costos de inversión	La creación de este comité debe ser lo mas rápido posible para dar inicio a las tomas de datos e información necesaria	La Dirección el Departament o eléctrico y control
Proponer un gestor que permita hacer el puente entre la planta y la alta dirección, debe estar dirigido por el comité de energía	Ejecutar programas de interés para hacer que la gestión sea mas fácil de implementar	promover dentro del personal actividades que beneficien la operatividad de la propuesta	establecer los limites y objetivos del SGE y los planes mostrados con recuperación de la inversión	El plazo de este gestor debe manejarse de acuerdo con la evolución de los programas de capacitación	La Dirección el Departament o eléctrico y control
Proponer la gestión por innovación de estrategias que se direccionen a las buenas practicas de ahorro energético	Estimular al ahorro divulgando los impactos que genera los altos consumos e incentivando el ahorro	aplicar incentivos por mejorar dando premios o estudios al personal en SGE	Hacer un planteamiento de un presupuesto que permita el trabajo de operarios en los sistemas de gestión	Los planes de gestión deben iniciar lo mas pronto posible para dar mostrar resultado	La Dirección el Departament o eléctrico y control

Cuadro 18 (Continuación)

<p>Revisión general de las actividades eléctricas y de control para buscar beneficios</p>	<p>Realizar estudios de comportamiento eléctrico en motores, procesos, aires acondicionado e iluminación</p>	<p>Determinar con los hallazgos cambios implementación de controles que permitan hacer ahorro.</p>	<p>Planificar con los potenciales de ahorro los presupuestos posibles.</p>	<p>Los planes de gestión deben iniciarlo mas pronto posible para dar mostrar resultado</p>	<p>La Dirección el Departament o eléctrico y control</p>
<p>Propuesta para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento</p>	<p>Análisis que permitan generar rutas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo</p>	<p>Determinar rutas criticas, análisis de vibraciones, alineación, termografías</p>	<p>presupuestar equipos para la realización de las mediciones propuestas</p>	<p>Los planes de gestión deben iniciarlo mas pronto posible para dar mostrar resultado</p>	<p>La Dirección el Departament o eléctrico y control</p>

9. CONCLUSIONES

- Se realizó la planificación energética del Ingenio Providencia S.A., donde se identificaron diferentes situaciones que no favorecen la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía y la certificación con la norma NTC-ISO 50001, principalmente debido a falta de mediciones de circuitos productivos, que se hacen por cálculo de carga instalada y no por consumo de operación. Es de resaltar que existe un informe diario que permite recopilar datos de años anteriores y de días presentes, esto permite hacer la caracterización y un diagnóstico general.
- Con este trabajo se realiza el análisis de un área del proceso productivo, concretamente al área de molienda, aplicando diversas herramientas de revisión energética, dejando al mismo tiempo la posibilidad de aplicar estas técnicas en otras áreas productivas del ingenio y generando igualmente expectativa para el trabajo de implementación, mediciones a sub áreas e integración a centros de costo energéticos para la realización de la gestión y potencial implementación de un SGE.
- Con la caracterización de los consumos fueron identificadas las áreas de mayor consumo de energía eléctrica, en las cuales se puede aplicar el Sistema de Gestión de Energía y la planificación energética de la norma ISO 50001.
- Con la información de los consumos se establece un diagrama de Pareto que permite discriminar las áreas por consumo, identificando las áreas de Molienda, que tiene asociado en su proceso patios caña, preparación de la caña en conductores, picadora de caña y desfibradora de caña, proceso de Molienda; el área de Elaboración de azúcar con las sub áreas de filtración, clarificación, cristalización, centrifugado, secado y envase, calderas, cogeneración y destilería. Después de analizar los diagramas de Pareto se decidió analizar el área de Molinos del Ingenio Providencia S.A debido a su mayor impacto en los consumos.

- Los indicadores que se utilizaron en el proceso de caracterización se deben plantear para realizar el proceso de implementación de la planificación energética. Esta implementación debe ir acompañada de un compromiso de la dirección para que pueda dar los resultados acordes a los objetivos y metas energéticas.
- El uso de las herramientas informáticas permitió resolver inconvenientes asociados a los cálculos necesarios al emplear las herramientas de caracterización, como lo es la correlación en los diagramas de dispersión con cálculo de línea de base energética y como los métodos de filtrado, que fueron un aporte para la identificación de los potenciales de ahorro significativos en el sistema de gestión integral de la energía SGE.
- El planteamiento del cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia represento una investigación con el cual se pudo determinar precio, una verificación en la eficiencia, determinar los tiempos operativos y las posibles reparaciones, determinando un retorno a la inversión muy rápida.
- La variabilidad de los aspectos que generan oscilaciones entre los consumos registrados, generan oportunidades de ahorro y deben ser analizados con respecto a las circunstancias que afectan el rendimiento y la línea base obtenida.
- La experiencia que se tiene al verificar que cuando se determina hacer ahorros por buenas practica y por cambios tecnológicos esta cumpliendo con la norma ambiental ISO 14000 al reducir los consumos y ser eficientes
- Con este trabajo se deja abierta la posibilidad de que la empresa y en general la industria azucarera, continúe con la implementación de un sistema de gestión integral de la energía para beneficio del medio ambiente, obtención de beneficios económicos y mejora de la productividad.

10. RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados y garantizar un compromiso total de la organización con la implementación de la norma ISO 50001, se debe proponer una política que se articule directamente con la misión y visión de la empresa.
- Se deben identificar los requisitos legales que favorecen y están alineados con el programa de planificación de la organización, de tal forma que se facilite la implementación de los requerimientos de la norma internacional.
- La identificación de los consumos pasados y presentes son el camino principal y punto de referencia para el planteamiento de indicadores de desempeño energético y el antecedente de los objetivos y metas energéticas.
- De una buena caracterización de la empresa dependerá el éxito de la línea base y las propuestas de ahorro que se planteen.
- Se recomienda ser prudente en las propuestas de ahorro energético para dar un criterio que permita establecer datos manejables y flexibles.
- Utilizar los indicadores de desempeño energético como un control para determinar las causas de la variabilidad en los consumos y establecer así potenciales de ahorro o mejoras en las prácticas laborales que contribuyan al mismo objetivo.
- Aprovechar los trabajos realizados en la implementación y certificaciones de las normas ya obtenidas por el Ingenio para la implementación de la norma ISO 50001.

BIBLIOGRAFÍA

CÁMARA DE INDUSTRIAS DE COSTA RICA - CICR. Primera capacitación a nivel nacional en eficiencia energética basada en norma ISO 50001 inicia hoy. En: Noticias CICR. Mayo 21 de 2012. Disponible en internet: http://cicr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=584:primera-capacitacion-a-nivel-nacional-en-eficiencia-energetica-basada-en-norma-iso-50001-inicia-hoy&catid=441:comunicados-de-prensa&Itemid=3

CAMPOS, Juan Carlos. Juan Carlos Campos, experto en Sistemas de Gestión de la Energía: “La ISO 50001 garantiza la creación de una ‘cultura energética’ en una organización”. En: Electro Industria. Edición online. Diciembre de 2010. Disponible en internet <www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1530&edi=80>.

CLAVIJO, Sergio. Crecimiento, comercio internacional e instituciones: reflexiones a raíz de las negociaciones TLC-ALCA. Cátedra de Productividad y Competitividad. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de la República de Colombia y Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Bucaramanga: UNAB, 2005, p 30-38.

CLEAN ENERGY MINISTERIAL. Global Superior Energy Performance Partnership (GSEP). Disponible en internet: <www.cleanenergyministerial.org/GSEP>.

ESPINOSA PEDRAJA, R. Gestión energética en la industria química. UCLV, 1999.

GIL, D. *et al.* Software Óptimos. Manual del usuario. Villa Clara: Datazúcar, Minaz, 1998.

HUGOT, E. Handbook of cane sugar engineering, 3 Ed, Elsevier, 1986.

MELO, Alberto. Colombia: Los problemas de competitividad de un país en conflicto. Serie de estudios de competitividad, Documento de trabajo #C-103. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo BID. 2003, p 40-42.

LEURO, Germán Darío. Productividad. Cátedra de Productividad y Competitividad. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de la República de Colombia y Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Bucaramanga: UNAB, 2005, p 44-49.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. La Energía en España. Gobierno de España. Secretaría General de Energía, España, 2007, ISBN 978-84-96275-64-5.

INDUSTRIAL ENERGY ANALYSIS. Energy Management Standards and Industrial Energy Efficiency. 2009. Disponible en internet: <<http://industrial-energy.lbl.gov/node/94>>.

INGENIO PROVIDENCIA S.A. Misión, Visión y Valores. [Citado en Julio 20 de 2013]. Ingenio Providencia S.A., portal web, disponible en internet: <<http://www.ingprovidencia.com/mision>>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION – ICONTEC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2011, 24 p.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION ISO. Future ISO 50001 on energy management progresses to Draft International Standard. ISO. 2010. Disponible en internet: <<http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1337>>.

RODRÍGUEZ PAZ, José Luis. Diseño y establecimiento de indicadores de gestión para el seguimiento de eficiencia energética eléctrica en el área de molienda de caña del Ingenio Providencia S.A. Proyecto de grado de pregrado en ingeniería eléctrica. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Departamento de Energética y Mecánica. 2012, 114 p.

PÉREZ, José Antonio. Gestión de la Calidad Empresarial. Madrid: ESIC Market, No 84, 1994, p 171-178. ISSN 0212-1867.

PÉREZ, José Ignacio, *et al.* Libro Blanco del Sector Eléctrico. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España, 2005, p 3-15.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Superior Energy Performance Demonstrations. Energy efficiency & renewable energy. DOE. Disponible en internet: <<http://www.eere.energy.gov/industry/energymanagementdemonstrations>>.