

“METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION
INTEGRADO DE LA ENERGÍA”

LORENA MARINA GAVIRIA NAVIA
JAIR NEL CRISMATT CAMPILLO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA D.T. y C

2012

“METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION
INTEGRADO DE LA ENERGÍA”

LORENA MARINA GAVIRIA NAVIA

JAIR NEL CRISMATT CAMPILLO

Monografía presentada para optar el título de Ingeniero electricista

Director:

LUIS EDUARDO RUEDA

Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA D.T. y C

2012

Cartagena de Indias D. T. y C.

Señores

COMITÉ CURRICULAR
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Tenemos el agrado de presentar, para su estudio y aprobación la monografía titulada **“METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION INTEGRADO DE LA ENERGÍA”** desarrollado por los estudiantes LORENA MARINA GAVIRIA NAVIA y JAIR NEL CRISMATT CAMPILLO, lo presentamos formalmente al comité de evaluación.

Atentamente

LORENA MARINA GAVIRIA NAVIA
CC.1.143.338.411

JAIR NEL CRISMATT CAMPILLO
CC.73.184.189

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias D. T. C. ___ de ___ de 201__

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
1. SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LA ENERGIA (SGIE).	11
1.1 ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE GESTIÓN EXITOSOS BASADOS EN NORMAS INTERNACIONALES.....	11
1.2 ANTECEDENTES DE LOS MODELOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA EN COLOMBIA.....	11
1.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (ISO 50001:2011)	12
2. GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE.....	14
2.1 ETAPA 1. DECISIÓN ESTRATÉGICA.....	15
2.2 ETAPA 2. INSTALACIÓN DEL SGIE EN LA EMPRESA	19
2.3 ETAPA 3. OPERACIÓN DEL SGIE EN LA EMPRESA.....	23
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO.....	24
3.1 ETAPA 1. DECISIÓN ESTRATÉGICA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO.....	25
3.2 ETAPA 2. INSTALACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO	33
3.3 ETAPA 3. OPERACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO.....	49
4. CASO PRÁCTICO	50
5. RESULTADOS Y OBSERVACIONES	57
6. CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo del sistema de gestión de la energía.....	13
Figura 2. Sistema de gestión integral de la energía.....	14
Figura 3. Diagrama energía vs producción equipo X.....	15
Figura 4. Grafico de tendencia de un equipo X.....	17
Figura 5. Grafico con tendencia esperada después de realizar acciones de control sobre el equipo o planta.....	17
Figura 6. Grafico de la meta consumo vs productividad	18
Figura 7. Ejemplos de diagrama de correlación energía Vs Producción.....	27
Figura 8. Gráficos de tendencia del consumo energético de un equipo para el año 2007.....	28
Figura 9. Flujograma de una empresa petroquímica	30
Figura 10. Esquema del sistema electrico de planta petroquimica.	31
Figura 11. Esquema del sistema eléctrico de planta petroquímica (continuación)	32
Figura 12. Esquema del sistema eléctrico de planta petroquímica (continuación)	33
Figura 13. Tendencia de factor de carga.	37
Figura 14. Tendencia de la eficiencia en función del factor de carga.	38
Figura 15. Eficiencia en función de carga para transformador de 5MVA	39
Figura 16. Tendencia del factor de potencia	40
Figura 17. Tendencia de las tensiones de línea.....	41
Figura 18. Tendencia de la distorsión armónica total en tensión y corriente	42
Figura 19. Tendencia del factor de carga	43
Figura 20. Evolución del factor de cargabilidad y de la eficiencia.	44
Figura 21. Tendencia de desequilibrio de tensiones.....	45
Figura 22. Tendencia de tensiones de línea	46
Figura 23. Tendencia de Corrientes Medida.....	47
Figura 24. Diagrama unifilar de 5 bombas centrífugas.	51
Figura 25. Diagrama de dispersión	52
Figura 26. Diagrama de línea base teniendo en cuenta la acciones correctivas.	54
Figura 27. Tendencia de consumo.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla del consumo y producción en un periodo determinado de un equipo	16
Tabla 2. Características generales de la empresa.....	25
Tabla 3. Estado del sistema de monitoreo de los centros de costo.	34
Tabla 4. Características nominales de T10.....	35
Tabla 5. Datos del monitoreo	36
Tabla 6. Tabulación de consumo vs caudal.....	51
Tabla 7. Tabulación del consumo vs caudal teniendo en cuenta las acciones correctivas.....	55

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.Formato para la identificación y descripción de la empresa61

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos la energía se ha convertido en un asunto de interés internacional, debido al cambio del precio del petróleo, el calentamiento climático y la eficiencia energética entre otros.

A partir de 1991 el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha emitido cuatro informes afirmando que el calentamiento atmosférico es real, describiendo los procesos desarrollados para un mayor control, estimando el cambio climático futuro y exigiendo a la comunidad internacional que promoviera métodos para evitarlo, por esto se creó El protocolo de Kioto, el cual es un instrumento legal que crea un compromiso con los países desarrollados en estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) emitidas a la atmosfera.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede observar que la energía eléctrica representa el principal insumo que mueve al mundo industrial, sin ella, las empresas se detendrían y las economías enteras entrarían en crisis, razón por la cual saberla administrar es vital. Por esto se creó la norma ISO 50001:2011, *Sistemas de Gestión de la Energía* – la cual es una Norma Internacional voluntaria desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), que contiene los requisitos para la implementación de los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) en las organizaciones.

Ahora bien, el modelo de gestión integral se desarrolla en el ámbito de tres etapas fundamentales: decisión estratégica, instalación y operación, la implementación de estas debe ser de forma sistemática con el propósito de aprovechar integralmente todos los recursos disponibles en la empresa, lo cual permite analizar en forma estratégica la organización en función de su consumo energético, su eficiencia, y calidad en su producción, así como también el impacto que estos generan en la productividad. Para lograr estos objetivos se ha llevado a cabo una serie de medidas como la realización de auditorías energéticas, las cuales aportan acciones de mejora para los SGEn.

OBJETIVO GENERAL

- Identificar y conocer los pasos necesarios para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía (SGIEn) en procesos industriales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las etapas para la implementación de un SGIEn.
- Conocer las herramientas que nos permitan identificar el comportamiento energético de los equipos de una planta.
- Conocer como las herramientas para la gestión energética impactan sobre las metas de eficiencia de los consumos de una planta.
- Identificar evaluaciones iniciales para la estimación de metas del SGIEn y las acciones de mejoras que provienen de las evaluaciones.
- Ilustrar las actividades de las etapas de un sistema gestión integral de la energía.

1. SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LA ENERGIA (SGIE).

Es el conjunto de normas, procedimientos y actividades estructuradas que integra a los componentes del sistema organizacional de la empresa para alcanzar el consumo mínimo de energía.

La implantación del SGIE nos permite obtener una guía y una ruta comprendida por todos los actores de la organización para que en poco tiempo, con el mínimo de recursos y con el menor riesgo de inversión se logren alcanzar los objetivos planteados y continuar perfeccionándolos. Estos objetivos siempre están encaminados al mejoramiento de la eficiencia de los equipos en cualquier planta debido al monitoreo constante las distintas variables energéticas que intervienen en un proceso productivo.

1.1 ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE GESTIÓN EXITOSOS BASADOS EN NORMAS INTERNACIONALES

En respuesta a la necesidad de la industria actual en tomar partido en relación al cambio climático y a la proliferación de normas nacionales de gestión de la energía identificada por Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), surgió la ISO 50001. Esta norma fue desarrollada en 2008, y luego de varios ajustes fue publicada en 2011.

La ISO 50001 se basa en los elementos comunes que se encuentran en todas las normas ISO de sistemas de gestión, lo que garantiza un alto nivel de compatibilidad con la ISO 9001 (gestión de la calidad), ISO 14001 (gestión ambiental) y OHSAS 18001. La organización puede optar por integrar ISO 50001 con otros sistemas de gestión tales como de la calidad, ambiental, salud y seguridad ocupacional, entre otros.

1.2 ANTECEDENTES DE LOS MODELOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA EN COLOMBIA

En Colombia existen antecedentes de elaboración de modelos de gestión energética para el sector producción que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido los siguientes:

- Modelo de control del consumo energético
- Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas.

- Modelo de mejora continúa de la eficiencia energética.
- Modelo de Gestión Integral de la Eficiencia Energética en ambientes competitivos.

Por medio del análisis de los modelos de gestión aplicados en Colombia se determina que para la efectividad de estos, se debe considerar el nivel de desarrollo del sector al que va a hacer aplicado. De lo anterior un análisis de los modelos de gestión aplicados internacionalmente se conformó un modelo de gestión energético para el sector productivo Colombiano.

Por lo tanto el modelo desarrollado se ha nombrado Modelo de Gestión Integral de la Energía y esta influenciado por la experiencia nacional en gestión energética empresarial de los últimos 15 años y los modelos usados internacionalmente.

1.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (ISO 50001:2011)

El propósito de la ISO 50001 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, otros impactos positivos en temas medioambientales, así como también el cumplimiento con la legislación pertinente, a través de una gestión sistemática de la energía.

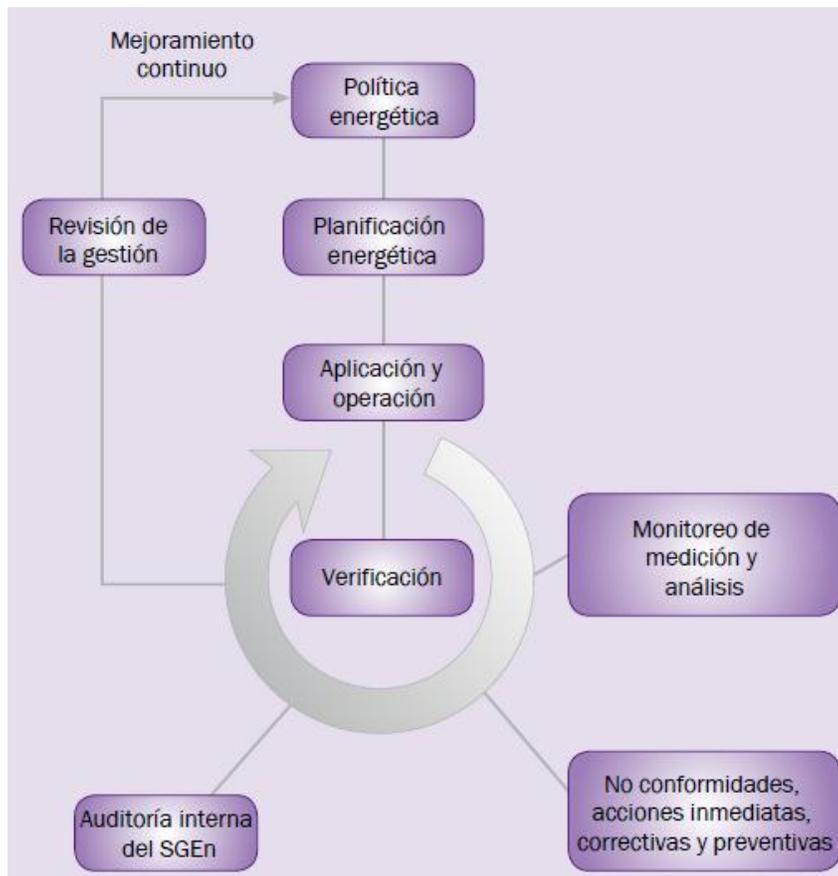
La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético.

El modelo de la ISO 50001 esta basado en el ciclo PHVA, es decir:

- Planear: Establecer línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivo, metas y planes de acción necesarios para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- Hacer: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinar el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el SGE.

Inicialmente un aspecto importante es el papel que toma la alta dirección, ya que sin el compromiso de este el sistema de gestión no tendría sentido. A través del diagrama presentado en la figura 1, se realizará un recorrido.

Figura 1. Modelo del sistema de gestión de la energía.



Tomado de International Organization for Standardization. Energy Management ISO 50001.P.13.

Política energética. Se debe evidenciar el compromiso de la alta dirección, estableciendo compromisos de mejora continua, disponer de los recursos y el marco para establecer los objetivos y revisión por la dirección.

Planeación. Se debe conocer cuando y donde se está usando la energía, cuales son los usos significativos, los aspectos que influyen y/o la necesidad de realizar diagnósticos energéticos enfocados en la optimización del sistema, el desarrollo

de líneas bases e indicadores de desempeño energético, así como objetivos y metas para obtener el plan de acción.

Aplicación y operación. Se debe realizar con personal competente, capacitado y concientizado. De igual forma de deben documentar y controlar las operaciones en áreas clave, operación y mantenimiento, entre otras.

Verificación. Se debe verificar: las operaciones, donde se revisan los registros de operación y mantenimiento, así como de equipos.

Se asegura que se esta haciendo todo lo necesario, revisando indicadores energéticos, tendencia y costo, sobre todo que se esté cumpliendo todo lo planeado.

Revisión de la gestión. Puede ser anual y se debe identificar los avances de la mejora en el desempeño de acuerdo con las metas, problemas y barreras a superar, así como establecer el plan para el siguiente año y las necesidades para alcanzarlo, ya que es un proceso continuo que debe reiniciar.

2. GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE

Para implementar un sistema de gestión integral de la energía se debe cumplir las etapas de decisión estratégica, instalación y operación, ver figura 2.

Figura 2. Sistema de gestión integral de la energía.



Tomado de la guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Campos Avella, Juan Carlos P.7.

2.1 ETAPA 1. DECISIÓN ESTRATÉGICA

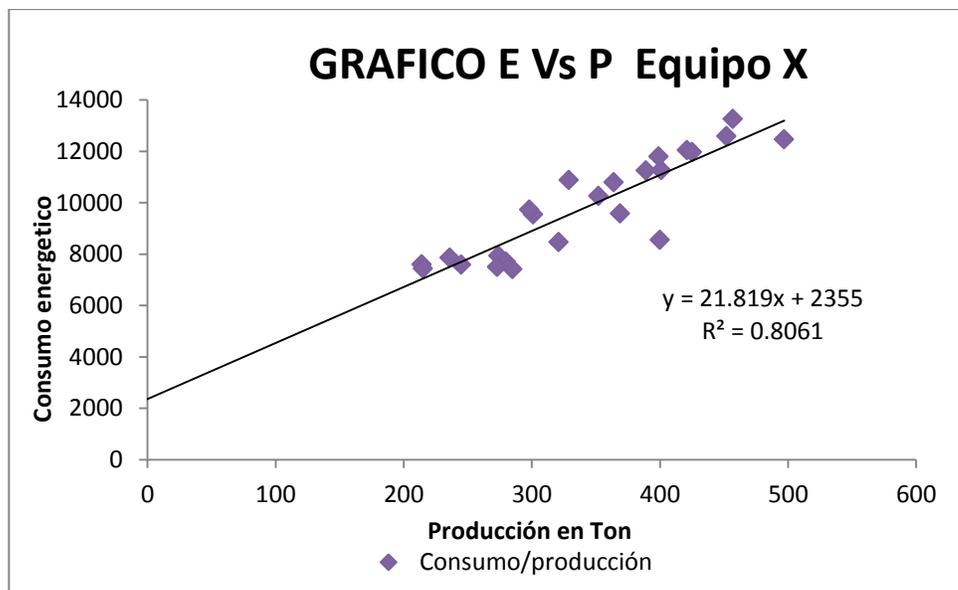
Esta etapa se basa en la identificación del estado de la empresa y prepararla en los aspectos culturales, técnicos y organizacionales.

- Actividad 1. Caracterización Energética de la Empresa.

Determinar el estado actual de la empresa es el objetivo, utilizando herramientas como encuestas cualitativas para determinar qué estrategia se utilizará para controlar todas las áreas productivas, además se utiliza diagrama energético – productivo, diagrama índice de consumo – producción para identificar las etapas de los procesos y la energía que en un determinado periodo de tiempo fue muy variable; de allí se va iniciado el proceso en el desarrollo de tecnología e innovación para administrar de manera eficiente la energía.

A continuación se en listan ejemplos de la utilización de las herramientas de caracterización energética.

Figura 3. Diagrama energía vs producción equipo X



Tomado de herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Campos Avella, Juan Carlos.

En la figura 3, permite la interrelación de dos variables, que para este caso las variables son consumo de energía Vs la producción en un instante de tiempo. El diagrama consumo vs producción permite identificar en qué medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones de la producción. Para realizar estos diagramas, se toman lecturas de las dos variables a interrelacionar con una misma intensidad (Días, horas, meses, etc), los datos se tabulan de tal manera que exista una interdependencia de un dato con otro (ver tabla 1). Esto permite establecer nuevos indicadores de control de consumos y a su vez costos energéticos.

En la ecuación $E = mP + E_0$ / $Y = mX + B$

E= Consumo de energía comprendido en un periodo de tiempo específico.

m =Razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

P =Producción asociada a un mismo periodo de tiempo.

E₀= Energía no asociada a la producción. Con este valor lo que buscamos es definir aquellos costos que no están relacionados directamente con la producción verificamos su porcentaje con respecto al total de la energía consumida en general.

Esta energía tiene un porcentaje de entre el 20% y el 30% del total de la energía consumida, como medida de disminuir estos valores se debe verificar que en nuestro sistema no se estén presentado fugas, u otros tipos de desperdicios de energía.

Tabla 1. Tabla del consumo y producción en un periodo determinado de un equipo

Equipo X					
Mes	Ea	Producción Ton.	$E_t = 23,423 P + 1572,2$	Ea-Et	Suma Acumulativa
Enero	9575	372	11533,2	-1958,2	-640,3
Febrero	7595	217	7468,6	126,4	-513,9
Marzo	11257	404	12372,3	-1115,3	-1629,2
Abril	11789	402	12319,8	-530,8	-2160,0
Mayo	12458	500	14889,7	-2431,7	-4591,7
Junio	7496	276	9015,7	-1519,7	-6111,5
Julio	10879	332	10484,2	394,8	-5716,7
Agosto	7436	218	7494,8	-58,8	-5775,5
Septiembre	12036	424	12896,8	-860,8	-6636,3
Octubre	9731	301	9671,3	59,7	-6576,6
Noviembre	10785	367	11402,0	-617,0	-7193,6
Diciembre	11965	428	13001,6	-1036,6	-8230,3

Tomado de herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Campos Avella, Juan Carlos.

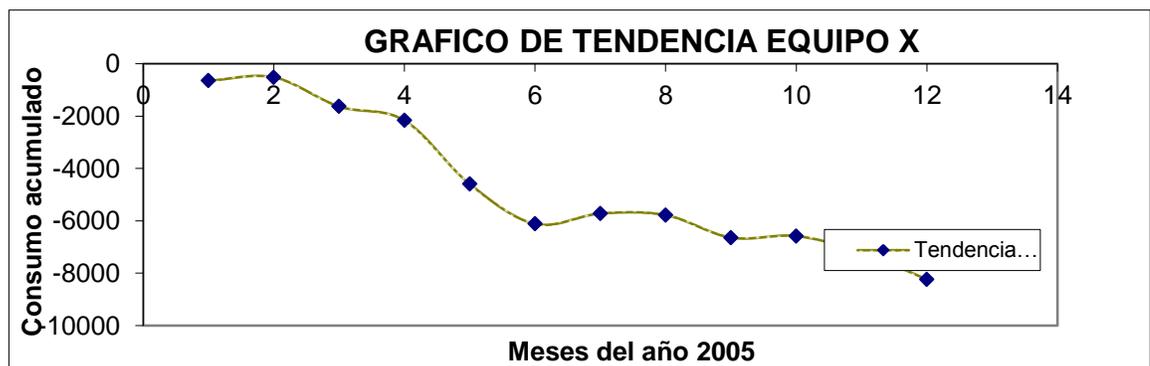
Figura 4. Grafico de tendencia de un equipo X



Tomado de herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Campos Avella, Juan Carlos.

En la figura 4, se observa el grafico de tendencia de un equipo comparando su consumo vs un periodo determinado. Con el objetivo de reconocer en que tiempo tuvo algún tipo de fluctuación y determinar cuales fueron las variables que incluyeron, de esta forma se reconocen las posibles técnicas para controlar el consumo de la energía en un determinado equipo.

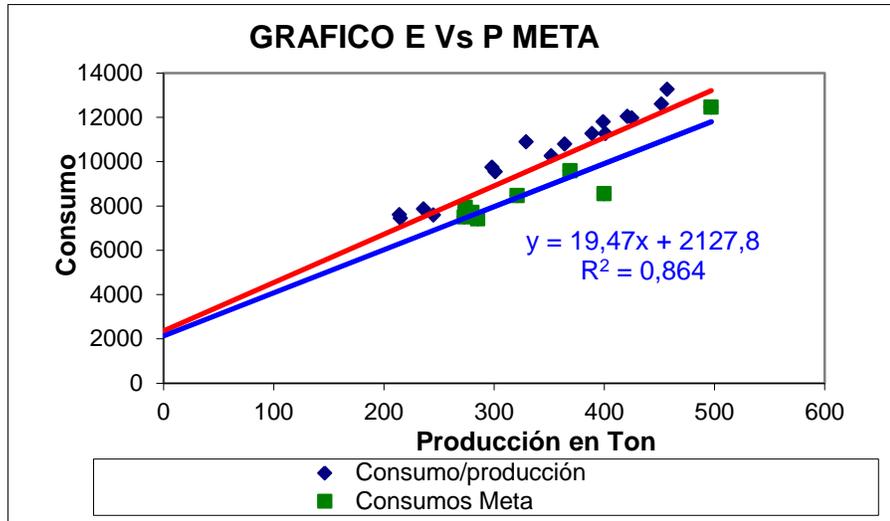
Figura 5. Grafico con tendencia esperada después de realizar acciones de control sobre el equipo o planta.



Tomado de herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Campos Avella, Juan Carlos.

Luego de identificar los problemas que presentaba un equipo X, se aplicaron una serie de correctivos en el funcionamiento de la maquina y se realizó el grafico de tendencia figura 5 este indica la disminución del consumo a medida que va corriendo los meses.

Figura 6. Grafico de la meta consumo vs productividad



Tomado de herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Campos Avella, Juan Carlos.

Estas graficas nos permiten realizar una meta para el consumo de un equipo o planta, de la siguiente manera; Lo primero es utilizar el grafico de dispersión y encontrar la expresión que me relacione el consumo y la producción. La expresión obtenida se grafica y se analizan los resultados. Al analizarlos encontramos que existirán puntos encima de la curva y que existirán puntos debajo de la curva, un punto en la parte superior de la curva, nos indica que se obtuvo una alto consumo y baja eficiencia, por el contrario los puntos debajo de la curva nos indicarán un bajo consumo y una alta eficiencia en el proceso. Es con estos valores (los que se encuentran debajo de la curva o línea base) con los que vamos a realizar nuestra respectiva meta (ver figura 6). Para realizar la meta se realiza nuevamente se saca la expresión del consumo versus producción utilizando los valores debajo de la curva.

- **Actividad 2. Compromiso de la alta dirección.**

Se presenta a la alta gerencia por un informe técnico el estado de la empresa, los pasos para implementar el sistema de gestión de la energía y presentar el compromiso que a partir de allí se debe tener para la etapa de instalación y operación de este proceso.

- **Actividad 3: Alineación de estrategias.**

Socializar a la alta gerencia y a los funcionarios las áreas a intervenir y método que se llevara a cabo para integrar las políticas de la empresa con el plan de sistema de gestión.

- **Actividad 4. Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional.**

- Análisis de los unifilares de distribución de energía primaria y secundaria.
- Diagrama de pareto de consumo de la empresa por energéticos.
- Análisis o elaboración del flujograma del proceso productivo.
- Identificación de las áreas y equipo claves de la empresa.
- Familiarización con la estructura orgánica de mando de la empresa.
- Familiarización con los procesos.
- Procedimientos del sistema organizacional que emplea la empresa para su funcionamiento (manuales de mantenimiento).
- Programas y políticas establecidas en la empresa.

2.2 ETAPA 2. INSTALACIÓN DEL SGIE EN LA EMPRESA

Se describe el paso a paso de las actividades y herramientas propuestas para llevar a cabo el sistema de gestión.

- **Actividad 5. Establecimiento de los indicadores del sistema de gestión.**

Aplicación de la metodología de caracterización en cada centro de costo energético (Área del flujograma del proceso productivo que cuenta con medición de los consumos energéticos y del flujo de material).

Por medio de las herramientas (identificación de la línea base o meta, gráficos de control de índice de consumo y determinación de la producción crítica por proceso)

se puede validar los indicadores actuales y definir nuevos con el objetivo de alcanzar las metas propuestas.

- **Actividad 6. Identificación de las variables de control por centros de costo.**

Identificar las variables de control o eventos que impactan los consumos energéticos en cada centro de costo de la empresa. Se realizan talleres con los operadores de cada turno de trabajo desarrollando mapas de los procesos productivos, utilizar mecanismo de estimulación para la generación de ideas y procesos de innovación con el objetivo de aprovechar su experiencia.

- **Actividad 7. Definición de los sistemas de monitoreo.**

Establecer en cada centro de costo el sistema de monitoreo de eficiencia energética del proceso. Este sistema se compone de un software o herramienta de monitoreo.

En este proceso se monitorean indicadores, variables, tiempo de monitoreo, gráfico de los resultados, reportes de resultados, responsable de monitoreo y equipos de mejora; se obtienen resultados diarios del monitoreo y se adoptan acciones correctivas o preventivas necesarias.

- **Actividad 8. Diagnostico Energético.**

Identificar las oportunidades, las soluciones y proyectos de ahorro energético en los equipos y procesos claves de la empresa, para esto se realizan actividades como:

Definición de áreas, diagnóstico de equipos, diagnóstico en los estándares de operación, nivel de instrumentación, lazos de control y automatización, planeación de producción, planeación de mantenimiento, nivel tecnológico y el uso de la energía.

- **Actividad 9. La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.**

Seleccionar una red de expertos, grupos de investigación, centros de desarrollo tecnológico con la suficiente experiencia para contribuir en la toma de decisiones estratégicas en cuanto a innovación, tecnología eficiente y cambios de procesos que requiere la empresa.

- **Actividad 10. Plan de medidas de Uso Eficiente de la Energía.**

Evaluación técnica, económica, ambiental y financiera de medidas a corto, mediano y largo plazo. Clasificación de medidas sin cambios tecnológicos y con estos. Clasificación de medidas con recuperación. Elaborar mecanismos para la generación de ideas, proyectos de innovación aprovechando el recurso humano de la empresa.

- **Actividad 11. Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE.**

La unión del sistema de gestión gerencial de la empresa con el SGIE. (Conformando actividades, requerimientos y nuevos procedimientos en las áreas de gestión organizacional: ventas, compras, gestión tecnológica, innovación, contabilidad, proyectos, gestión humana, seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, procesos gerenciales).

Actualización de la entidad asesora para la gestión energética (Comité, Junta, Equipo de mejora etc.). Establecimiento de funciones, responsabilidades y autoridades.

Definición de la política energética, objetivos, metas de consumo y de reducción de pérdidas y Proyectos asociados a las metas.

- **Actividad 12. Preparación del personal**

Establecer un plan de preparación al personal, entrenándolos en las buenas prácticas de operación y mantenimiento enfocado a la eficiencia de los equipos, además instruirlos en las nuevas metodologías que se implementan del gerenciamiento energético industrial.

- **Actividad 13. Elaboración de la documentación del SGIE**

Definición del sistema de documentación del SGIE. Establecimientos de procedimientos, registro y manuales.

Procedimientos

1. Procedimiento de Comunicación.
2. Procedimiento de Control y de modificación de Documentos del SGIE.

3. Procedimiento para la Compra de energía.
4. Procedimiento para la ejecución de Acciones Correctivas y Preventivas.
5. Procedimiento para la Auditoria periódica al SGIE.
6. Procedimiento para elaborar Instrucciones de Trabajo del SGIE
(Instrucciones de operación, de mantenimiento, de producción etc.).

Registros

1. Resultados de las revisiones de la Gerencia al SGIE.
2. Análisis y decisiones tomadas por la Gerencia sobre modificaciones, expansiones o compra de equipos, sistemas o procesos que impactan significativamente el uso de la energía.
3. Evaluación de Ofertas de Proveedores de energéticos.
4. Evaluación de los Contratos definitivos de compra de energía.
5. Cambios de Procedimientos establecidos.
6. Justificación de Acciones Correctivas y Preventivas.
7. Resultados de las auditorias al SGIE.
8. Actividades de entrenamiento al personal vinculado con la energía.
9. Actividades de los equipos de mejora.

Manual de energía

1. Breve información general e histórica de la empresa.
2. Visión de la empresa.
3. Misión de la empresa.
4. Responsabilidad Gerencial.
5. Política Energética de la Empresa.
6. Objetivos y metas de la Política Energética.
7. Organización del SGIE.

8. Recursos del SGIE.
9. Representante de la Gerencia para el SGIE.
10. Revisión por la Gerencia del SGIE.
11. Breve descripción del Sistema de Gestión Energética (SGIE).
12. Alcance del SGIE.
13. Objetivos y metas por áreas del SGIE.
14. Manual de procedimientos del SGIE.
15. Registros.

- **Actividad 14. Auditoría Interna al SGIE.**

Establecer la metodología de la auditoría, identificación de no conformidades, establecimiento de las acciones correctivas y preventivas con el debido seguimiento para su cumplimiento.

2.3 ETAPA 3. OPERACIÓN DEL SGIE EN LA EMPRESA

Asegurar la mejora continua de la gestión energética y evaluar el desarrollo de la cultura de la eficiencia energética del recurso humano con el fin que se mantenga el interés y el compromiso.

- **Actividad 15. Seguimiento y divulgación de indicadores.**

Verificar el cumplimiento de los indicadores y el control de las variables que impactan los consumos y la eficiencia energética con el fin de alcanzar la reducción de costos identificados.

- **Actividad 16. Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación.**

Evaluar el cambio de los hábitos operaciones, de mantenimiento, de producción y coordinación hacia las mejores prácticas, llevando una serie de registros de actividades en equipos de mejora.

- **Actividad 17. Implementación de Programas y Proyectos de Mejora.**

Realizar vigilancia tecnológica hacia las mejoras tecnológicas rentables en los equipos y procesos, además ajuste técnico de equipos y en los regímenes de trabajo para elevar la eficiencia energética.

- **Actividad 18. Implementación del Plan de Entrenamiento y Evaluación del personal.**

Mantener al equipo de trabajo actualizado y calificado para la operación del sistema.

- **Actividad 19. Chequeos de gerencia.**

Verificar si los resultados prometidos por el SGIE se esta cumpliendo, esto se puede comprobar con los resultados de auditorias.

- **Actividad 20. Ajustes del sistema de gestión.**

Mejorar continuamente el SGIE por medio de las acciones correctivas y preventivas.

- **Actividad 21. Evaluación de resultados.**

Verificar el cumplimiento del incremento cuantificado de la eficiencia y de la productividad, también la reducción del impacto ambiental y la elevación del nivel de cultura energética y ambiental.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO

Se debe identificar si realmente se esta cumpliendo este sistema en el diagnostico preliminar energético de los sistemas eléctricos de potencia que pretende un reconocimiento de los equipos, conocer la tecnología utilizada así como la calidad de la energía en la planta para de esta forma identificar los principales focos de perdidas, logrando así una reducción en los consumos energéticos y cambios de tecnología.

3.1 ETAPA 1. DECISIÓN ESTRATÉGICA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO

- Actividad 1. Caracterización Energética de la Empresa.

Para que una empresa logre establecer los pasos básicos para la implementación de un SGIEn es necesario determinar el estado actual de esta, utilizando herramienta como las encuestas¹ de identificación y descripción de la empresa.

En esta etapa inicial, no solo son relevantes los aspectos técnicos de la implementación del sistema, también son necesarias las ciertas características organizacionales, que permitan conocer el grado de preparación que tiene la empresa para la implementación de un sistema de gestión energético. A continuación enlistamos dichas características las cuales fueron realizadas a una empresa del sector industrial (ver tabla 2).

Tabla 2. Características generales de la empresa.

Indicador	Estado
Política energética	Si
Responsable en asuntos de energía	Si
Meta táctica o estratégica de la empresa	Si
Indicador de eficiencia	Índice de consumo energético
Sistema de control de indicadores energéticos	Si
Sistema de registro y procesamiento de datos energéticos	Si
Planificación y presupuesto de energía para las áreas de elevado consumo	No
Tiene identificadas el 20% de las áreas o equipos que consumen el 80 % de la energía eléctrica o térmica	Si
Medición de energía en las áreas mayores consumidoras	Si
Existe gestión de la calidad ISO 9000 en la empresa	Si
Existe un responsable para la gestión de la calidad	Si
Existe una gestión ambiental ISO 14000 en la empresa	Si
Existe un responsable para la gestión ambiental	Si

¹ Ver Anexo 1 al final de la monografía

¿Se ha realizado ya una auditoria energética en la empresa?	Si
Indicador energético seguido por la empresa	kWh/ Ton ; \$/ Ton
Programa organizado de medidas a corto, mediano y largo plazo para la reducción del consumo de energía	Incipiente
Optimizaciones energéticas realizadas	Si
Medidas de ahorro implementadas	Áreas: extrusión y servicios
Sería conveniente cogeneración	Si y existe
Tipo de mantenimiento que predomina	Preventivo
Apoyo de gerencia para medida de ahorro	Si
Principales barreras para las medidas de ahorro	Que no sean rentables.

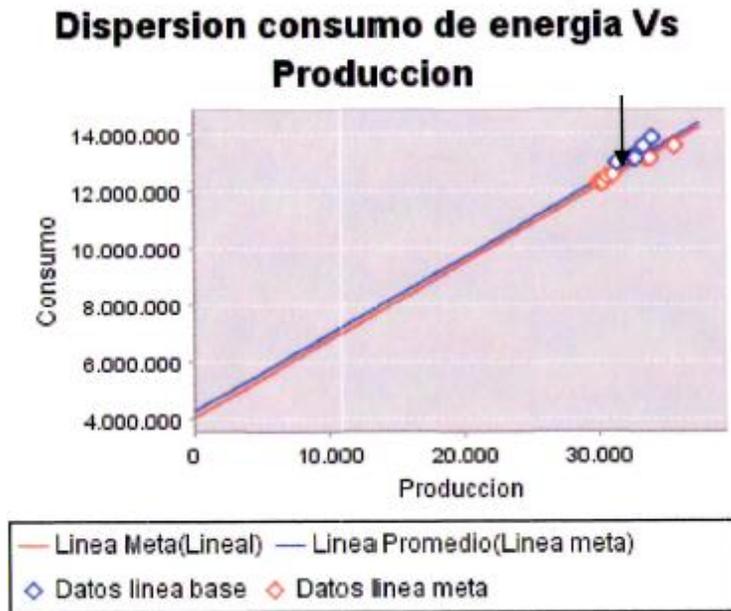
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

En general, las medidas aplicadas en esta primera actividad, y en general en esta primera etapa van encaminadas a una sinergia entre la administración de los recursos como aspecto cultural dentro de la empresa y las tecnologías aplicables a la administración de dichos recursos.

Para lograr esto existen varias herramientas, estas permiten realizar la caracterización energética de la empresa. Entre las herramientas útiles en esta etapa además de las encuestas cualitativas tenemos: diagrama de correlación E vs. P (Energía consumida Vs Producción), gráfico de tendencia, línea base.

Partiendo de la implementación del sistema integral de la energía de la fase I en una empresa del sector petroquímico se obtuvo las herramientas para la caracterización energética.

Figura 7. Ejemplos de diagrama de correlación energía Vs Producción



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 7 se observa la variación del consumo respecto a la producción indicando los puntos donde se obtuvo una mejor eficiencia y partiendo de allí se grafica la línea meta al que se debe tender, para una producción con un ahorro energético apreciable y llevando un proceso eficiente.

Figura 8. Gráficos de tendencia del consumo energético de un equipo para el año 2007.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 8, se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a los meses típicos del año 2007 (producciones superiores a 300000 Ton / mes) respecto al año 2006. A partir de dichas tendencias puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobre consumido hasta el momento de su actualización.

Se observa que los meses de enero, marzo, abril y mayo lograron mejor desempeño que en el año 2006, contrariamente a los meses julio y agosto.

Para la realización de este tipo de diagrama de tendencia, se necesitan los siguientes conocer el comportamiento de una equipo o planta en un periodo de tiempo definido. Para el comportamiento actual, se obtiene la expresión $E=mP + E_0$. Con esta ecuación se toman los valores de E(energía consumida) y P(producción alcanzada). Con estos valores se realiza una tabla realizando una suma acumulativa de los consumos.

- **Actividad 2. Compromiso de la alta dirección.**

Es la alta dirección de una compañía la que debe interiorizar todos los aspectos relacionados con la implementación de un sistema de este tipo, ya que con esta viene asociada una inversión considerable de la que se espera obtener resultados los cuales deben quedar plasmados en el acta que se realice junto a la gerencia.

Para la revisión técnica de la empresa, se deben definir cuales del total de los aspectos relevantes que pueden evaluar en un sistema eléctrico de una empresa se van a revisar, cuales áreas y equipos son los mas relevantes para una revisión.

En el caso de una planta petroquímica por ejemplo, se identificarían los mayores consumidores de energía eléctrica de la planta y que equipos relevantes para revisión. Con esta información realizamos nuestro diagnostico inicial en la planta.

Los transformadores a evaluar son:

- En la subestación U1, los transformadores T10, T20, T30 y T40.
- En la subestación U2, los transformadores T30, T31.
- En la subestación P3 los transformadores T50 y T51.

Los motores de inducción a evaluar son:

- En la subestación U1: Compresor de Propileno (K04), compresor de etileno (K53) y compresor de recuperación (K214).
- En la subestación U2: Compresor marca atlas copco y motor de una extrusora.
- En la subestación P3: Compresor de recuperación (2K6), motor agitador (RN10) y bomba de calor (2K016)

Verificar los centros de control de motores (CCM), que operen de forma adecuados y contengan los elementos adecuados para controlar los energéticos de la planta.

- En la subestación U1: CCM 1, CCM3, CCM8, CCM9, CCM4, CCM10.
- En la subestación U2: CCM 32.
- En la subestación P3: CCM25 y CCM26.

- **Actividad 3. Alineación de estrategias.**

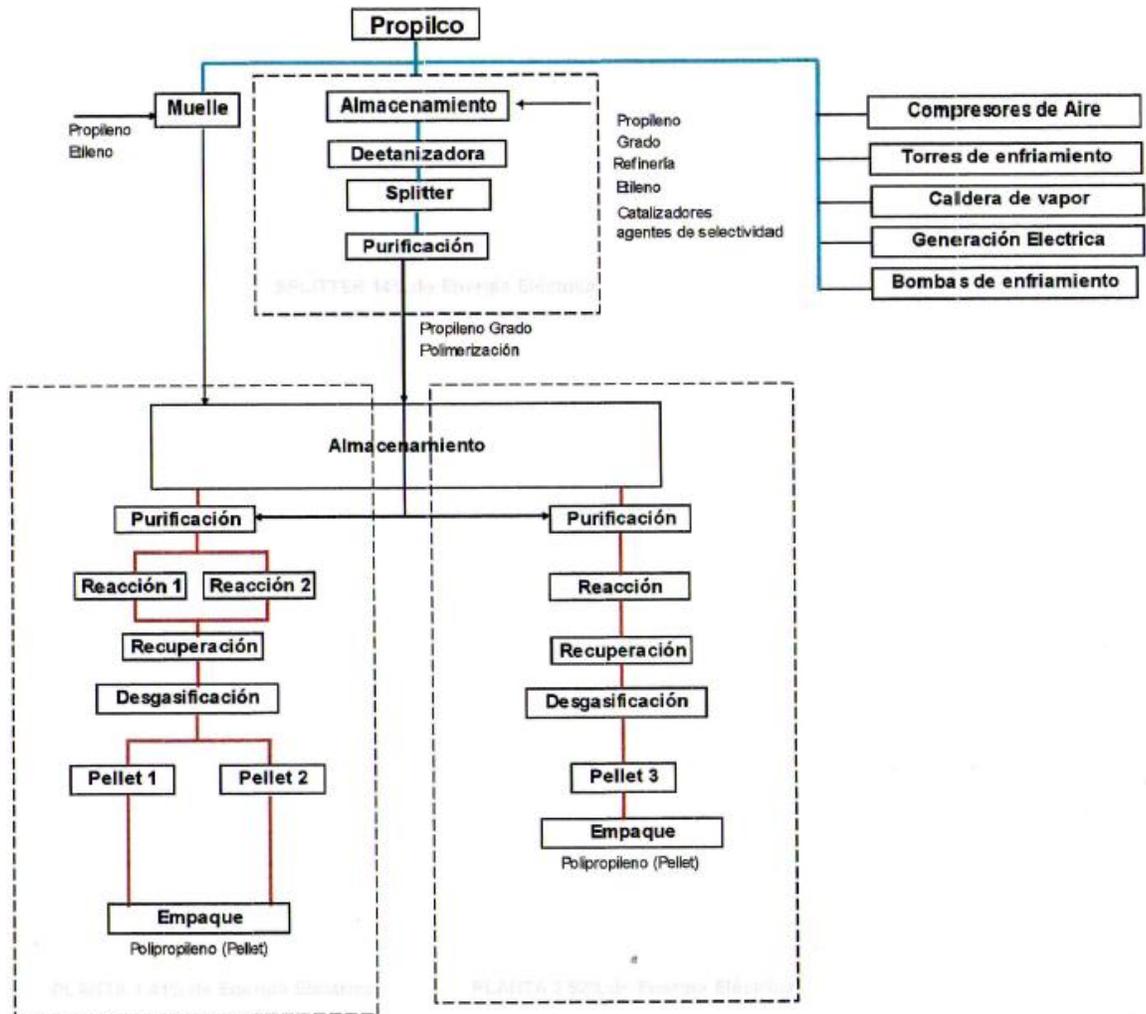
En esta actividad es necesario que la alta gerencia informe a los supervisores y al equipo que trabaja en las áreas a intervenir con el objetivo que tengan conocimiento del proceso que se está llevando a cabo con la finalidad que se familiaricen con el tema e influyan positivamente al SGIE.

- **Actividad 4. Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional.**

Familiarización de los unifilares de distribución de energía primaria y secundaria, análisis o elaboración del flujograma del proceso productivo, identificación de las áreas y equipo claves de la empresa.

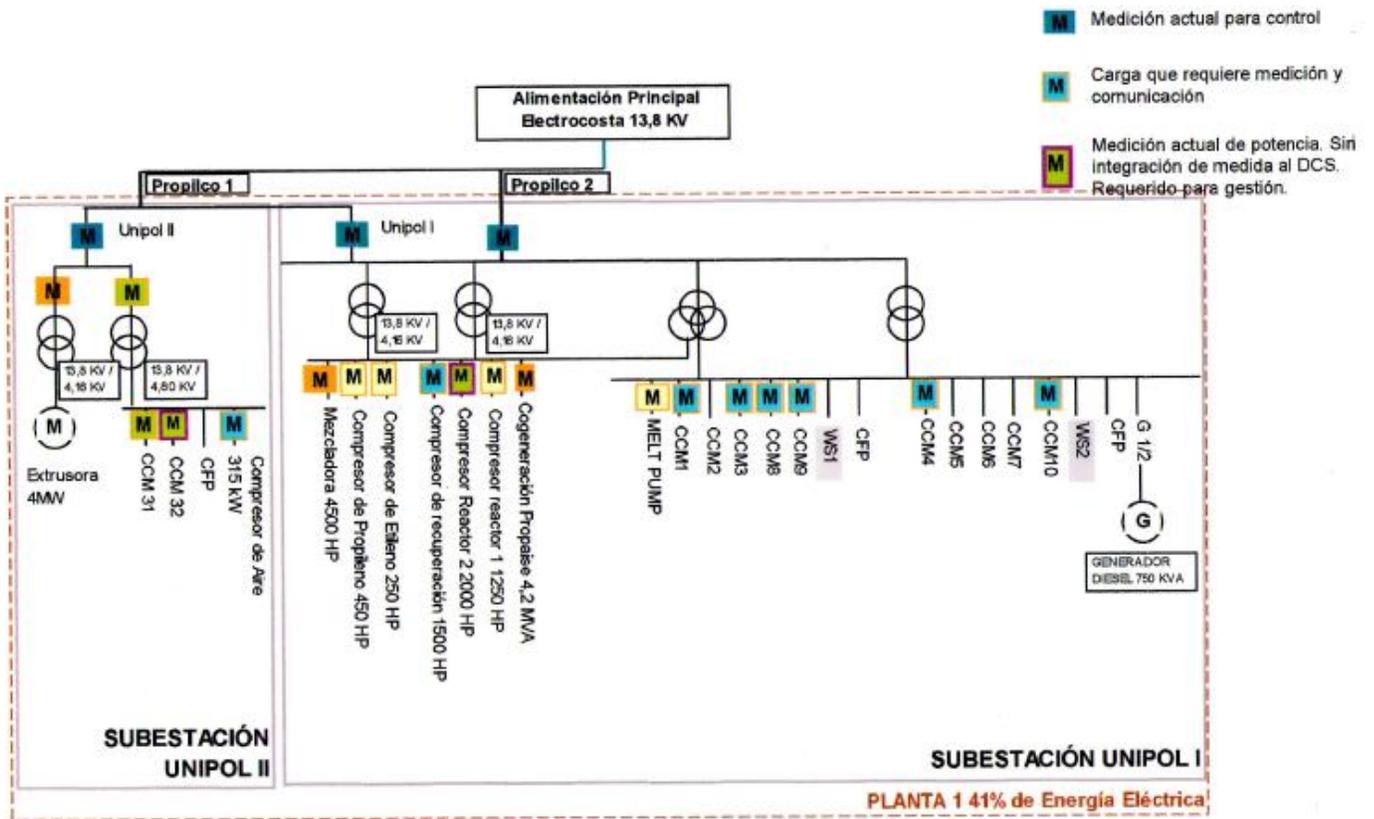
Como resultado de esta actividad se presentan los respectivos diagramas a los miembros de la junta directiva y a todo el personal implicado en el desarrollo del proyecto, un ejemplo de estos diagramas son las figuras 9,10,11 y 12.

Figura 9. Flujograma de una empresa petroquímica



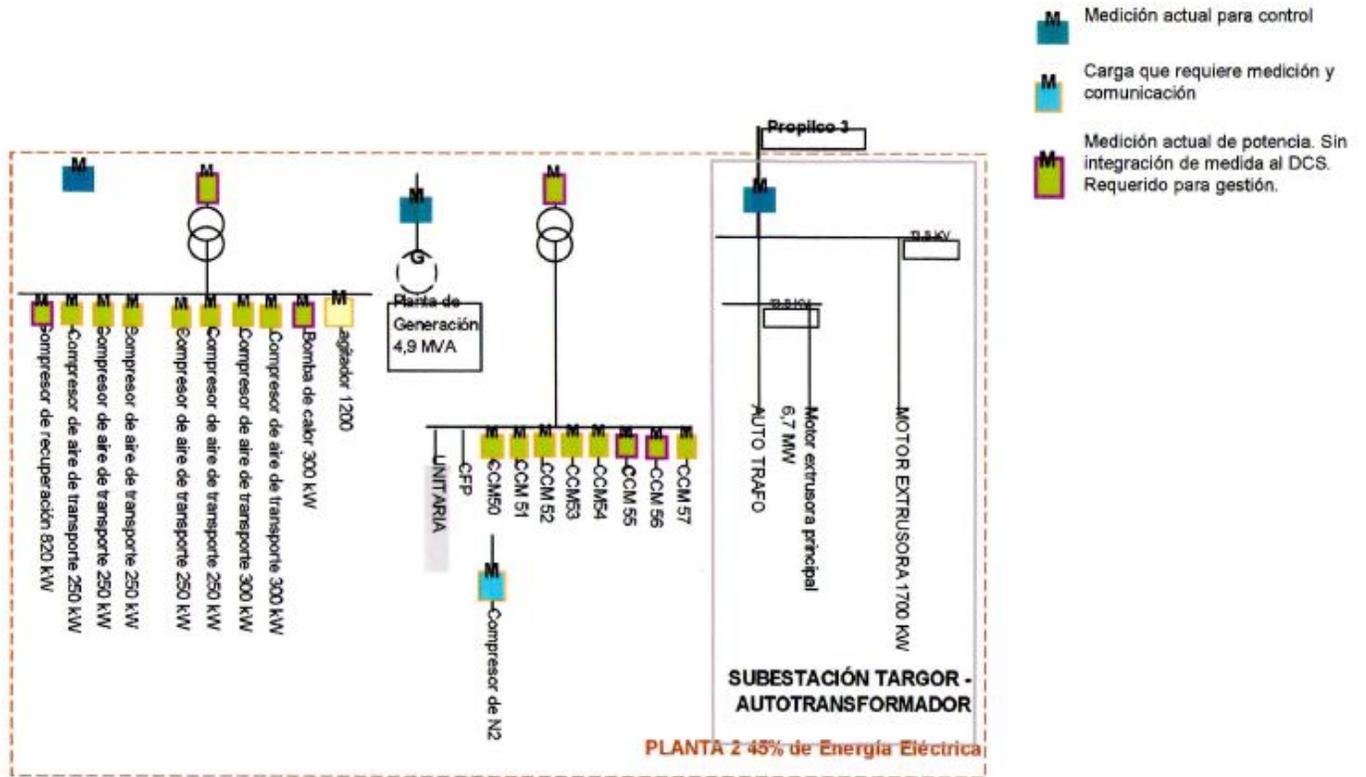
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Figura 10. Esquema del sistema eléctrico de planta petroquímica.



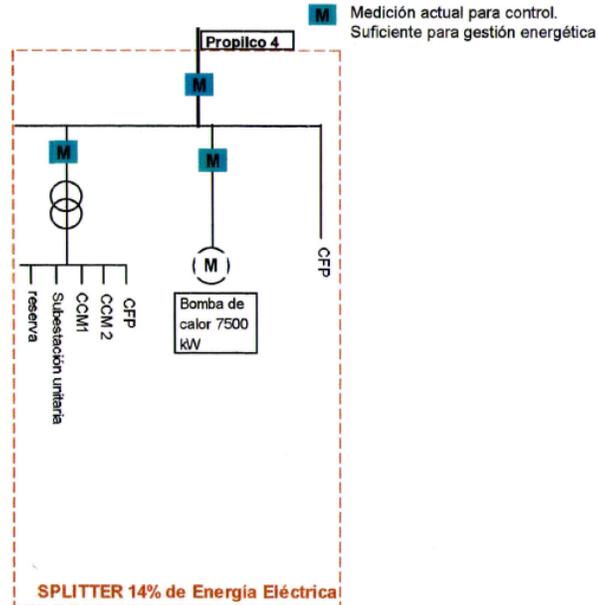
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Figura 11. Esquema del sistema eléctrico de planta petroquímica (continuación)



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Figura 12. Esquema del sistema eléctrico de planta petroquímica (continuación)



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

3.2 ETAPA 2. INSTALACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO

- **Actividad 5. Establecimiento de los indicadores del sistema de gestión.**

En cada centro de costo debe ser monitoreado y caracterizado energéticamente, para luego establecer los indicadores a seguir. La empresa petroquímica estableció como indicadores del sistema de gestión kWh/ Ton y \$/ Ton.

- **Actividad 6. Identificación de las variables de control por centros de costo.**

Estas variables de control se identifican por cada variación de consumo que se presentan en las herramientas de caracterización energéticas. No se conocer que variables de control tiene identificada la empresa petroquímica.

- **Actividad 7. Definición de los sistemas de monitoreo.**

Establecer en cada centro de costo el sistema de monitoreo de eficiencia energética del proceso. Este sistema se compone de un software o herramienta de monitoreo.

En la tabla 3 se presenta el estado en que se encuentran los centros de costo y que mejoras se deben implantar, como complemento en las figuras 10, 11 y 12 se muestra de forma general la medición y el control del sistema eléctrico de las subestaciones UNIPOL I, II y SPLITTER.

Tabla 3. Estado del sistema de monitoreo de los centros de costo.

Centro de control de potencia eléctrica	Se requiere medidor (si / no)	Se requieren TC'S (si /no)- especificar	Observaciones
UNIPOL I			
CCM1	Si	No	Medidor telemedido y con capacidad de medir True RMS
CCM 3	Si	Si	Instalar TC's de 2000/5 - Medidor telemedido y con capacidad de medir True RMS
CCM 8	No	No	Verificar protocolo de comunicación
CCM 9			No se logró medir por riesgo eléctrico de la medición
CCM 10	Si		No se conocen datos de placa de TC'S – medidor telemedido y con capacidad de medir true RMS
K0204	No	No	Verificar protocolo de comunicación
K0253			
K5214	Si	No	Medidor telemedido y con capacidad de medir true RMS

UNIPOL II			
Compresor Atlas	Si	Si	Medidor teledorado y con capacidad de medir true RMS – Instalar TC'S de relación 1500/5
CCM 32	No	No	Medidor teledorado y con capacidad de medir true RMS
TARGOR PP3			
20K06	No	No	Medidor teledorado y con capacidad de medir true RMS – Verificar protocolo de comunicación
20RN10			
40K020			
CCM 55	Si	No	El medidor actual presenta el display apagado
CCM 56			

Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

- Actividad 8. Diagnostico Energético.

Se realizo el diagnostico energético a cada uno de los transformadores de potencia nombrados anteriormente, uno de estos es el siguiente:

Tabla 4. Características nominales de T10

T10 – PLACA DE CARACTERISTICAS	
Marca	Siemens
Potencia Nominal	5 MVA
Relación de transformación	13800/ 4160 V
Corriente Nominal (AT /MT)	209 / 693 A
Impedancia de Cortocircuito (z %)	5,73
Tipo de refrigeración	ONAN
Modelo	CKOM 1157 # 996821157

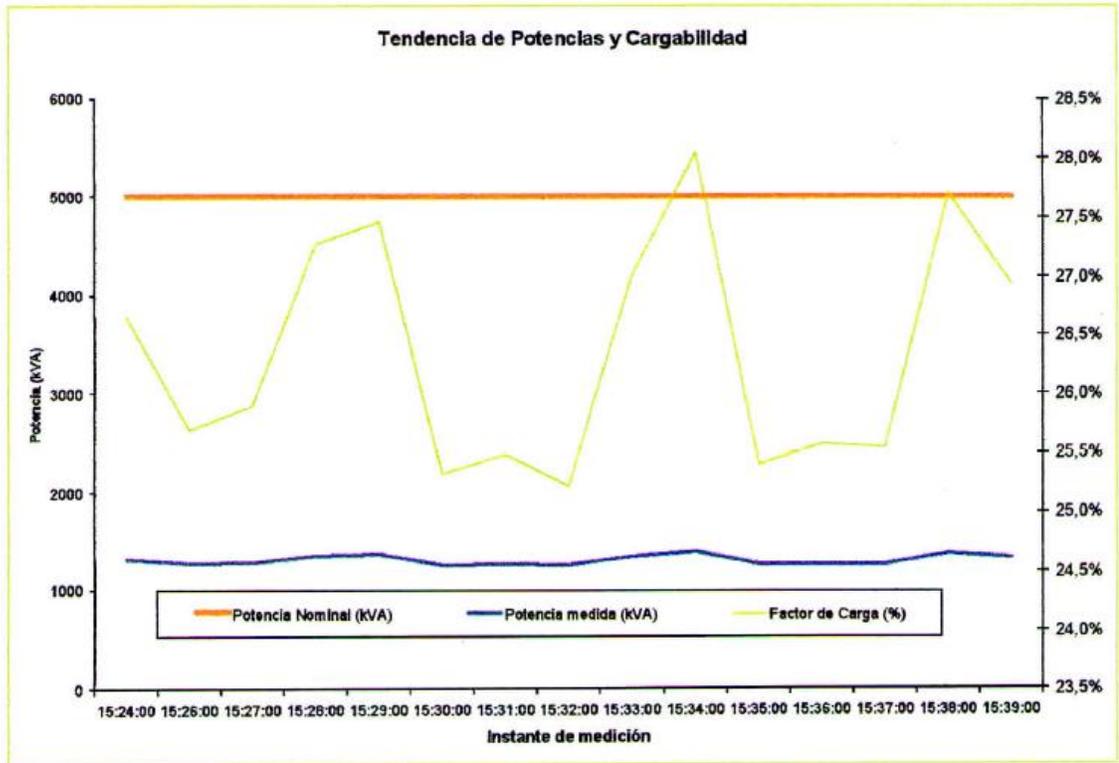
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

Tabla 5. Datos del monitoreo

DATOS DEL MONITOREO	
Fecha de inicio	25 de marzo de 2008
Hora de inicio	15:24
Fecha de finalización	25 de marzo de 2008
Hora de finalización	15:50
Analizador de redes utilizado	Circutor AR5
RTC	200/5
RTP	13800/ 120
FM	4400

Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

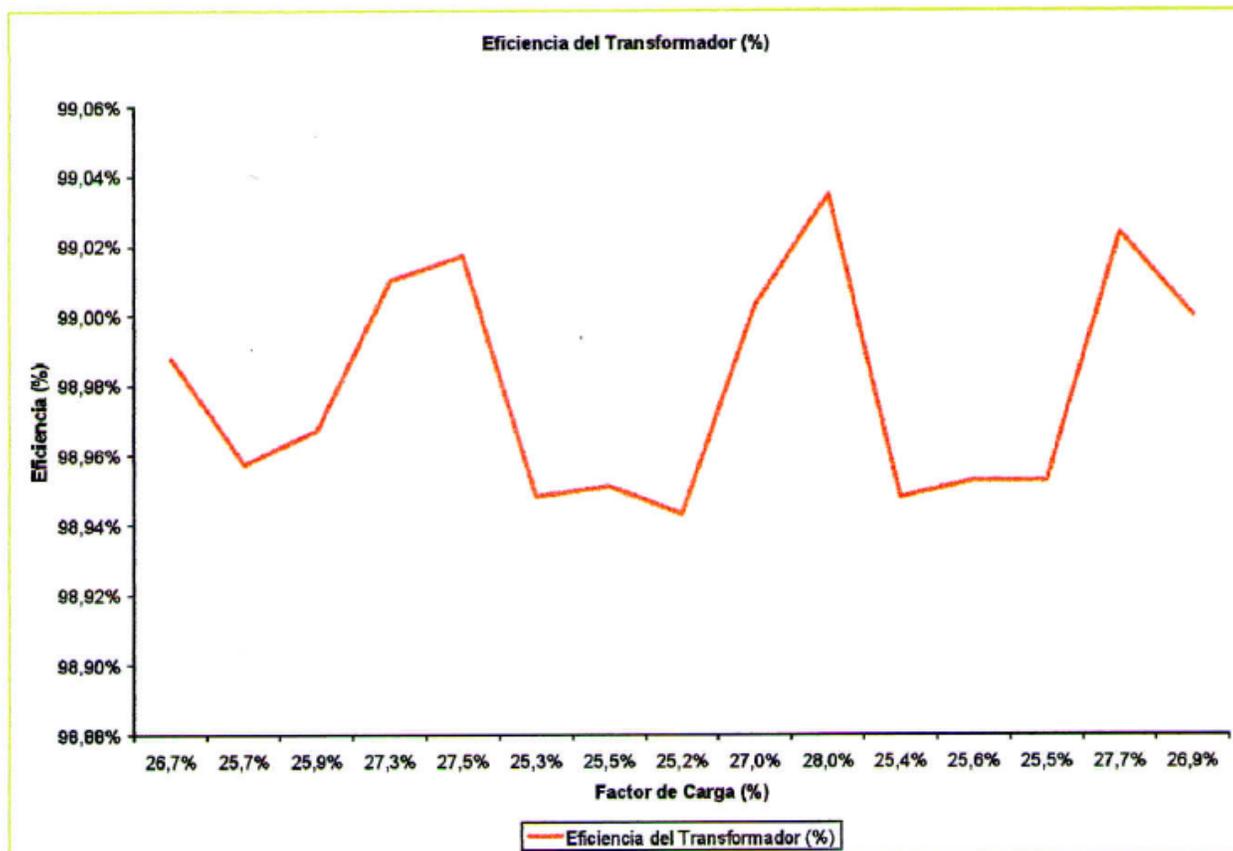
Figura 13. Tendencia de factor de carga.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 13, muestra el comportamiento para el factor de carga del equipo, para este caso la cargabilidad del transformador es baja. En general esta empresa utiliza bajo factores de carga en sus transformadores ya que los equipos que maneja la planta, presentan altos picos de corriente en el arranque, la idea con estos bajos factores de carga es la de sobrecargar lo menos posible el transformador.

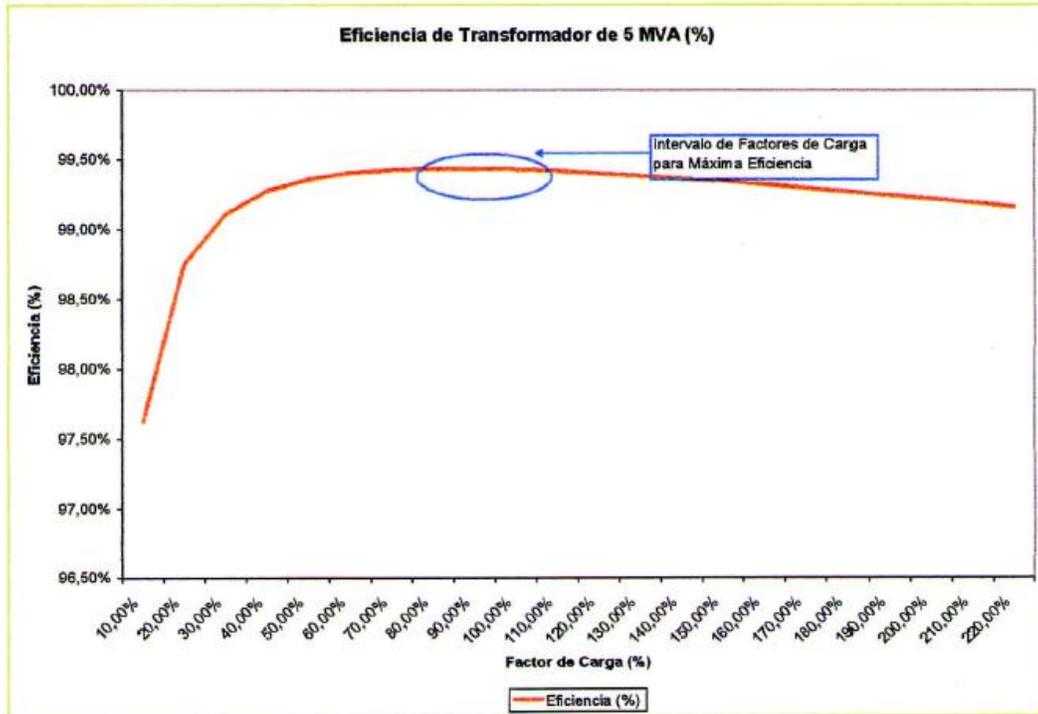
Figura 14. Tendencia de la eficiencia en función del factor de carga.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 14, lo que se evidencia es que el equipo a pesar de contar con un bajo factor de carga, tiene una buena eficiencia.

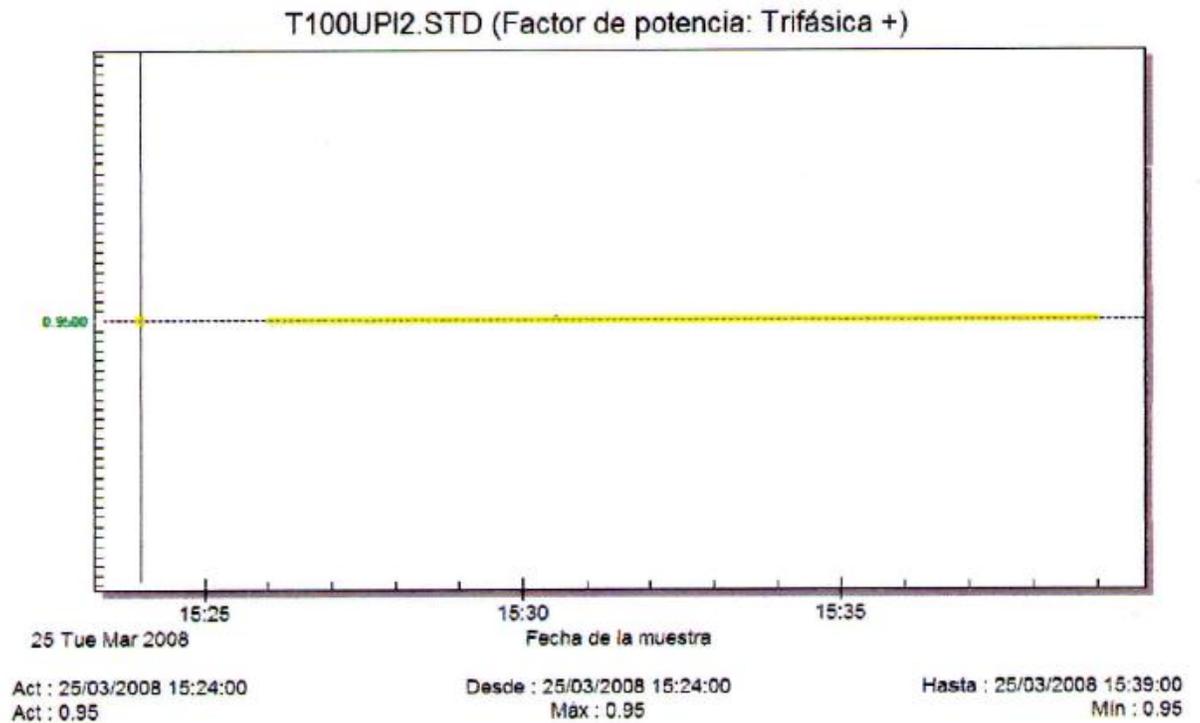
Figura 15. Eficiencia en función de carga para transformador de 5MVA



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

Partiendo de las figuras 13, 14 y 15 se concluye que el transformador opera con un factor de carga promedio del 26,35%, y un máximo factor de carga del 28,04 %. Para el máximo factor de carga medido la eficiencia asociada es del 99,47% y para el factor de carga promedio es de 99,20%. La cargabilidad óptima para un transformador de 5MVA sumergido en aceite está entre el 80 a 85% por lo que puede alcanzar una eficiencia del orden del 99,53%. T10 opera lejos del rango de cargabilidad óptima del transformador, con la posibilidad de mejorar 0,33 % su eficiencia ajustando su cargabilidad.

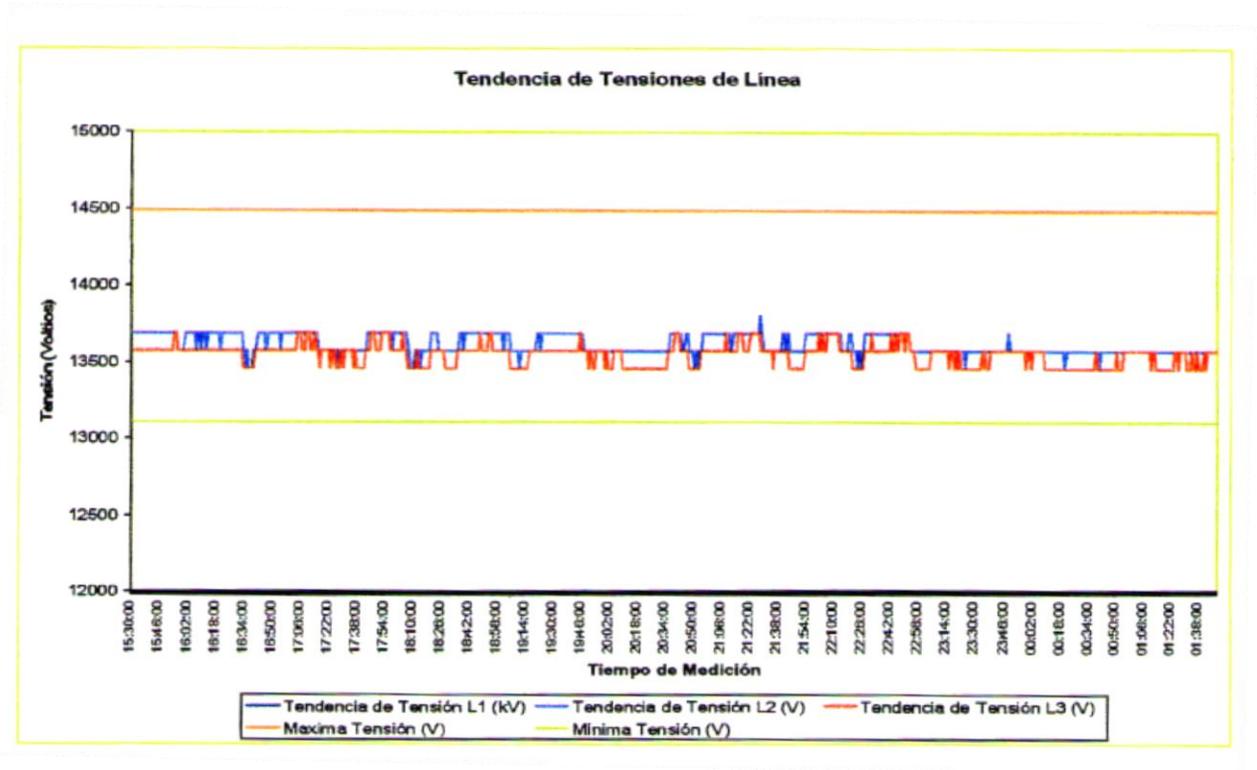
Figura 16. Tendencia del factor de potencia



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

La figura 16 presenta el factor de potencia con que esta operando el equipo es de 0.95.

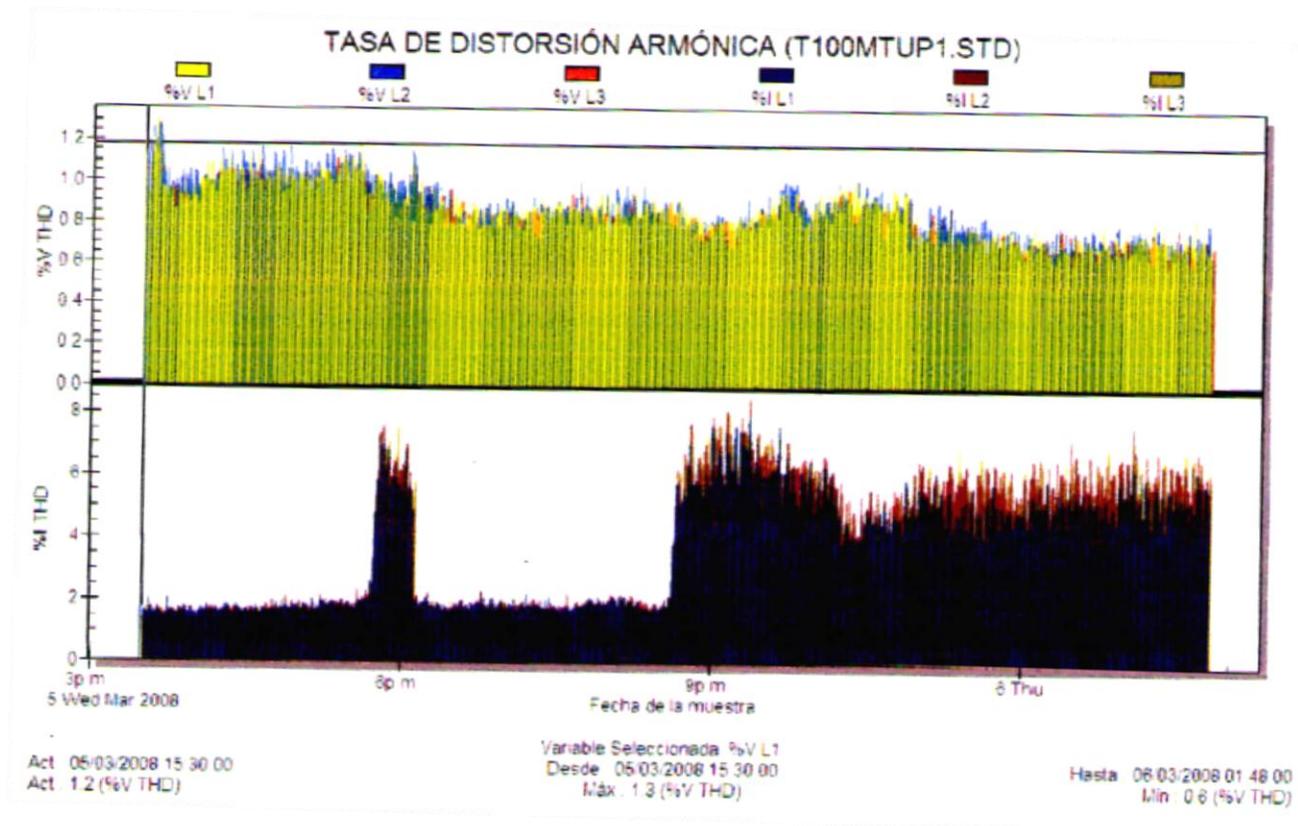
Figura 17. Tendencia de las tensiones de línea



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 17, se observa las variaciones de tensión para este equipo cumplen con las variaciones máximas y mínimas especificadas en la norma NTC 1340 (Tensiones nominales en Colombia)

Figura 18. Tendencia de la distorsión armónica total en tensión y corriente



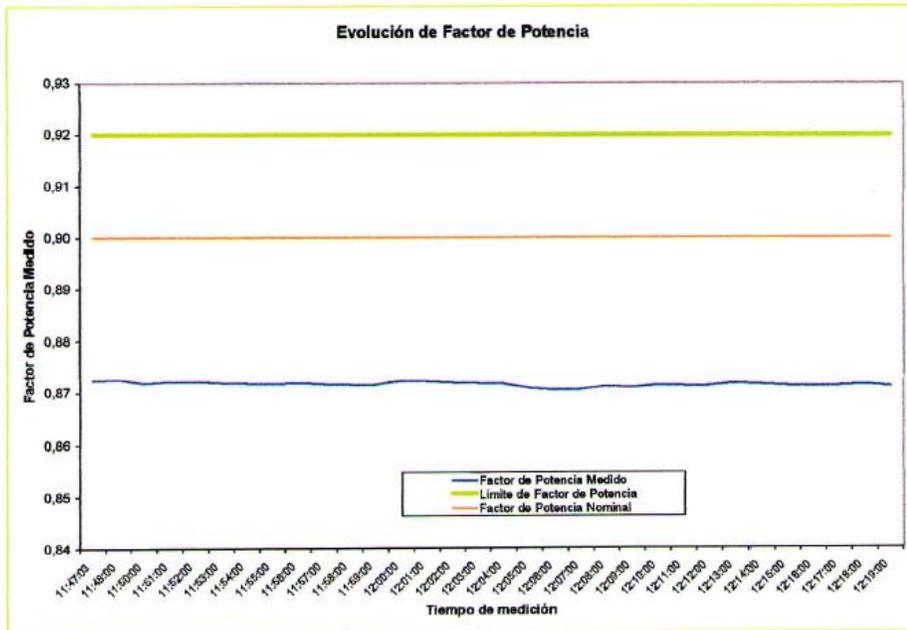
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

La figura 18, muestra que la distorsión armónica de voltaje (THD v) no supera el 5% máximo sugerido por el estándar sugerido por el estándar americano IEEE 519 adoptado en Colombia.

Compresor de etileno K53 – 250 HP

Se realizó el diagnóstico energético a cada uno de los motores de potencia nombrados anteriormente, uno de estos es el siguiente:

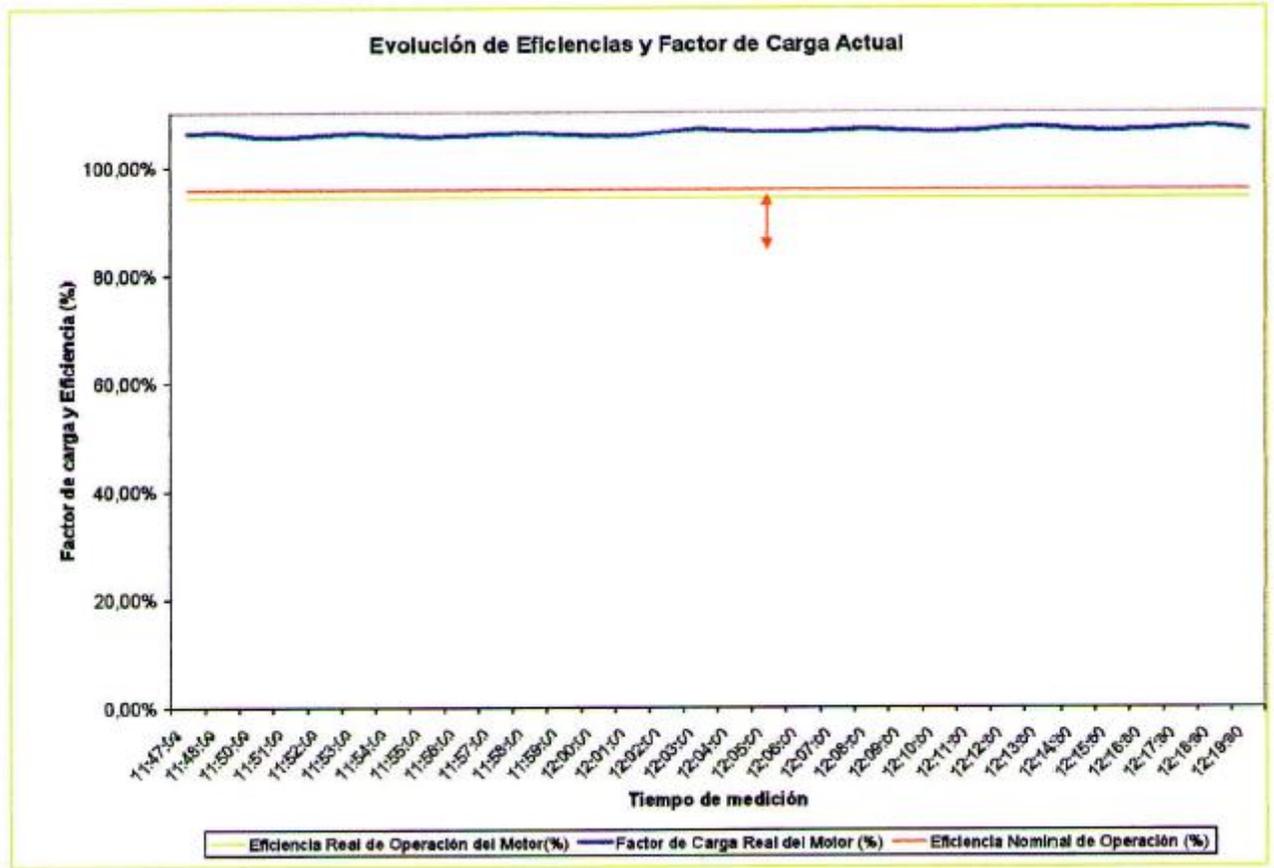
Figura 19. Tendencia del factor de carga



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico.

Para el equipo evaluado, la figura 19 muestra un bajo factor de potencia, convirtiéndose en un foco de atención para el desarrollo de alternativas de mejora.

Figura 20. Evolución del factor de cargabilidad y de la eficiencia.

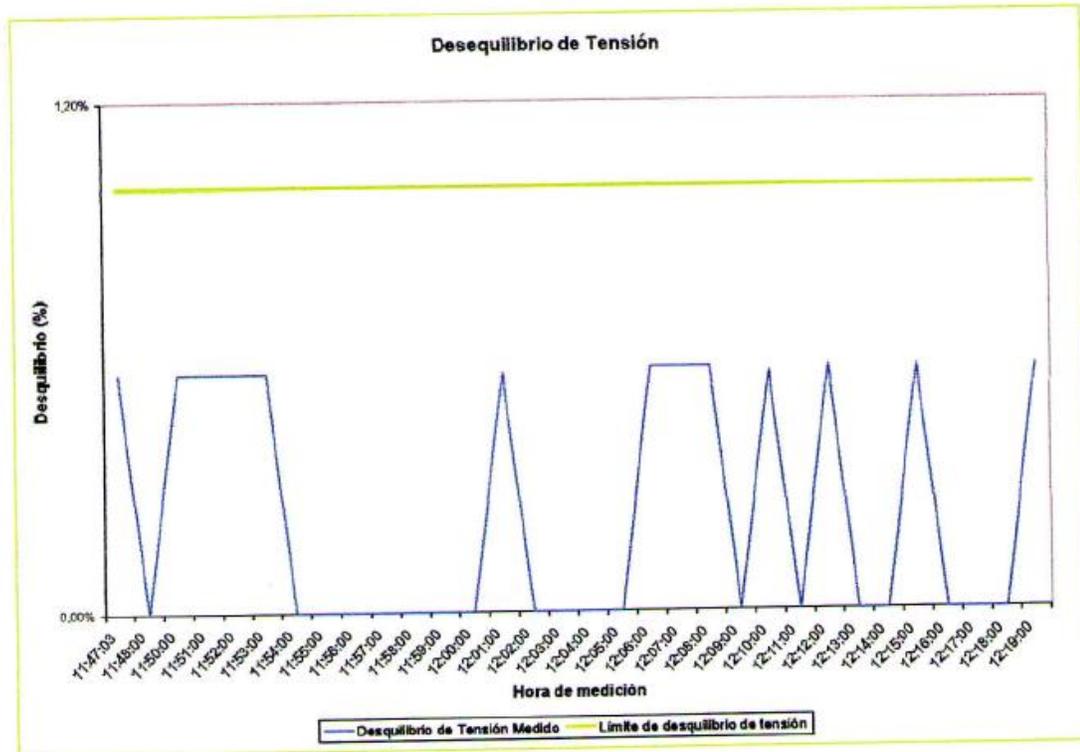


Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Según la figura 20, el motor del compresor K0253 de etileno opera con un factor de carga del 106 % en promedio. Se presenta una oportunidad de ahorro energético por sustituir este motor por uno de alta eficiencia 350HP, 4000V, Nema Premium. En caso tal se puede evaluar técnica y económicamente la opción de automatizar la operación de este motor en función del proceso de carga. La evaluación debe tener en cuenta los criterios financieros necesarios para la toma de decisión, para tiendo de la viabilidad técnica del proyecto.

El día 25 de marzo de 2008 a las 10 AM se verifico el factor de sobrecarga de este motor, y efectivamente este se encuentra un 6 % sobrecargado, sin estar accionando ningún sistema de carga a los buques de materia prima de la empresa.

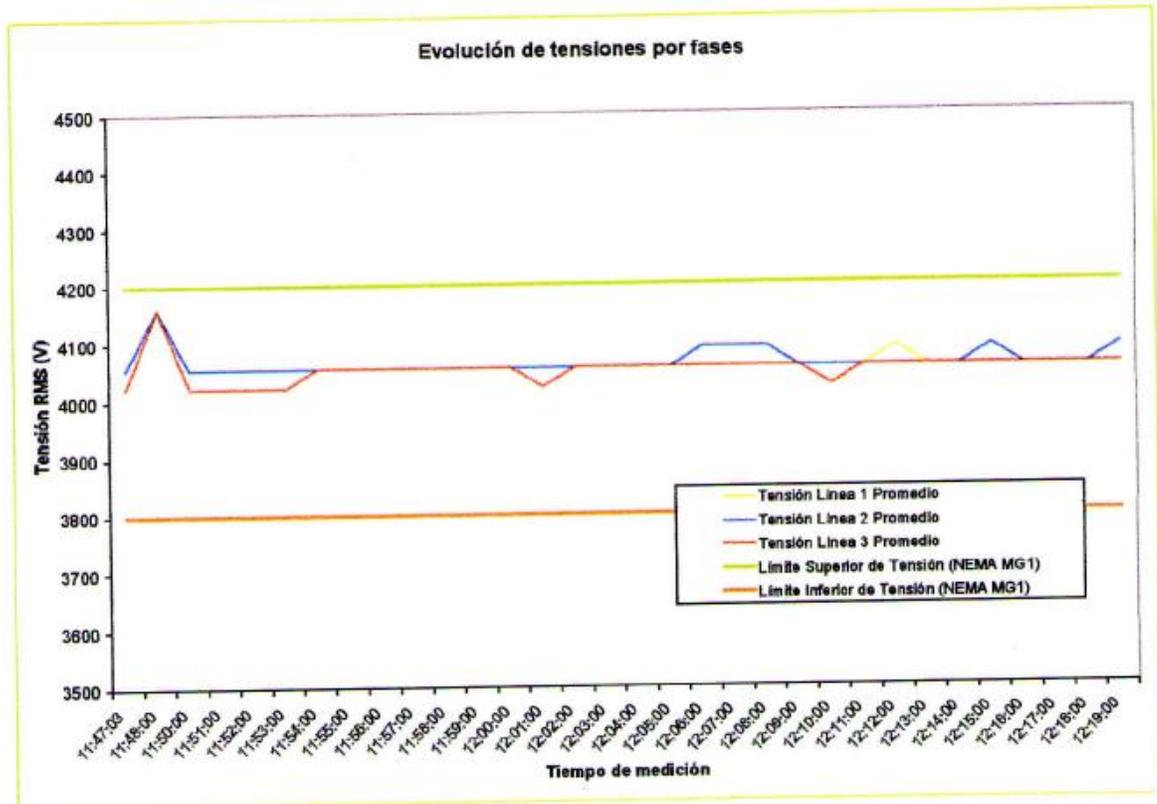
Figura 21. Tendencia de desequilibrio de tensiones



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Según la figura 21, el máximo desequilibrio de tensión es del 0,56 % por debajo 1% recomendado por el NEMA MG1 Motors and Generators. Este desequilibrio no afecta críticamente la eficiencia del motor.

Figura 22. Tendencia de tensiones de línea



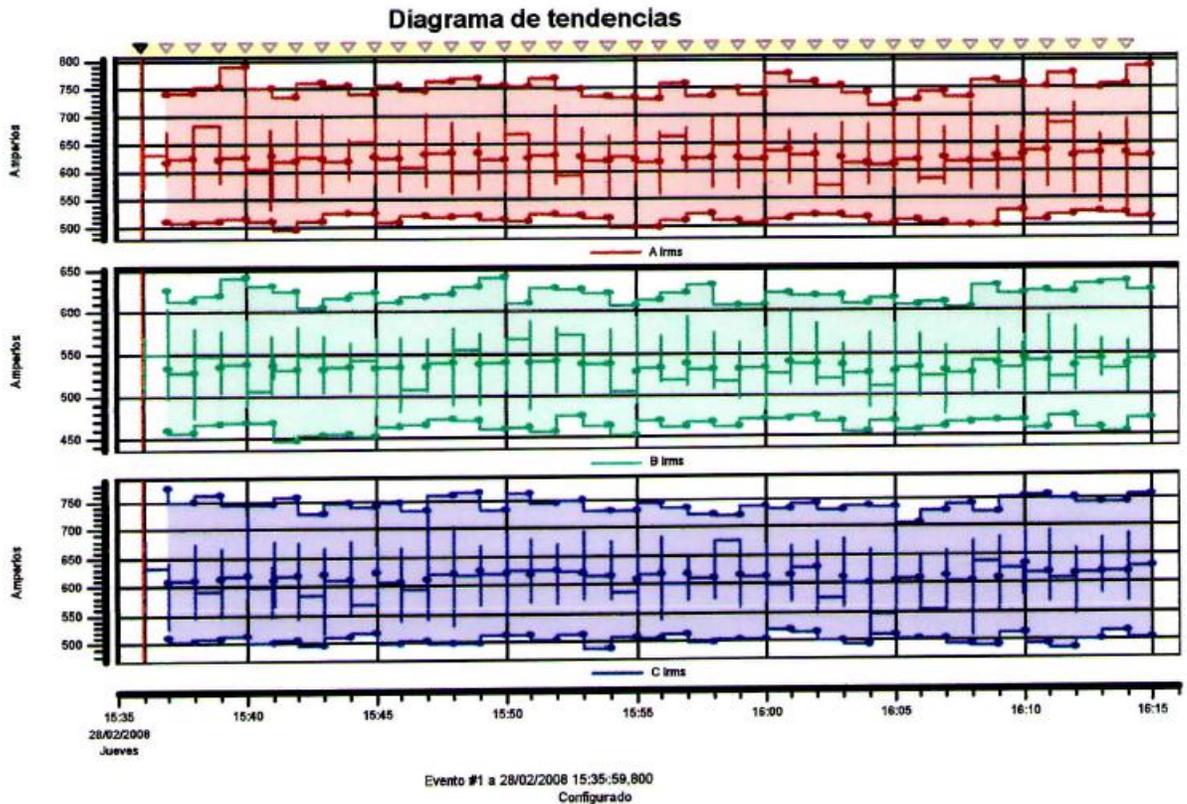
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Según la figura 22, el voltaje de alimentación del motor no diferencia de la tensión de alimentación recomendado por NEMA MG1. La máxima variación presente es del 4%, dentro del $\pm 5\%$ recomendado.

CCM 10

Análisis de sistemas de medición

Figura 23. Tendencia de Corrientes Medida



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

En la figura 23, presenta las siguientes características:

Corriente Máxima medida: 190A, en la fase 2.

Capacidad nominal de los TC's: desconocida.

Factor de carga de TC: -

Error de medición: -

Condición de los elementos de medida: no se puede concluir.

Existe equipo de medición: no, los TC's alimentan relés de protección. Se debe especificar equipo de medición. Es necesario determinar la capacidad de TC's para evaluar la idoneidad de su selección.

- **Actividad 9. La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.**

Se contrato a una red de expertos como es E2, este tiene la suficiente experiencia para contribuir en la toma de decisiones estratégicas en cuanto a innovación, tecnología eficiente y cambios de procesos que requiere la empresa

- **Actividad 10. Plan de medidas de Uso Eficiente de la Energía.**

Partiendo de la caracterización energética y los antecedentes técnicos se define a largo, corto y mediano plazo si se plantea un seguimiento al funcionamiento del equipo para aplicar mejoras o si definitivamente se hace un cambio tecnológico según la evaluación económica; en la empresa petroquímica se han identificado cambios principalmente de motores estos presentan una gran capacidad para la aplicación que están realizando, estas modificaciones influyen positivamente a la empresa por que va reduciendo el consumo de energía de los procesos.

- **Actividad 11. Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE.**

La unión del sistema de gestión gerencial de la empresa con el SGIE. Actualización de la entidad asesora para la gestión energética (Comité, Junta, Equipo de mejora etc.). Establecimiento de funciones, responsabilidades y autoridades.

Definición de la política energética, objetivos, metas de consumo y de reducción de pérdidas y Proyectos asociados a las metas.

- **Actividad 12. Preparación del personal**

Un documento como tal no esta formado, pero por medio de tableros informativos tratan de inducir al equipo de trabajo que presente acciones eficientes de tal manera que informen de cualquier falla que presente el sistema.

- **Actividad 13. Elaboración de la documentación del SGIE**

No se conoce un documento que presente toda la información implementada por el SGIE (procedimientos, registros y manuales).

- **Actividad 14. Auditoría Interna al SGIE**

Se debe contratar un agente externo para evaluar la aplicación del SGIE en la empresa petroquímica, ya que es mucho mas objetivo en identificar los procedimientos que no se estén siguiendo. Esta auditoria se debe aplicar desde gerencia hasta las últimas áreas de operación con el fin de mejorar el sistema.

3.3 ETAPA 3. OPERACIÓN DEL SGIE EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PETROQUIMICO

- **Actividad 15. Seguimiento y divulgación de indicadores.**

Esta actividad depende de las no conformidades y las acciones correctivas que resulte de la auditoria identificada en el SGIE de la empresa petroquímica.

- **Actividad 16. Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación.**

Esta actividad depende de la auditoria aplicado al SGIE en la empresa petroquímica de allí se identifica que procesos se están dejando de aplicar o se están mal implementados.

- **Actividad 17. Implementación de Programas y Proyectos de Mejora.**

La alta gerencia apoya a la implementación de proyectos pero esto depende de la rentabilidad que estos tengan.

- **Actividad 18. Implementación del Plan de Entrenamiento y Evaluación del personal.**

Luego de implementar el SGIE se debe gestionar un plan de entrenamiento para que el mismo personal de la empresa petroquímica siga la vigilancia energética en los procesos. Debe consistir en una etapa teoría y una etapa práctica en la empresa, donde se evaluará el desarrollo de estas habilidades en el personal.

- **Actividad 19. Chequeos de gerencia.**

El seguimiento de gerencia es obligatorio, de allí se compara lo prometido por la empresa contratada para implementar el sistema, con los documentos informativos del paso a paso como esta funcionando toda la empresa petroquímica.

- **Actividad 20. Ajustes del sistema de gestión.**

Es indispensable los chequeos de gerencia y las auditorias porque de estas dos actividades se retroalimenta el sistema de gestión.

- **Actividad 21. Evaluación de resultados.**

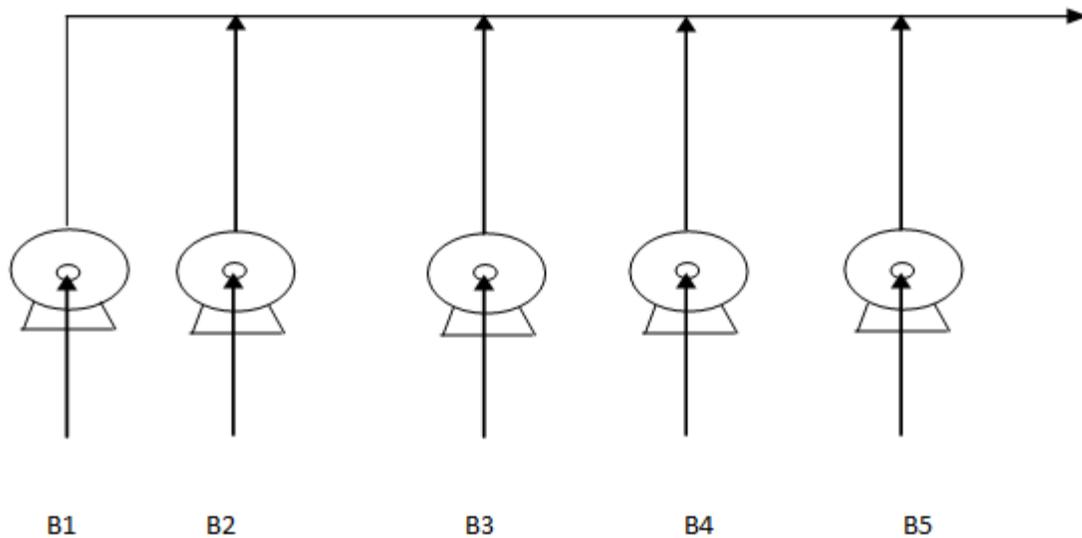
Definitivamente el SGIE si influye en el ahorro energético y en el funcionamiento mucho más eficiente de los equipos y áreas de producción, por medio de la caracterización se logra identificar los cambios que mejoran el sistema.

Consiste en un comparativo de los que se tenia a los que se tiene en este momento, sobre todo relacionando cada uno de los procesos el antes y el ahora.

4. CASO PRÁCTICO

Como caso particular se tiene un sistema de refrigeración conformador por 5 Bombas centrifugas, las cuales denominamos como bombas 1, 2, 3, 4 y 5, ver figura 24.

Figura 24. Diagrama unifilar de 5 bombas centrífugas.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Durante la caracterización energética de la planta, se encontró que este grupo de bombas se encontraban entre los grandes consumidores del área. Es por ese motivo que se procede a realizar la toma de valores que me relacionan el consumo energético de las bombas, con respecto a la caudal entregado por el sistema, ver tabla 6. Esta información inicial es la utilizada para nuestra determinación de una línea base de consumo. A continuación se tabula parte de la información obtenida para este grupo de motores:

Tabla 6. Tabulación de consumo vs caudal

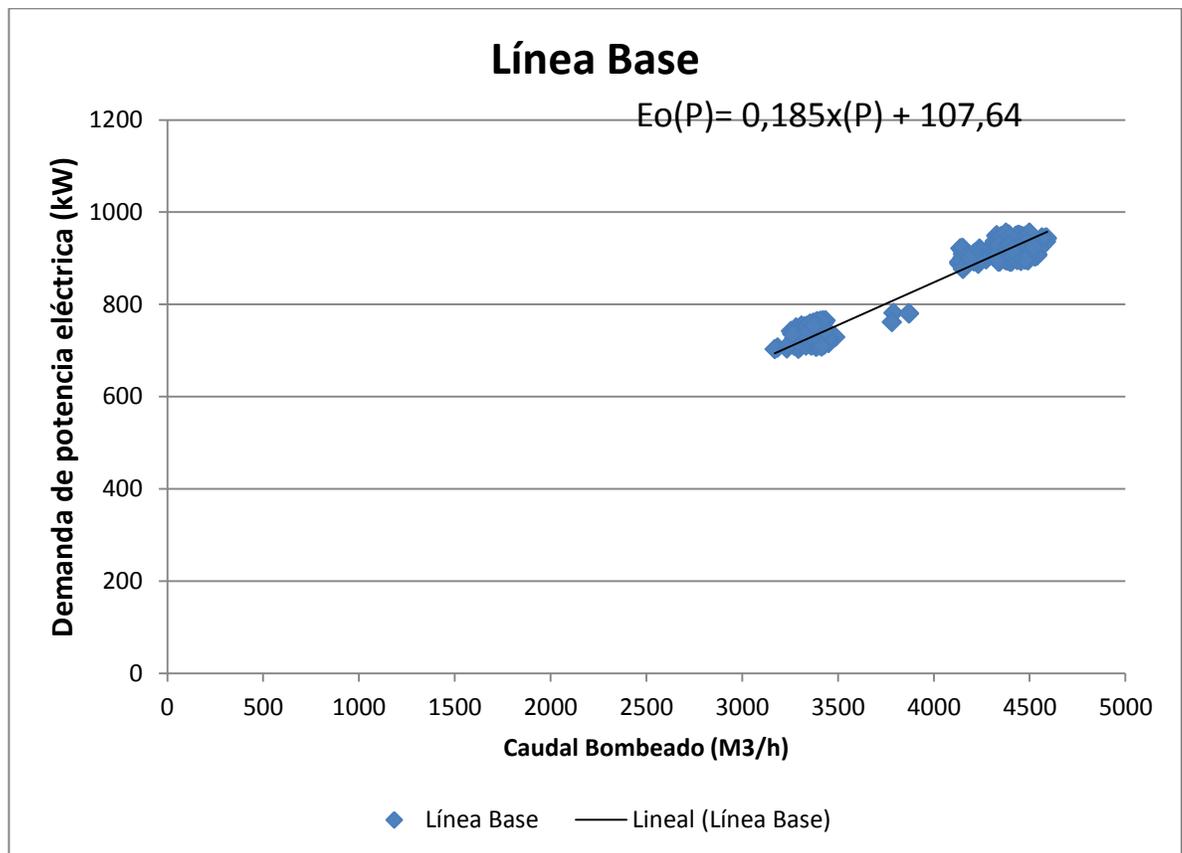
Fecha y Hora	M3/h	kWh
21/06/2010 17:00	3301,43857	706,906
21/06/2010 18:00	3301,10005	717,75
21/06/2010 19:00	3297,90356	718,344
21/06/2010 20:00	3302,70695	707,281
21/06/2010 21:00	3306,28811	723,719
21/06/2010 22:00	3304,00875	716,344
21/06/2010 23:00	3292,88554	703,125

22/06/2010 00:00	3373,46117	717,156
22/06/2010 01:00	3405,10771	718,563
22/06/2010 02:00	3398,40008	710,781
22/06/2010 03:00	3390,58461	717,906
22/06/2010 04:00	3383,14268	717,813

Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Con la información obtenida, obtenemos el siguiente Diagrama de dispersión:

Figura 25. Diagrama de dispersión



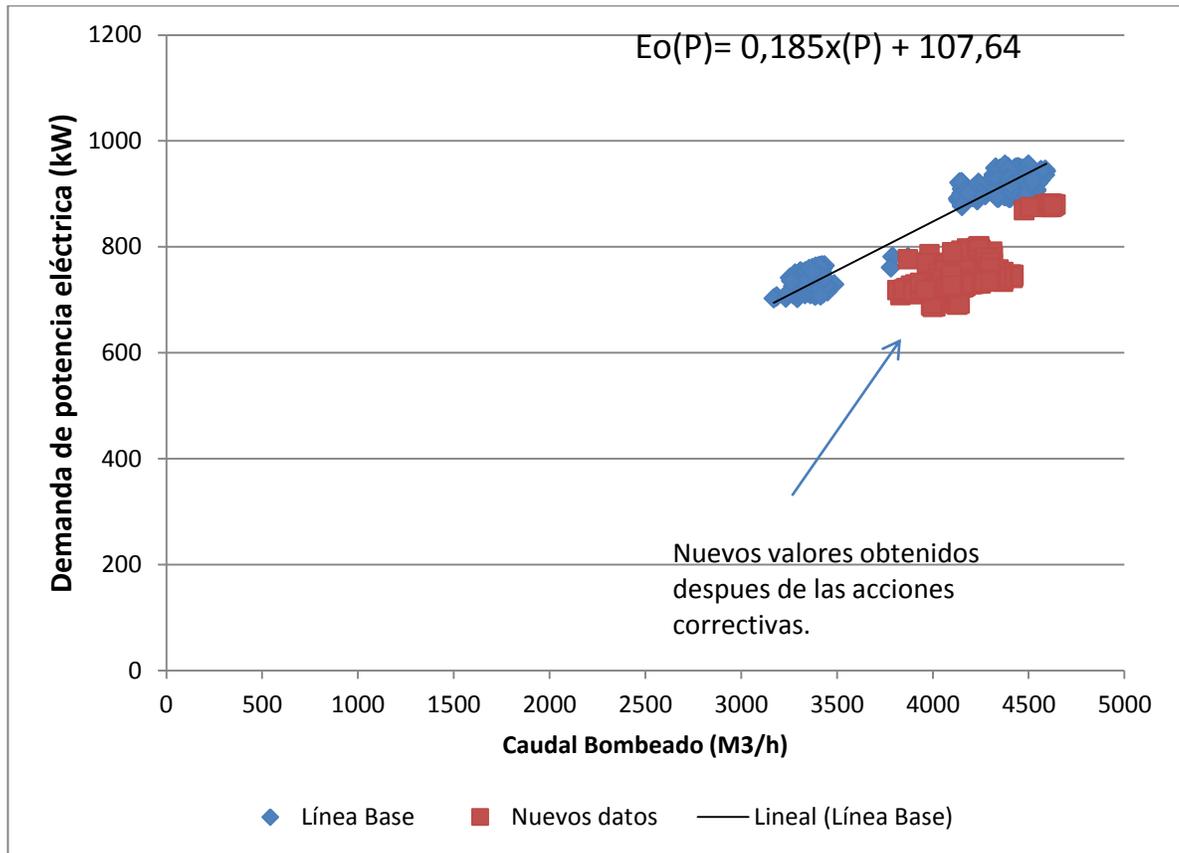
Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Para este grupo de bombas en particular, se definieron una serie de mejoras que básicamente consistieron en lo siguiente:

- Verificar obstrucciones en las tuberías: Se encontró, que con el paso del tiempo la sedimentación disminuyó el área de las tuberías por ende luego de la verificación se cambiaron los tramos obstruidos.
- Para evitar disparos en los equipos se colocó una placa orificio con el fin de disminuir el caudal y de esta manera evitar disparos de equipo. Los motores instalados manejaban una potencia de 250HP, se encontró que en otra parte de la planta se contaban con motores de 300HP los cuales estaban subdimensionados. Se procedió a retirar las placas orificio, y a intercambiar los equipos de 250HP por los de 300HP.
- Se evaluó que grupos de bombas funcionaban mejor, por medio de un análisis de los flujos entregados por las bombas, se encontró que ciertas combinaciones de estas bombas tenían mejor comportamiento que otros. Es por eso que el punto de operación se centró en aquellas combinaciones que funcionaban mejor.
- Se revisaron todos los sellos de las bombas, ya que en algunos casos se encontraron sellos inadecuados, y en otros desgastados. La correcta selección de estos sellos nos permiten tener mejores eficiencias en las bombas.

Luego de las medidas correctivas aplicadas al sistema, nuevamente se tomaron valores de caudal y energía, similares a los de la tabla anterior, en la grafica 26 se encuentra una comparativa de los mismos,

Figura 26. Diagrama de línea base teniendo en cuenta la acciones correctivas.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Como podemos observar, todos los nuevos valores se encuentran por debajo del valor base del sistema, demostrando de esta manera un aumento de la eficiencia del sistema, y una reducción del consumo de energía. Cabe resaltar, que para alcanzar un mismo flujo se requiere menos energía, e incluso con los cambios realizados, se alcanza con 4 bombas y no con las 5 que se venían utilizando.

Para mostrar los avances realizados en este tema, se realiza un respectivo diagrama de tendencia el cual se construye con mi línea base, con la meta de consumo teórica, y con los valores reales de consumo tomados. Mostramos a partes de la tabla con la que se crea este diagrama.

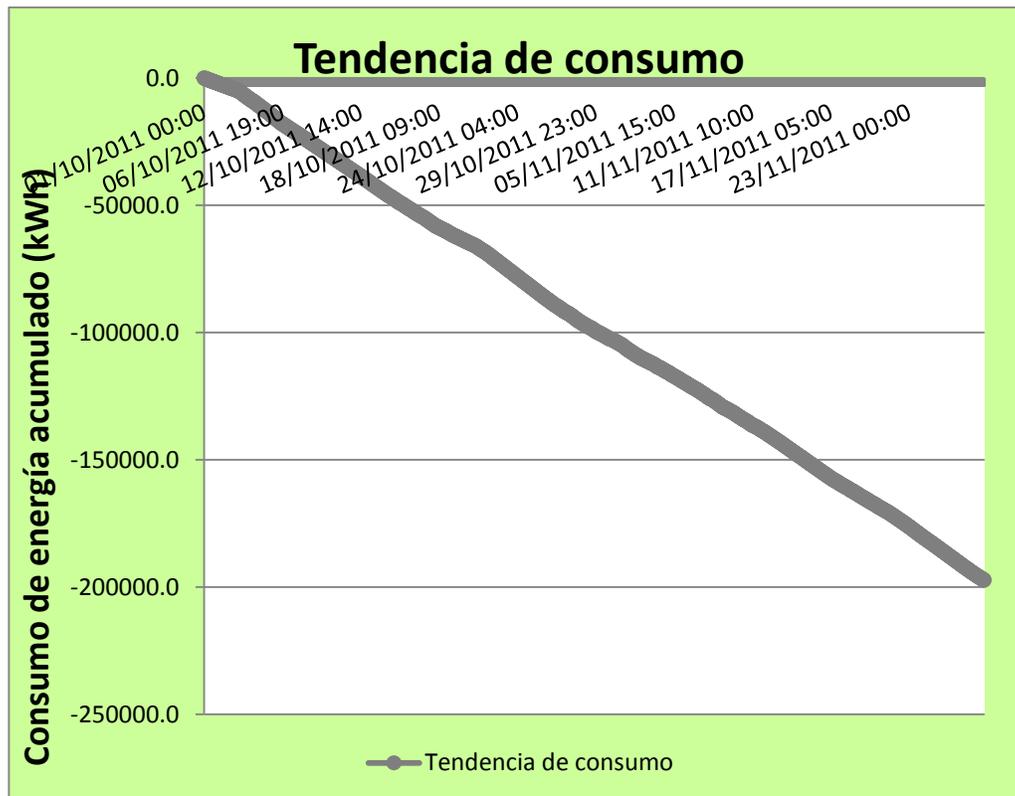
Tabla 7. Tabulación del consumo vs caudal teniendo en cuenta las acciones correctivas.

Fecha y Hora	M3/h	kWh/h	E teórico	Er-Et	Tendencia Acumulada
01/10/2011 00:00	4632,7	880,3	964,7	-84,4	-84,4
01/10/2011 01:00	4629,1	879,0	964,0	-85,0	-169,5
01/10/2011 02:00	4633,4	879,0	964,8	-85,8	-255,3
01/10/2011 03:00	4629,6	878,0	964,1	-86,1	-341,4
01/10/2011 04:00	4631,0	878,0	964,4	-86,4	-427,8
01/10/2011 05:00	4627,5	880,5	963,7	-83,2	-511,0
01/10/2011 06:00	4630,6	878,5	964,3	-85,8	-596,8
01/10/2011 07:00	4631,0	878,5	964,4	-85,9	-682,7
01/10/2011 08:00	4627,3	879,8	963,7	-83,9	-766,7
01/10/2011 09:00	4632,7	879,3	964,7	-85,4	-852,1

Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

Con la información obtenida, se creó el respectivo diagrama de tendencia, figura 27.

Figura 27. Tendencia de consumo.



Tomado de la Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico

La figura 27, muestra que luego de aplicar las acciones correctivas la línea de tendencia del consumo a medida que pasa el tiempo es mucho menor.

5. RESULTADOS Y OBSERVACIONES

- La caída de voltaje contribuye al incremento de las corrientes de línea en los CCM, por lo tanto aumentan las pérdidas de energía. Las normas recomiendan una caída de voltaje del 5%, pero entre menor sea mejor. Para superar este inconveniente se recomienda elevar el tap de los transformadores de la red de 480V.
- Se observó que algunos motores tenían porcentajes de carga muy bajos, por lo tanto se recomienda reevaluar el proceso productivo para determinar la cantidad de potencia mínima, promedio y máxima que se demanda de los motores con baja carga, así como el tiempo de operación de esta demanda, para dimensionar correctamente sus capacidades y determinar cuales de ellos deben ser remplazados por unos de menor capacidad o cuales pueden ser reubicados.
- Diseñar sistema de transmisión de información desde los relés de protección de la subestación, para tener la información actualizada de los consumos de los motores en el DCS y poder hacer seguimiento a las condiciones de operación de estos.
- Procurar que los motores trabajen con una potencia que se encuentre entre el 75% y el 95% de su potencia nominal. En este intervalo es que se ha demostrado que los motores trabajan con mejor eficiencia y las pérdidas de energía presentes en ellos se asemejan a las nominales de la máquina.
- Corregir la caída de tensión en los alimentadores de los CCM de los motores, con ello se evitara que al motor se le incremente la corriente y que se presenten sobrecalentamientos innecesarios. La caída de tensión no debe superar el 5% del voltaje nominal en el alimentador. Esto se puede evitar con el uso de conductores correctamente dimensionados y manteniendo un adecuado factor de potencia.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio no debe exceder el 5%, pero mientras menor sea el desbalance la eficiencia es mayor.
- Seleccionar los motores de acuerdo a su tipo de trabajo. Evitar accionar el motor frecuentemente, puesto que su eficiencia y sus parámetros de diseño se comienzan a ver afectados por las sobretensiones y sobrecorrientes transitorias que se presentan en el arranque. El aislamiento también sufre de forma considerable cuando se acciona el motor en repetidas ocasiones.

- Poner especial cuidado a la distorsión armónica en aquellos motores que tienen instalados variadores de velocidad electrónicos o en aquellos que se accionan con arrancadores electrónicos. En caso que la distorsión armónica se encuentre por encima de lo permitido por estándares internacionales (como la norma IEE 519/1992), será necesario instalar filtros supresores de armónicos, puesto que estos últimos producen efectos nocivos en tanto en motores como en el sistema eléctrico de la planta.
- Llevar un registro histórico sobre el mantenimiento del motor. En ese registro se debe evaluar constantemente la cargabilidad, el desbalance de voltaje, de corriente y la desviación de voltaje. Esto con el fin de observar la evolución de las pérdidas de energía. También es necesario contabilizar el número de rebobinados del motor.
- Es importante mantener lo mas cercano posible los valores nominales de voltaje en el transformador, puesto que con ello se disminuye el valor de las corrientes de línea, lo cual contribuye a evitar que aumenten las pérdidas de energía por el efecto Joule. Sin embargo, se recomienda que tampoco se exceda mucho del valor nominal de voltaje, puesto que eso también tiene sus consecuencias, como lo es el deterioro del aislamiento y aumento de las pérdidas por corrientes parasitas debido a la saturación de los materiales ferromagnéticos que los componen.
- Para obtener mejores resultados en el proceso de optimización energética, es necesario llevar un control de las pérdidas de energía y para hacerlo se debe tener una instrumentación de medida adecuada. Se observo que la instrumentación de medida de los transformadores y motores se encontraba en mal estado y descalibrada, razón por la cual no se pudo evaluar cabalmente sus desempeños en cuanto a su operación como máquinas eléctricas, y poder así tomar las acciones correspondientes para ahorrar energía desde la óptica de sus condiciones normales de operación en relación a las condiciones nominales

6. CONCLUSIONES

Las organizaciones no pueden controlar los precios de la energía, las políticas del gobierno o la economía global, pero pueden mejorar la forma como gestionan la energía por medio de un sistema de gestión integral de la energía. Mejorar el rendimiento energético puede proporcionar beneficios rápidos a una organización, maximizando el uso de sus fuentes de energía y los activos relacionados con la energía, lo que reduce tanto el costo de la energía como el consumo. La organización también contribuye positivamente en la reducción del agotamiento de los recursos energéticos y la mitigación de los efectos del uso de energía en todo el mundo, tal como el calentamiento global.

Gracias a la implementación de sistema de gestión de la energía, las empresas pueden encontrar focos de mejora de la eficiencia que inicialmente se estaban pasando por alto. Se encontró documentación que indica que la empresa petroquímica con consumos aproximados de dos mil millones de pesos, fueron capaces de encontrar reducciones de consumo que varían entre 7% y 10% mensual. Esto indica que una empresa con estos focos de ahorro, es capaz de ahorrar prácticamente un mes de consumo de energía cuando se realizó una sumatoria del total ahorrado durante el resto del año.

En el momento de realizar cambios en los equipos de la planta, las mejoras y las acciones que se realizan sobre los equipos, nacen como consecuencia de la sinergia que realizan grupos interdisciplinarios, encargados del correcto funcionamiento de la planta.

En cuanto al diagnóstico de la calidad de la energía en las fronteras comerciales no se llevo a cabo debido a la falta de coordinación con el operador con la red, pero en términos generales no se detectaron problemas severos de calidad que afectara la eficiencia operacional de los equipos.

Se identificaron transformadores y motores eléctricos de inducción operando a factores de carga menores a su factor de carga óptimo; la razón es que deben cumplir corrientes de arranque elevadas y cumplir con el alto par de arranque, por lo tanto se debe evaluar técnica y económicamente la opción de instalar arrancadores suaves.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS AVELLA, Juan Carlos. Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía. P.28. Disponible en internet: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>.
- CAMPOS AVELLA, Juan Carlos. Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. P.58. Disponible en internet: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/herramientas.pdf>.
- Fase I de la implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE) en una empresa del sector petroquímico. Cartagena de Indias, 2008.
- International Organization for Standardization. Energy Management ISO 50001.P.13. Disponible en internet: http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf.

ANEXO

Anexo 1. Formato para la identificación y descripción de la empresa

1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA															
RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA						NIT									
DIRECCIÓN				TELEFONO		FAX									
REGIÓN				CIUDAD											
BARRIO				CÓDIGO POSTAL											
REPRESENTANTE LEGAL O APODERADO				C.C		CARGO									
RESPONSABLE INFORMACIÓN CONSIGNADA				C.C		CARGO									
ACTIVIDAD INDUSTRIAL				EMAIL											
2. ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA															
NÚMERO DE DÍAS DE TRABAJO AL MES		HORARIO LABORAL		DE		A.M		A		A.M		P.M			
NÚMERO DE DÍAS DE TRABAJO AL AÑO		PRODUCCIÓN MENSUAL		PRODUCCIÓN ANUAL PROMEDIO											
TURNOS	Nº DE TRABAJADORES	HORARIO				Nº PARADAS POR VACACIONES (P.P.V)									
1		DE		A.M	A		A.M	MES P.P.V	1	2	3	4	5	6	
				P.M			7		8	9	10	11	12		
2		DE		A.M	A		A.M	Nº DE DÍAS P.P.V							
				P.M			P.M								
3		DE		A.M	A		A.M	Nº PARADAS POR MANTENIMIENTO (P.P.M)							
				P.M			P.M								
4		DE		A.M	A		A.M	MES P.P.M	1	2	3	4	5	6	
				P.M			7		8	9	10	11	12		
Nº DE DÍAS P.P.M	Nº DE PARADAS POR BAJA PRODUCCIÓN (P.P.B.P)	MES P.P.B.P	1	2	3	4	5	6	Nº DE DÍAS P.P.B.P	7	8	9	10	11	12
Nº DE PARADAS OTROS MOTIVOS (P.O.M)	Nº DÍAS DE P.O.M	MES P.O.M	1	2	3	4	5	6	Nº DE DÍAS PARADAS AL AÑO	7	8	9	10	11	12
ESPECIFIQUE P.O.M															

DIAGRAMA DE BLOQUES DE CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES Y/O DE LOS PROCESOS PRINCIPALES DEL CENTRO			
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL PROCESO PRODUCTIVO			
ACTIVIDAD		CLASIFICACIÓN	
FECHA REALIZACIÓN DEL FORMATO	DD	MM	AAAA
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO			
FIRMA RESPONSABLE			

Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía.
Campos Avella, Juan Carlos P.4-6.

