

**DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**WILMAR LABIANO
GIOVANNY MEDINA ROLDAN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

**DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**WILMAR LABIANO
GIOVANNY MEDINA ROLDAN**

**Pasantía para optar el título de
Ingeniero Electricista**

**Directora
ROSAURA CASTRILLON
Ingeniera Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

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

HENRY MAYA

jurado

JUAN RICARDO VIDAL

jurado

Santiago de Cali, 08 de Mayo de 2006

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCION	12
1. ANTECEDENTES	15
2. MARCO TEORICO	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
4. JUSTIFICACION	26
5. OBJETIVOS	27
5.1 OBJETIVOS GENERALES	27
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	27
6. METODOLOGIA USADA EN EL DIAGNOSTICO	30
6.1 PROCEDIMIENTO	30
6.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DEL CAMPUS	29

	pág.
6.3 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÍA	31
6.4 ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA	32
6.4.1 Análisis subestacion #1	33
6.4.2 Análisis subestación # 2	48
6.4.3 Análisis subestación # 3	63
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
8. RECURSOS	83
8.1 EQUIPOS	83
8.2 MATERIALES	83
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Análisis de Consumo	32
Tabla 2. Punto de Medición Subestación 1	33
Tabla 3. Eventos Subestación 1	34
Tabla 4. Valores de Voltaje Subestación 1	35
Tabla 5. Datos Importados de Power View Subestación 1 Voltaje	35
Tabla 6. Datos Importados de Power View Subestación 1 Corriente	37
Tabla 7. Datos Importados de Power View Subestación 1 KVAT	39
Tabla 8. Datos Importados de Power View Subestación 1 KVART	41
Tabla 9. Datos Importados de Power View Subestación 1 FP	42
Tabla 10. Datos Importados de Power View Subestación 1 THDV	43
Tabla 11. Datos Importados de Power View Subestación 1 THDI	46
Tabla 12. Puntos de Medición Subestación 2	48
Tabla 13. Eventos Subestación 2	49
Tabla 14. Valores de Voltaje Subestación 2	50
Tabla 15. Datos Importados de Power View Subestación 2 Voltaje	50
Tabla 16. Datos Importados de Power View Subestación 2 Corriente	52
Tabla 17. Datos Importados de Power View Subestación 2 KVAT	55
Tabla 18. Datos Importados de Power View Subestación 2 KVART	56
Tabla 19. Datos Importados de Power View Subestación 2 FP	58

	pág.
Tabla 20. Datos Importados de Power View Subestación 2 THDV	60
Tabla 21. Datos Importados de Power View Subestación 2 THDI	61
Tabla 22. Punto de Medición Subestación 3	63
Tabla 23. Eventos Subestación 3	64
Tabla 24. Valores de Voltaje Subestación 3	64
Tabla 25. Datos Importados de Power View Subestación 3 Voltaje	65
Tabla 26. Datos Importados de Power View Subestación 3 Corriente	67
Tabla 27. Datos Importados de Power View Subestación 3 KVAT	69
Tabla 28. Datos Importados de Power View Subestación 3 KVART	71
Tabla 29. Datos Importados de Power View Subestación 3 FP	72
Tabla 30. Datos Importados de Power View Subestación 3 THDV	74
Tabla 31. Datos Importados de Power View Subestación 3 THDI	76

LISTA DE GRAFICAS

	pág
Gráfica 1. Voltaje RMS Subestación 1	36
Gráfica 2. Corriente RMS Subestación 1	37
Gráfica 3. Frecuencia Subestación 1	38
Gráfica 4. Potencia Aparente Subestación 1	39
Gráfica 5. Potencia Reactiva Subestación 1	40
Gráfica 6. Factor de Potencia Subestación 1	42
Gráfica 7. THD V y Formas de Onda Subestación 1	43
Gráfica 8. THD I y Formas de Onda Subestación 1	45
Gráfica 9. Perfil de Desbalance de Voltaje Subestación 1	46
Gráfica 10. Perfil de Desbalance de Corriente Subestación 1	47
Gráfica 11. Voltaje RMS Subestación 2	51
Gráfica 12. Corriente RMS Subestación 2	52
Gráfica 13. Frecuencia Subestación 2	53
Gráfica 14. Potencia Aparente Subestación 2	54
Gráfica 15. Potencia Reactiva Subestación 2	56
Gráfica 16. Factor de Potencia Total Subestación 2	57
Gráfica 17. THD V y Formas de Onda Subestación 2	59
Gráfica 18. THD I y Formas de Onda Subestación 2	61

	Pág
Gráfica 19. Perfil de Desbalance de Corriente Ssubestación 2	62
Gráfica 20. Voltaje RMS Subestación 3	65
Gráfica 21. Corriente RMS Subestación 3	66
Gráfica 22. Frecuencia Subestación 3	68
Gráfica 23. Potencia Aparente Subestación 3	69
Gráfica 24. Potencia Reactiva Subestación 3	70
Gráfica 25. Factor de Potencia Total Subestación 3	72
Gráfica 26. THD V y Formas de Onda Subestación 3	74
Gráfica 27. THD I y Formas de Onda Subestación 3	75
Gráfica 28. Perfil de Desbalance de Corriente Subestación 3	76

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Categorías y Características de los Fenómenos Electromagnéticos en Sistemas de Potencia	87
Anexo B. Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución (120V hasta 69000V)	88
Anexo C. Formas de Onda en Circuitos Eléctricos	89
Anexo D. Límites de Calidad de Onda Norma Europea IEC-61000-2-4	90
Anexo E. Terminología usada en Calidad de Energía	91
Anexo F. Fuentes Generadoras de Armónicos	93
Anexo G. Niveles de Iluminancia adoptados de la Norma ISO 8995	96
Anexo H. Diagrama unifilar	101
Anexo I. Diagrama unifilar subestacion 1	102
Anexo J. Diagrama unifilar subestacion 2	103

RESUMEN

El uso racional de energía en todos los sectores económicos, entre ellos el sector de las entidades del estado es un problema, (caso Universidad AUTONOMA DE OCCIDENTE) pues dichas entidades carecen de un pensamiento de concientización y una sensibilización respecto al tema, es decir carecemos como nación de una cultura de uso racional de energía, olvidando que la generación y usos de energía tienen también costos sociales y ambientales para nuestro país y que debemos asumir valores y principios que sean base de conductas mas racionales y responsables.

El informe que se presenta a continuación corresponde a un estudio energético de primer grado, basado en calidad de energía efectuada en las tres sub-estaciones de la UAO. Con un equipo Analizador de Redes (CANDURA) instalado monitoreando los parámetros eléctricos relacionados en la metodología así como los eventos de voltaje, corriente y frecuencia que se salen de los límites programados en el equipo, con base en las normas NTC 1340, la resolución 070 de la CREG respectivamente así como la Recomendación IEEE-519-92.

Se hizo un análisis en los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre los consumos específicos de energía por día, mes y año, la información obtenida directamente en la operación se comparo con la de diseño, para obtener las variaciones de eficiencia, con estos estudios se busco los puntos donde se concentra el desperdicio de la Energía y ver posibles propuestas de ahorro.

INTRODUCCION

El Uso Racional y Eficiente de la Energía, entendido como el aprovechamiento óptimo de la energía en todos los eslabones de las diferentes cadenas energéticas, es una práctica que debe realizarse partiendo de la selección de la fuente energética, optimizando su producción, transformación, transporte, distribución y, consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible. De esta manera se constituye en una medida efectiva para propiciar el crecimiento económico, el desarrollo social y por tanto el bienestar nacional, contribuyendo a la sostenibilidad del desarrollo colombiano.

De acuerdo al Plan Energético Nacional: “Por esta razón, el Congreso Nacional mediante la expedición de la Ley 697 de 2001 declaró al Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con la promulgación de esta Ley se sentaron las bases jurídicas necesarias para que el Estado pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio **URE** y promover la utilización de las energías alternativas de manera efectiva en Colombia”¹ .

Consumir los recursos energéticos en forma más eficiente, aumenta la disponibilidad de Fuentes hacia la exportación, de manera que se facilita el objetivo de garantizar el aporte del sector energético a la balanza comercial y a los ingresos a la nación.

Así por ejemplo, programas de **URE** en el sector transporte, como la inclusión de mezclas carburantes de biocombustibles, la promoción de sistemas de transporte público eficientes en grandes ciudades, agilización de corredores de transporte de carga intermunicipales (incluyendo construcción de túneles), Gas Natural

¹ Plan Energético 2003-2020 [en línea]: estrategia energética integral. Bogota: ministerio de minas y energía, 2003. [consultado 20 de oct, 2005]. Disponible en Internet : <http://www.upme.gov.co>

Vehicular, etc., puedan reducir la demanda de gasolina y ACPM, aliviando o retrasando las necesidades de importación de crudo o de dichos derivados.

Según el Plan Energético Nacional: “Al reducir la factura energética mediante programas de URE tanto para los sectores Productivos como para la población en general, se incrementa la competitividad de toda la economía colombiana. Al mismo tiempo, la utilización racional de las fuentes energéticas partiendo desde la escogencia de las fuentes primarias, junto con una economía más competitiva, soportan la consolidación de los esquemas competitivos de los mercados energéticos en Colombia y a la vez reduce o retrasa las necesidades de ampliación de la infraestructura energética en Colombia”².

Para que la cultura **URE** quede definitivamente instaurada en el país, se requiere que el mercado de servicios energéticos comience a funcionar, incluyendo tanto los actores de oferta (empresas de consultoría, Universidades, etc.) como de la demanda (Sectores productivos, sector financiero), creándose así un nuevo segmento de mercado energético en Colombia.

El sector de servicios en el cual se encuentra la **UAO** que comprende los edificios comerciales y públicos, el alumbrado público y los servicios sanitarios, consumieron 9.535 GWh en 1996. Con base a la experiencia internacional, se supone que el 53% se consume en iluminación, lo cual representa alrededor de 5.050 GWh en ese año.

Se puede reducir la potencia eléctrica necesaria para proveer iluminación mediante el uso de lámparas, balastos y luminarias más eficientes. Además, debido a que el consumo energético está relacionado con las horas de encendido, pueden lograrse ahorros adicionales con el mejor aprovechamiento de la luz natural (sobre todo en los edificios nuevos) y elementos de control que permitan apagar las luces cuando los locales estén desocupados y/o disminuir la iluminación artificial cuando exista suficiente luz natural.

Sobre la base de experiencia internacional y en ausencia de información específica nacional, se supone que la potencia de ahorro en los edificios

² *Ibid.*, p. 185.

comerciales y públicos es el 30% del consumo que se alcanza en este nivel de ahorro en el año 2010.

En el caso del alumbrado público, el reemplazo de lámparas de mercurio, mezcladoras e incandescentes por las de sodio alta presión, reduciría desde un 55% (mercurio) hasta un 80% (incandescentes). El potencial de ahorro neto depende del tipo de lámparas actualmente en uso, que incluye las de sodio.

Se supone que un potencial de ahorro del 40%, se alcanza en el año 2010 (de la misma manera que en el caso de los edificios).

Es necesario incorporar dentro de las estrategias de mediano y largo plazo del Sector Energético Nacional, el concepto de **URE**. Sin embargo, su incorporación en la cultura colombiana representa un gran reto por cuanto significa diseñar una política energética en el contexto de un proceso en transición marcado por una nueva realidad económica de globalización y liberación de los mercados (ALCA, APTA).

Por otra parte, la tendencia al retiro de las actividades productivas, por parte del Gobierno, implica que necesariamente la participación del sector privado adquiere mayor relevancia.

Las estrategias y proyectos de Uso Racional de Energía deben diseñarse con objetivos de mejora en la productividad de los procesos, en un contexto de competitividad.

1. ANTECEDENTES

La eficiencia en el uso de la energía, elemento imprescindible para la reducción de los costos de producción de la mayor parte de las empresas, puede ser lograda por dos vías: la vía cara y fácil de implementación de tecnologías productivas de bajo consumo, o la vía barata y difícil de lograr cambios de hábitos en el uso final de la energía, con la tecnología existente.

Parece lógico, en la situación actual de alto nivel de competitividad por precio y calidad del producto a la que están sometidas las empresas, agotar primero todos los potenciales de reducción de costos de energéticos que nos ofrece el primer camino, antes de comenzar a invertir significativamente, sin consolidar un sistema que garantice su óptimo aprovechamiento y la evaluación real de la recuperación del dinero invertido.

Es un hecho que muchos de los problemas asociados con la energía en una empresa no son de índole técnica, sino que se deben al desconocimiento y a la estructura creada para coordinar los esfuerzos y obtener un sistema sostenible de su uso racional.

Esta situación se ha caracterizado a nivel mundial en cuatro etapas, dependiendo de la competencia del sistema de gestión energética que haya logrado la empresa y el nivel de conciencia (conocimiento) sobre su situación. Las etapas son: incompetencia inconsciente, incompetencia consciente, competencia consciente y competencia inconsciente. La experiencia indica que estas etapas son transitadas por las empresas que logran resultados efectivos y sostenibles en la reducción de sus costos energéticos por la vía de su uso eficiente.

El primer paso para abrir el camino hacia el cambio de hábitos sostenibles del uso de la energía y moverse desde la primera hacia la segunda etapa: incompetencia consciente, es lo que denominamos Caracterización Energética. El paso subsiguiente que mueve a la empresa de la incompetencia consciente a la competencia consciente es la implementación de un Sistema de Gestión Energética.

Durante la última década, el energético utilizado en mayor proporción ha sido el petróleo, seguido por el carbón y el gas natural. La producción petrolera tuvo un crecimiento promedio anual de 1.03% entre 1990 y 1999. El gas natural también tuvo un importante crecimiento en la producción y consumo con una tasa acumulativa anual por encima del 2%. La electricidad, por su parte, fue el energético con el mayor índice de crecimiento de la década con una tasa anual mayor al 3%. En cambio, la producción y consumo de carbón mineral disminuyeron fuertemente, mientras el consumo de biomasa fue relativamente estable a lo largo del período.

América Latina, dentro de los países en vías de desarrollo, es de las regiones de menor consumo energético. En petróleo, por ejemplo, América Latina representa el 9% del consumo mundial (6.1 en 74.5 millones de barriles diarios); posee el 5% de las reservas mundiales (48 en 960 billones de barriles); y produce 6.6 millones de barriles diarios. En gas natural, representa el 5,6% del abastecimiento mundial (2324 billones m³) y el 1,2% del consumo mundial (28 en 2255 Mtep²). En la década de 1990, América Latina y el Caribe aumentaron su participación en la producción y consumo de energía mundial, pasando del 6.9% de la producción mundial en 1990 al 8.9% en 1999, en tanto que la participación de la Región en el consumo mundial pasó del 5.5% en 1990 al 6.6% en 1999. Este crecimiento se dio en todas las fuentes excepto en la biomasa que se mantuvo en los mismos niveles de consumo.

2. MARCO TEORICO

Gestión Total Eficiente de la Energía es una tecnología que integra herramientas y procedimientos técnico-administrativas, bajo los principios de Gestión Total de la Calidad, para identificar y utilizar todas las oportunidades de ahorro y conservación de energía y el medio ambiente, al igual que la reducción de los gastos energéticos de la empresa.

Lograr la eficiencia energética no solo es alcanzar ahorros y reducción de costos, sino también que dentro la empresa exista toda una cultura, apoyada por un sistema administrativo que actué en esta dirección en conjunto o bajo la dirección de la administración general de la institución. En esta cultura de eficiencia energética se busca motivar la identificación continua de oportunidades de ahorro con la participación de toda la comunidad involucrada, tanto los clientes internos como externos (directivos, empleados y estudiantes), incluyendo proveedores y visitantes.

Otro aspecto a considerar es el control y seguimiento de los costos de funcionamiento o de consumo de los servicios energéticos, factores que inciden en el valor final del producto (matricula).

En la gestión energética, más que medir y evaluar los consumos de energía, se identifican los principales componentes que afectan el valor de la factura de energía, para concentrar los esfuerzos y recursos y lograr impactos significativos en la eficiencia energética. Es así como en la gestión energética se apunta a tres direcciones fundamentales:

- El uso racional de energía, detectando consumos excesivos, innecesarios o despilfarros ocasionados por fugas.
- La medición, entendiendo que para poder mejorar o mantener la eficiencia energética, es fundamental la medición de los consumos de energía. Lo que no se mide no se puede mejorar.
- Uso de Alternativas Energéticas, evaluar la aplicación de otras fuentes de energía, como alternativa de ahorro. En tal sentido se aplica la posibilidad

de reutilizar las energías residuales o energías de procesos térmicos.

Para facilitar la realización de un estudio energético se ha concebido una clasificación por grados que a continuación se relacionan

Diagnóstico de primer grado Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como el análisis de la información estadística de consumos y gastos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar estos diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o purgas (salideros); así mismo, se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y de la corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudio no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

Diagnóstico de segundo grado Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como los motores eléctricos y los equipos que estos accionan, como los de compresión y bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares, entre otros. Este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y los consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en la operación se compara con la de diseño, para obtener las variaciones de eficiencia.

El primer paso es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación con las del diseño, para así jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudio. Los balances de materia y energía, los planos unifilares actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales, y así determinar la eficiencia

con la que es utilizada la energía. Finalmente, se deben evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que éstas se deben pagar con los ahorros que se alcancen y que en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

Diagnóstico de tercer grado Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipos especializados de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería. En estos diagnósticos es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además, facilitan la evaluación de los efectos de cambios de condiciones de operación y de modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos y procesos, e incluso de las tecnologías utilizadas. Debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa en cuanto al período de recuperación de la inversión.

Aspectos a diagnosticar

Operativos: inventario de equipos consumidores de energía, de equipos generadores de energía, detección y evaluación de fugas y desperdicios, análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento, inventario de instrumentación y posibilidades de sustitución de equipos.

Económicos: precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos, costos energéticos y su impacto en los costos totales, estimación económica de desperdicios, consumos específicos de energía, elasticidad producto del consumo de energía, evaluación económica de las medidas de ahorro, relación beneficio-costos de las medidas para eliminar desperdicios y precio de la energía eléctrica comprada (\$/kWh).

Lo anterior hace necesario implementar un programa de gestión eficiente de energía en la **UAO**, estratificado desde tres aspectos: diagnóstico primer nivel, el segundo nivel, tercer nivel, en el caso de este proyecto se abordó la primera parte en la cual se hace referencia a la importancia del diagnóstico como paso previo al programa de ahorro, y los tipos de diagnósticos, según sus objetivos y profundidad.

El diagnóstico energético se conceptualiza como la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, con el objetivo de establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada ésta, además de especificar cuánta es desperdiciada.

Estas direcciones concuerdan con la ley 697, conocida como ley **URE** (Uso Racional de la Energía) y donde se define: “se entiende por uso eficiente de la energía, la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables”. El Grupo de Investigación en Energías (**GIEN**) conoce de la aplicación de este tipo de programas en universidades como la del Atlántico y en la de Sao Paulo realizadas por los grupos de investigación Sistema de gestión energética Universidad del Atlántico (grupo KAI) y GEPEA, respectivamente, grupos con los que el Grupo de Investigación en Energías (**GIEN**) mantiene una estrecha relación.

El Uso Racional y Eficiente de la Energía, entendido como el aprovechamiento óptimo de la energía en todos los eslabones de las diferentes cadenas energéticas, es una estrategia transversal a todos los objetivos del Programa Energético Nacional (PEN).

Balcells expresa lo siguiente: “Los receptores, tanto domésticos como industriales incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, onduladores, etc.). Éstos toman Energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consumen resulta

alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red. Las figuras 1 y 2, en el **ANEXO C. Formas de Onda en Circuitos Eléctricos**, muestran el consumo típico de una red con rectificadores monofásicos y otra con rectificadores trifásicos.”³

Este tipo de consumos son los más abundantes en las redes y en ellos, tanto la corriente como la tensión están formadas por una componente de 50 ó 60Hz (frecuencia fundamental de la red) y una serie de componentes de frecuencias Múltiplos en distintos porcentajes. Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, **THD**, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente Fundamental. En los registros puede observarse que la tensión tiende a ser senoidal, con **THD** bajos, mientras que la corriente tiene formas más distintas de la senoidal y por tanto tiene **THD** más altos. El origen del problema de armónicos son los receptores que consumen corrientes distorsionadas (no senoidales).

A pesar de que la tensión en origen suele ser senoidal, las caídas de tensión provocadas por dichas corrientes no senoidales hacen que en los puntos de consumo tenga una tensión distorsionada y por tanto los usuarios conectados a la red distorsionada sufren los efectos de los usuarios que generan la distorsión de corriente. **Ver ANEXO F.**

La presencia de armónicos en la red tiene varias consecuencias. Las más importantes son las siguientes:

- Deterioro de la calidad de la onda de tensión, afectando a algunos receptores sensibles.
- Empeoramiento de factor de potencia. La capacidad de la red para suministrar potencia se ve limitada por ello.

³ El coste de los armónicos [en línea]. Barcelona: Nova Àgora, 2003. [consultado 30 de oct, 2005]. Disponible en Internet : <http://www.plastunivers.com/>

- Sobrecarga de cables y sobre todo de transformadores (aumento muy significativo de las pérdidas en el hierro). Para garantizar un suministro con unos límites de calidad de onda y con unas pérdidas aceptables, la distorsión de tensión debe limitarse a ciertos valores dados por normas internacionales (**IEC-EN** en Europa y **IEEE** en Estados Unidos).

Concretamente para el entorno industrial la norma europea que regula la calidad de onda de tensión en lo que a armónicos se refiere es la **IEC-61000-2-4** Niveles de compatibilidad en plantas industriales para perturbaciones conducidas de baja frecuencia.

En el **ANEXO D** se indican los límites de calidad de onda o límites de compatibilidad establecidos por dicha norma para el entorno industrial en BT. Las distintas clases mencionadas en dicha tabla corresponden a:

Clase 1: entorno Industrial previsto para alimentación de equipos electrónicos sensibles.

Clase 2: entorno industrial normal. Límites habituales para redes públicas.

Clase 3: entorno industrial degradado (generalmente por la presencia de convertidores). No apto para alimentación de equipos sensibles.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al Plan Energético Nacional: “La práctica de **URE** debe realizarse partiendo de la selección de la fuente energética, optimizando su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo e incluyendo su reutilización cuando sea posible. De esta manera se constituye en una medida efectiva para propiciar el crecimiento económico, el desarrollo social y por tanto el bienestar nacional, contribuyendo a la sostenibilidad del desarrollo colombiano.”⁴

Por esta razón, el Congreso Nacional mediante la expedición de la **Ley 697 de 2001** declaró al Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con la promulgación de esta Ley se sentaron las bases jurídicas necesarias para que el Estado pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio **URE** y promover la utilización de las energías alternativas de manera efectiva en Colombia.

Consumir los recursos energéticos en forma más eficiente, aumenta la disponibilidad de fuentes hacia la exportación, de manera que se facilita el objetivo de garantizar el aporte del sector energético a la balanza comercial y a los ingresos a la nación. Así por ejemplo, programas de **URE** en el sector transporte, como la inclusión de mezclas carburantes de biocombustibles, la promoción de sistemas de transporte público eficientes en grandes ciudades, agilización de corredores de transporte de carga intermunicipales (incluyendo construcción de túneles), GNV, etc., puedan reducir la demanda de gasolina y ACPM, aliviando o retrasando las necesidades de importación de crudo o de dichos derivados.

Al reducir la factura energética mediante programas de **URE** tanto para los sectores productivos como para la población en general, se incrementa la competitividad de toda la economía colombiana. Al mismo tiempo, la utilización racional de las fuentes energéticas partiendo desde la escogencia de las fuentes primarias, junto con una economía más competitiva, soportan la consolidación de los esquemas competitivos de los mercados energéticos en Colombia y a la vez reduce o retrasa las necesidades de ampliación de la infraestructura energética en Colombia. Para que la cultura **URE** quede definitivamente instaurada en el país,

⁴ Plan Energético 2003-2020, Op. cit., Disponible en Internet : [http:// www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)

se requiere que el mercado de servicios energéticos comience a funcionar, incluyendo tanto los actores de oferta (ESCOS, empresas de consultoría, Universidades, etc.) como de la demanda (Sectores productivos, sector financiero), creándose así un nuevo segmento de mercado energético en Colombia.

Otro punto a diagnosticar concierne a la calidad de energía puesto que la proliferación de equipos que incorporan “convertidores electrónicos de potencia”, ha dado lugar a un tipo de consumo en las redes, donde las ondas se apartan notablemente de la forma senoidal. Decimos entonces que la corriente contiene armónicos y surgen una serie de interrogantes tales como: ¿Cómo afecta la presencia de armónicos al funcionamiento de una instalación?, ¿provocan consumo de potencia?, ¿se deterioran los equipos por el hecho de existir armónicos?, ¿tiene algún coste el hecho de que haya armónicos?, ¿quién es el causas de que existan dichos armónicos?, etc.

Al observar y analizar la forma del uso y consumo de energía en una Institución Universitaria, como la Universidad Autónoma de Occidente, en casos tales como la iluminación de salones desocupados en el día y/o en la noche, computadores y demás equipos de oficina encendidos cuando no se están usando y auditorios y espacios con aire acondicionado cuya temperatura de confort es inadecuada (muy frío o muy caliente). Se aprecia por tanto la existencia de muchos elementos que pueden incrementar el consumo de energía innecesariamente.

En tal sentido el problema planteado consiste en realizar diagnóstico a nivel de subestaciones que permitirá ubicar de manera precisas los sitios mas críticos a la hora de evaluar consumos en la Universidad Autónoma de Occidente (UAO). Se tiene como objetivo identificar medidas aplicables de reducción de consumos y costos de energía, en las áreas y equipos claves.

En los equipos se verifican: estado técnico, sistemas de control del consumo, posibilidad de sustitución por mas eficientes, cumplimiento de normas de demanda, ajuste de parámetros de operación, mantenimiento.

En las áreas el diagnóstico va dirigido al control del uso de los equipos instalados y la posibilidad de realizar acomodos de la demanda para reducir su consumo y costos.

Se realizará un informe del diagnóstico energético a las áreas y equipos claves de cada sede y de las medidas aplicables y la cuantificación de reducción de consumos esperados.

El diagnóstico energético también se realiza a los paneles de distribución de energía eléctrica dentro de las sedes y a los transformadores que alimentan de energía las mismas. Esta situación no solo presenta oportunidades de ahorro de energía, sino también la de crear una cultura en torno a ello, a partir del conocimiento de la cantidad de energía desperdiciada y el valor que esto representa en pesos al año y la conformación de un comité de energía.

4. JUSTIFICACIÓN

Este estudio permitirá diagnosticar, evaluar y determinar el estado actual de los consumos de energía en el campus, lo que permite establecer claramente la distribución de esta en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales, y así determinar la eficiencia con la que será utilizada para dar a conocer los hábitos de uso de la misma en el campus y observar los posibles focos de ahorro, así como plantear alternativas para el uso racional y eficiente de la energía.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico energético de la **Universidad Autónoma de Occidente (UAO)**, el cual se realizara a nivel de subestación eléctrica con énfasis en áreas y equipos intensivos en su uso, como los transformadores, motores eléctricos (aire acondicionado) y alumbrado que integran el área de servicios auxiliares, entre otros.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una auditoria energética a nivel de subestación eléctrica con énfasis en áreas y equipos intensivos en su uso para diagnosticar, evaluar y determinar el estado actual de los consumos de energía.
- Realizar Censo de carga a nivel de subestación eléctrica de cada sede para la Identificación de áreas claves para la reducción de consumos y costos.
- Conocer los niveles de eficiencia, de pérdidas, los lugares donde se producen estas últimas y los potenciales de su reducción sin implementar nuevas tecnologías.
- Detectar las desviaciones entre las condiciones de operación con las del diseño.

6. METODOLIGIA UTILIZADA EN EL DIAGNOSTICO

6.1 PROCEDIMIENTO

El proyecto busca reflexionar de forma crítica sobre los consumos actuales de la universidad, estudiados desde un punto de vista energético global, con base en que el Uso Racional de la Energía es uno de los pilares fundamentales del desarrollo y adecuadas prácticas energéticas.

Se realiza un diagnóstico que permitió determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía a través de diversas actividades como: medir los distintos flujos eléctricos; registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos; efectuar balances de energía; calcular los índices energéticos o de productividad, los energéticos reales, y actualizar los de diseño; determinar los potenciales de ahorro y darle seguimiento al programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación de ahorro de energía.

Se realizo un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre los consumos específicos de energía.

La información obtenida directamente en la operación se comparo con la de diseño, para obtener las variaciones de eficiencia.

Se hizo un detallado análisis bibliográfico (artículos, investigaciones, libros), sobre Uso Racional de Energía.

De igual manera se considero la Valoración Energética, Diagnóstico Energético y Auditoria Energética como temas relacionados.

Para analizar el comportamiento del gasto, se analizaron consumos mensuales de energía eléctrica del último año.

Se estimo la energía eléctrica invertida en el consumo diario del campus, buscando los puntos donde se concentra el desperdicio de la Energía y ver ahí

mismo los futuros ahorros. Para lo cual se realizo el siguiente trabajo de campo que consistió en los puntos que relacionaremos mas adelante:

- Descripción del sistema eléctrico en el CAMPUS.
- Realización de estudio de calidad de energía a nivel de sub estaciones.
- Corroborar el estudio de calidad con el análisis de consumo mensual de energía eléctrica del último año.
- Elaboración de conclusiones de acuerdo al estudio realizado.

Finalmente con base en las conclusiones se elaboraron las recomendaciones de uso racional de la energía, entre las cuales no puede faltar la culturización de toda la comunidad Universitaria.

6.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DEL CAMPUS

El sistema eléctrico del campus es alimentado desde el circuito de cañas gordas a una tensión de alimentación de 13.2KV. Se encuentra dividido en tres circuitos conformados de la siguiente forma:

SUBESTACIÓN #1: se compone de un transformador de potencia de 1000 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 33KA.

De este circuito se conectan:

- Un banco de capacitores de 300 KVAR.
- Blindo barra que alimenta: edificio central, sótano y laboratorios
- Alumbrado subestación dos.

Ver **ANEXO H** Diagrama Unifilar

Ver **ANEXO I** Diagrama Unifilar Subestación 1

SUBESTACIÓN # 2: se compone de un transformador de potencia de 500 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 22KA .

De este circuito se conectan:

- Un banco de capacitores de 120 KVAR
- Aulas 1, 2,3 y 4, bienestar universitario, plantas de tratamientos de aguas potable y efluentes
- Alumbrado subestación dos

Ver **ANEXO H** Diagrama Unifilar

Ver **ANEXO J** Diagrama Unifilar Subestación 2

SUBESTACIÓN # 3: se compone de un transformador de potencia de 800 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 30KA.

De este circuito se conectan:

- Un banco de capacitores de 100 KVAR.
- Unidades de enfriadoras (chillers).

Ver **ANEXO H** Diagrama Unifilar

Ver **ANEXO I** Diagrama Unifilar Subestación 2

Nota: la tensión para alumbrado es de 277 Voltios que es tomado de una fase de 480 Voltios a la salida del transformador y para los tomas de 100 Voltios se tienen transformadores tipo secos con relación de 480/208/120 Voltios aguas a bajo de la sub estaciones principales.

6.3 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÍA

Se realizó un análisis de los consumos de energía eléctrica en el Campus, de acuerdo a información suministrada por la universidad desde marzo del 2005 hasta marzo del 2006.

Esta información comprende datos relacionados por hora, día y mes, los valores están expresados en potencia activa y reactiva lo cual limita la elaboración de un análisis más detallado. Se toma como intervalo de lectura el tiempo de cinco (05) minutos y lograr mayor cantidad de datos para apreciar que eventos se presentan con mayor frecuencia; **la Norma IEEE 519** establece un tiempo de quince (15) minutos.

No suministraron valores comerciales de compra de energía, se sabe que la **UAO** por su consumo se considera un cliente no regulado. Sus tarifas no están reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas **-CREG-** sino que son acordadas mediante un proceso de negociación entre el consumidor y el comercializador. La **CREG** por medio de resoluciones establece los límites mínimos de consumo necesarios para acceder a esta condición

Según información del Mercado de Energía Mayorista Colombiano: “Dichos límites al inicio del mercado se ubicaban en 2 MW, pasaron a 1 MW en 1997, a partir de 1998 se introdujeron los límites en energía además de los de potencia, este año los límites se ubicaron en 0.5 MW en potencia y 270 MWh-mes en energía. Actualmente, para ser considerado Usuario No Regulado se requiere tener una demanda promedio mensual de potencia durante seis meses, mayor a 0.1 MW, o en energía de 55 MWh-mes en promedio durante los últimos 6 meses.”⁵

La demanda que estos Usuarios representan se ha venido incrementando paulatinamente en el tiempo, llegando a representar en la actualidad alrededor del 25% de la demanda total del sistema.

⁵ Mercado de energía mayorista colombiano [en línea]. Bogotá: Asociación colombiana de generadores de energía eléctrica, 1989. [consultado 30 de oct, 2005]. Disponible en Internet: [http:// www.alcogen.org.co](http://www.alcogen.org.co)

En conclusión, empresas con consumo pico alto pueden ser usuarios no regulados al superar el límite de la potencia, o también si poseen un consumo constante de energía aunque su demanda de potencia no sea tan elevada.

A continuación se anexa tabla que contiene el resumen de consumos de potencia activa y reactiva de la **UAO**.

Tabla 1. Análisis de Consumo

TABLA ANALISI DE CONSUMO		
PROMEDIO DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	9749,4	KWh/dia
PROMEDIO DIA DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	2842	KVARh/dia
PROMEDIO MENSUAL DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	299910	KWh/mes
PROMEDIO MENSUAL DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	87900	KVARh/mes
MES DE MAXIMO CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	342290	KWh/mes (ABRIL 2005)
MES DE MAXIMO CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	109763	KVARh/mes (ABRIL DE 2005)
MES DE MINIMO CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	215232	KWh/mes (DIC 2005)
MES DE MINIMO CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	48121	KVARh/mes (DIC 2005)
DEMANDA MAXIMA DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	14985	KWh/dia
DEMANDA MINIMA DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	2504	KWh/dia

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

6.4 ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA

Introducción. El informe que se presenta a continuación corresponde a la medición de calidad de energía efectuada en el Totalizador Principal del sistema eléctrico de las subestaciones eléctricas de la Universidad Autónoma de Occidente.

El equipo Analizador de Redes instalado monitorea los parámetros eléctricos relacionados en la metodología así como los eventos de voltaje, corriente y frecuencia que se salen de los límites programados en el equipo, con base en las **normas NTC 1340, la resolución 070 de la CREG** respectivamente así como la recomendación **IEEE-519-92**.

El estudio se realizó del 05 de febrero al 16 de Marzo del 2006 y se distribuye en 3 secciones:

La Sección 1 presenta la Metodología utilizada para la ejecución del monitoreo en

lo que corresponde a calidad de energía, relacionando los parámetros eléctricos medidos, Especificaciones Técnicas de los equipos utilizados y el cuadro de Puntos de Medición; se indica los puntos monitoreados, tipo de conexión utilizada en cada punto, fechas de instalación y retiro, tiempo de instalación del equipo y los intervalos de lectura (según **la norma NTC 1340** el tiempo estándar del intervalo debe ser de 15 min). La Sección 2 presenta el sumario o resumen de los resultados del estudio de calidad de energía así como los comentarios de los principales parámetros eléctricos complementados con gráficas de los mismos; cuadro de los eventos presentados y las formas de onda de los principales.

Parámetros Eléctricos

Voltaje RMS (Min / Avg / Max)

Corriente RMS (Min / Avg / Max)

Frecuencia (Min / Avg / Max)

Potencia Aparente KVA Total

Potencia Activa KW Total.

Potencia Reactiva KVAR Total.

Factor de Potencia PF Total.

Distorsión Total Armónica Voltaje **THD V** (Min / Avg / Max)

Distorsión Total Armónica Corriente **THD I** (Min / Avg / Max).

Espectro de Armónicos de Voltaje (Hasta 64avo) y Forma de Onda por fase

Espectro de Armónicos de Corriente (Hasta 64avo) y Forma de Onda por fase.

6.4.1 Análisis Subestación 1

Tabla 2. Punto de Medición Subestación 1

Punto	Nombre de la Carga y Punto de Instalación Equipo	Tipo Conexión Power Pro	Duración	Intervalo Lectura
1	Sub Estación 1 Salida del transformador principal	3F-4H Directa 3 Pinzas Amperímetro 3000/5A Tipo Flex 1 Pinza Amperímetro 1000/5 Tipo CLAMP Conectores de Voltaje en Bornes Totalizador	168 Horas	5 min


















Resultados Medición en totalizador principal Subestación # 1

Voltaje RMS

Se registraron (17) eventos que de acuerdo con el Anexo A. “Categorías y Características de Fenómenos Electromagnéticos de Sistemas de Potencia”, están clasificados como una variación de corta duración, Instantánea, tipo **SAG** (Duración: 0.5 - 30 Ciclos, Magnitud: 0.1 – 0.9 p.u.) las cuales tuvieron duración entre 0.5 y 11 Ciclos y magnitud entre 197.4 – 251.3 V (0.7-0.9 p.u.).

Todos estos eventos se registraron así: en la Fase 1: un (1) evento, en la Fase 2: cuatro (4) eventos y en la fase 3: cinco (5) evento.

Tabla 3. Eventos Subestación 1

Number	Start Time	Stop Time	Duration	Type	Magnitude	Limits	Snapshot
1	07/02/2006 09:23:54	07/02/2006 09:23:54	11 cycles	Voltage 3 sag	228.2V	252.0 / 308.0 V	
2	07/02/2006 16:41:20	07/02/2006 16:41:20	7 cycles	Voltage 2 sag	247.6V	252.0 / 308.0 V	
3	08/02/2006 05:37:51	08/02/2006 05:37:56	352 cycles	Under Frequency	59.73Hz	59.80 / 60.20 Hz	
4	08/02/2006 05:33:00	08/02/2006 05:38:09	544 cycles	Under Frequency	59.69Hz	59.80 / 60.20 Hz	
5	10/02/2006 20:47:27	10/02/2006 20:47:28	96 cycles	Over Frequency	30.20Hz	59.80 / 60.20 Hz	
6	11/02/2006 02:53:31	11/02/2006 02:53:31	5 cycles	Voltage 3 sag	197.4V	252.0 / 308.0 V	
7	11/02/2006 10:13:30	11/02/2006 10:18:30	1 cycles	Voltage 2 sag	251.3V	252.0 / 308.0 V	
8	11/02/2006 10:13:09	11/02/2006 10:19:09	3.5 cycles	Voltage 1 sag	251.1V	252.0 / 308.0 V	
9	11/02/2006 10:13:09	11/02/2006 10:19:09	6.5 cycles	Voltage 3 sag	245.6V	252.0 / 308.0 V	
10	13/02/2006 04:41:25	13/02/2006 04:41:25	2.5 cycles	Voltage 3 sag	248.9V	252.0 / 308.0 V	
11	13/02/2006 07:55:25	13/02/2006 07:55:30	272 cycles	Voltage 1 under	0.0V	252.0 / 308.0 V	
12	13/02/2006 07:55:25	13/02/2006 07:55:30	272 cycles	Voltage 2 under	0.0V	252.0 / 308.0 V	
13	13/02/2006 07:55:25	13/02/2006 07:55:30	267 cycles	Voltage 3 under	0.0V	252.0 / 308.0 V	
14	13/02/2006 10:15:01	13/02/2006 10:15:01	1 cycles	Voltage 2 sag	248.2V	252.0 / 308.0 V	
15	13/02/2006 10:15:06	13/02/2006 10:15:06	0.5 cycles	Voltage 2 sag	248.9V	252.0 / 308.0 V	
16	13/02/2006 10:15:51	13/02/2006 10:16:51	0.5 cycles	Voltage 3 sag	246.5V	252.0 / 308.0 V	
17	13/02/2006 15:05:10	13/02/2006 15:05:14	288 cycles	Under Frequency	59.73Hz	59.80 / 60.20 Hz	

La variación de voltaje que recomienda la norma es de +5% y -10%, se tomo como valor promedio 276.5 Voltios Fase - Neutro, voltaje promedio leído por el analizador. Con base en el sumario del monitoreo, se presentaron las siguientes variaciones:

Tabla 4. Valores de Voltaje Subestación 1

PUNTO DE MEDICIÓN	V Máximo	V Promedio	V Mínimo
	290.27V Febrero 12 de 2006 04:55 a.m.	276.5V	265.0V Febrero 10 de 2006 4:20:00 p.m.

$$\% \text{desb} = \frac{V \text{ máx.} - (V \text{ avg} - V \text{ Fase A}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase B}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase C})}{V \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 5. Datos Importados de Power View Subestación 1 Voltaje

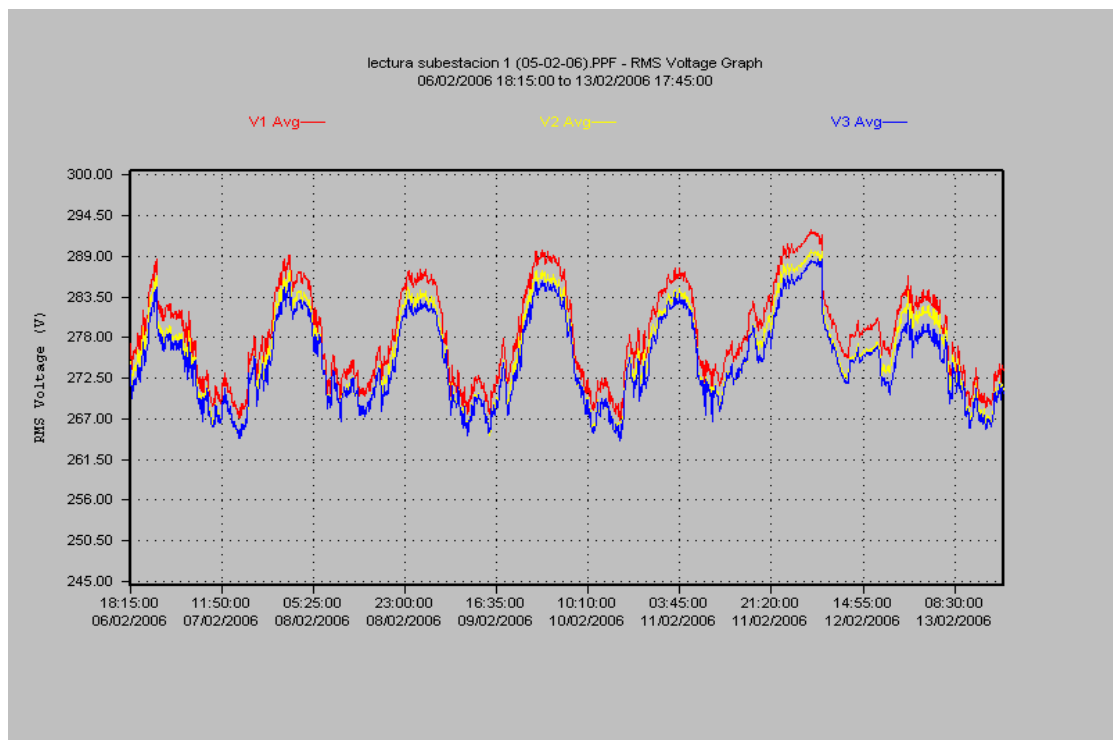
	V1 Avg	V2 Avg	V3 Avg
V max	292,50	289,70	288,60
V prom	278,48	275,99	275,02
V min	266,80	264,10	264,10
V prom-V Fase	1,98	0,50	1,47
Max Diferencia	1,98		
V avg prom	276,50		
% desb=(Max Diferencia/V avg prom)*100			0,72

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

La variación de voltaje esta dentro de los limites establecidos por **la norma NTC1340**.

No se observa desbalance de voltaje permanente salvo registros (eventos) que muestran condiciones instantáneas.

Gráfica 1. Voltaje RMS Subestación 1

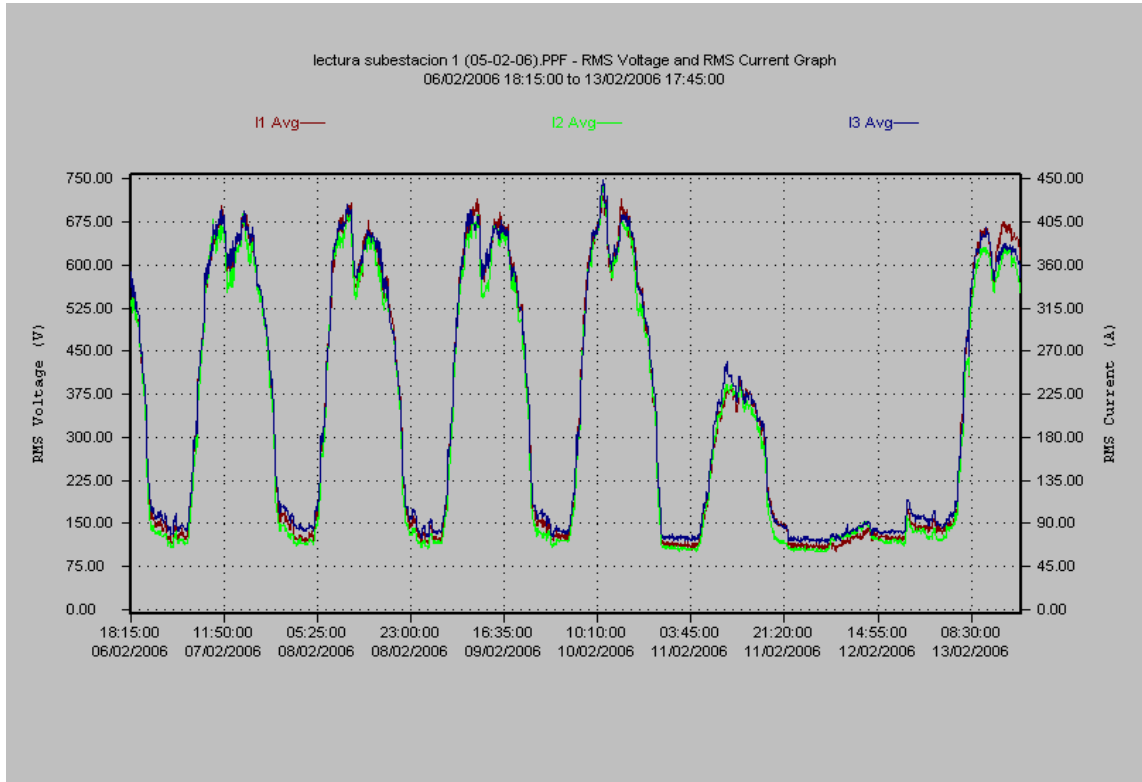


Corriente RMS

Rango de Operación: 63.8 – 439.87 Amperios.
Pico de Corriente (Máximo): 447.8 Amperios.

La Fase 2 se encuentra mas cargada en un porcentaje de 3.24% siendo este el valor mayor, esta dentro de la recomendación de **la norma IEEE 447.87**. La cual expresa que debe ser menor del 10%.

Gráfica 2. Corriente RMS Subestación 1



$$\% \text{ desb} = \frac{I \text{ máx. } ((I \text{ avg} - I \text{ Fase A}), (I \text{ avg} - I \text{ Fase B}), (I \text{ avg} - I \text{ Fase C}))}{I \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 6. Datos Importados de Power View Subestación 1 Corriente

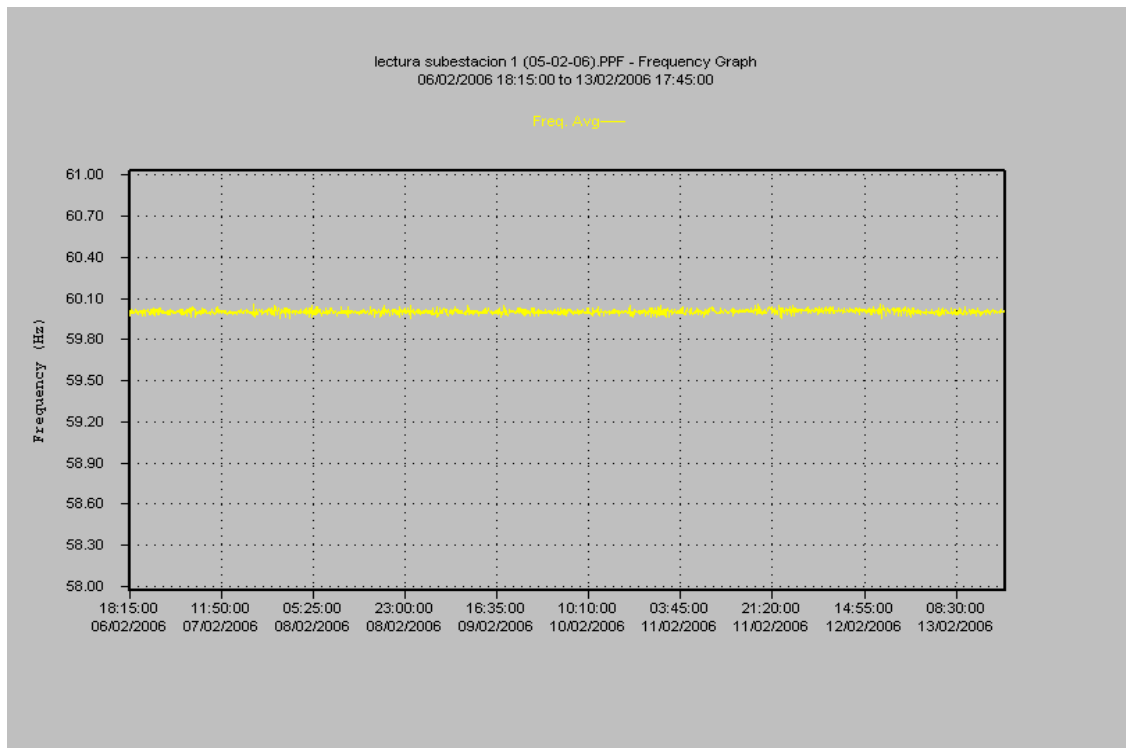
	I1 Avg (A)	I2 Avg (A)	I3 Avg (A)
I max	431,30	440,50	447,80
I prom	208,71	200,61	212,67
I min	61,40	60,40	69,60
I prom-I Fase	1,38	6,72	5,34
Max Diferencia	6,72		
I avg prom	207,33		
% desb=(Max Diferencia/I avg prom)*100			3,24

Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

Frecuencia Hz.

La Resolución 070 de 1998 de la **CREG** permite variaciones en el rango entre 59.8 y 60.2 Hz y con una duración de 256 ciclos (4.2 segundos). Se registra un evento el día 8 de Febrero de 2006 a las 5:38 a.m. que duro 544 ciclos con un valor de 59.75 HZ, este valor es ligeramente menor en magnitud al mínimo permitido por la norma su duración fue de 9 segundos.

Gráfica 3. Frecuencia Subestación 1



Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

Potencia Aparente KVA

El transformador esta operando con un cargabilidad máxima de 351 KVA (35.1 %) y promedio de 169.7 KVA (16.98 %) sobre los 10000 KVA instalados.

Gráfica 4. Potencia Aparente Subestación 1

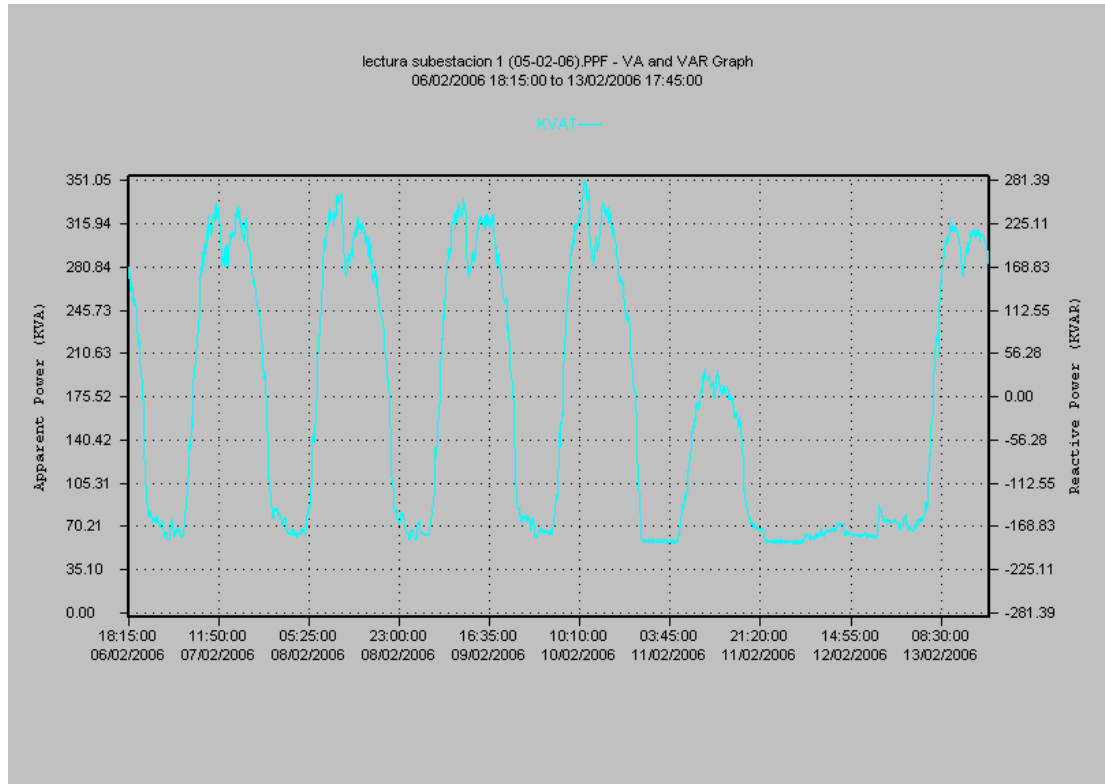


Tabla 7. Datos Importados de Power View Subestación 1 KVAT

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 1 MARZO 2006						
Record	Date	Time	KVAT (KVA)		KVAT (KVA)	
1	06/02/2006	18:15:00	274.3	KVA max	351.00	
2	06/02/2006	18:20:00	275.3	KVA prom	169.75	
3	06/02/2006	18:25:00	280.1	KVA min	55.91	
4	06/02/2006	18:30:00	274.7			CARGABILIDAD
5	06/02/2006	18:35:00	266.7	KVA avg max	351.00	35.10
6	06/02/2006	18:40:00	274.5	KVA avg prom	169.75	16.98
7	06/02/2006	18:45:00	261.4	KVA avg min	55.91	5.59
8	06/02/2006	18:50:00	266.1	POTENCIA KVA	1000	

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

Potencia Reactiva KVAR

El sistema toma un valor máximo de reactivos en el punto de monitoreo (Salida del transformador subestación 1) de 73.05 KVAR y promedio de 56.7 KVAR. Este valor consumido por el sistema es tomado del banco de capacitores que tiene instalado en la actualidad 300 KVAR.

Nota: En la gráfica de factor de potencia se puede observar que este se vuelve capacitivo cuando la carga es mínima, esto se debe que siempre esta operando en el sistema un banco capacitor de 40 KVAR.

Gráfica 5. Potencia Reactiva Subestación 1

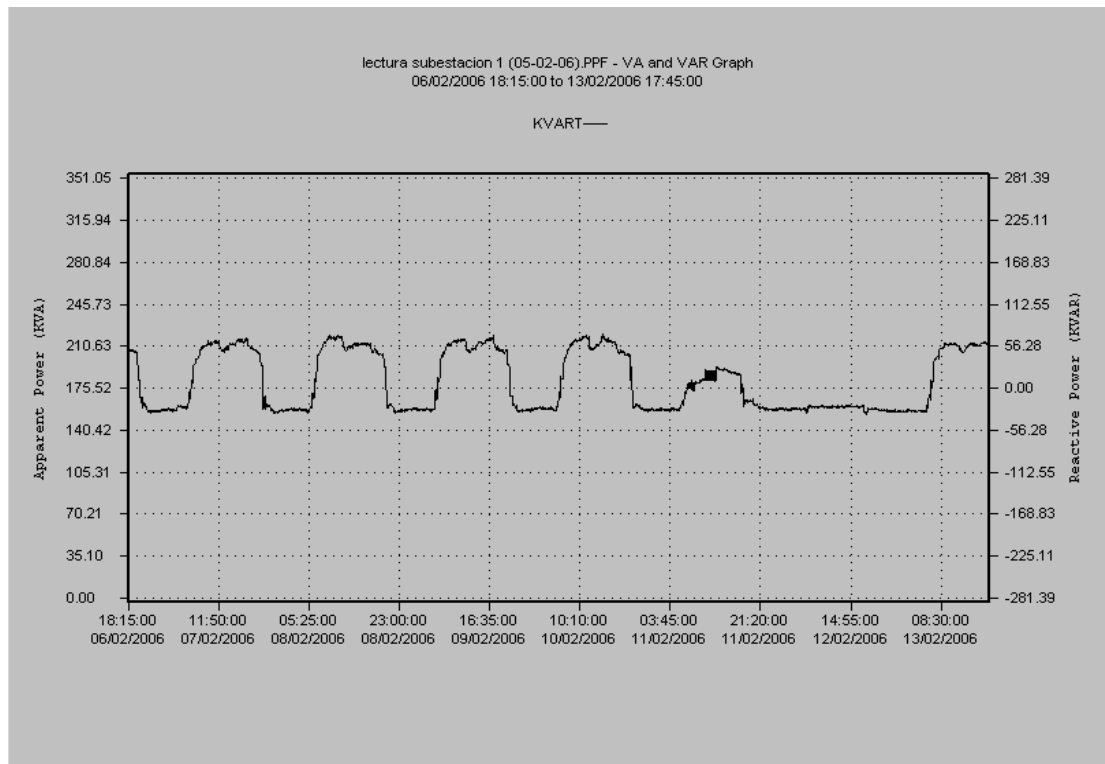


Tabla 8. Datos Importados de Power View Subestación 1 KVAR

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 1 MARZO 2006					
Record	Date	Time	KVART (KVAR)		KVART
1	06/02/2006	18:15:00	51.57	KVAR max	73.05
2	06/02/2006	18:20:00	52	KVAR prom > 40	56.70
3	06/02/2006	18:25:00	53.07	KVAR min	-34.83
4	06/02/2006	18:30:00	52.89		
5	06/02/2006	18:35:00	49.64	KVAR avg max	73.05
6	06/02/2006	18:40:00	51.89	KVAR avg prom	56.70
7	06/02/2006	18:45:00	49.18	KVAR avg min	-34.83
8	38754	0.78472	49.8	POTENCIA KVAR INSTALADA	300

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Factor de Potencia FP**

El FP en el punto monitoreado presenta en tiempo de operación un valor máximo de 0.99 Inductivo con un promedio de 0.98 Inductivo, se registran valores de Factor de potencia capacitivos de 0.81 en horas nocturna comprendidas de 8:55 p.m. a 5:45 a.m. por bajo consumo y por la operación constante de un banco capacitor de 40 KVAR.

Gráfica 6. Factor de Potencia Subestación 1

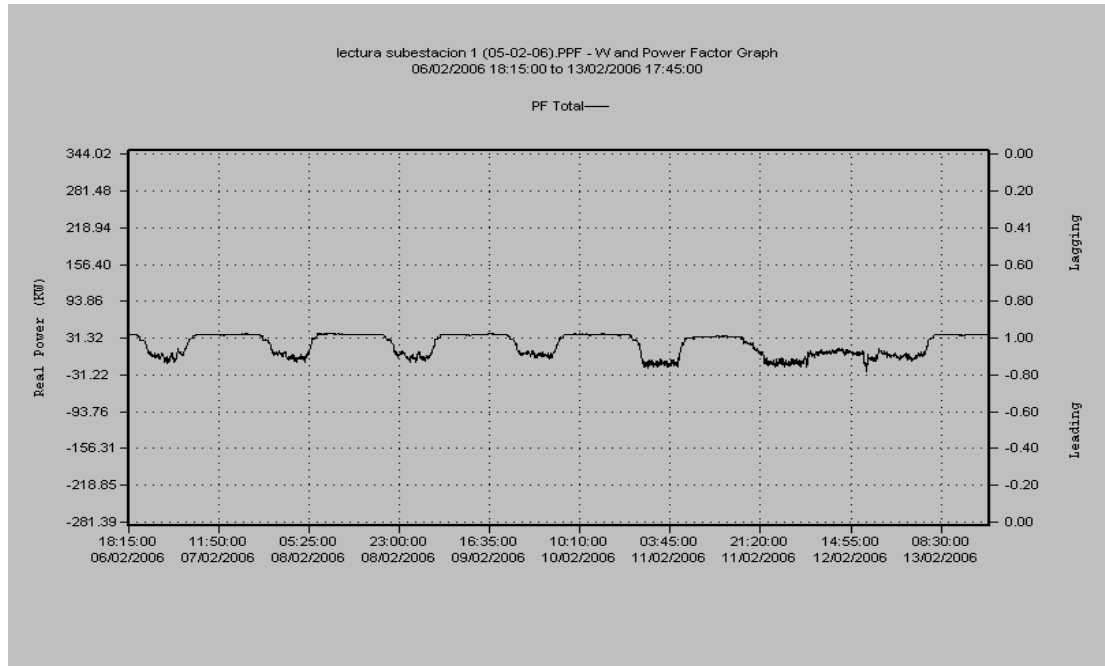


Tabla 9. Datos Importados de Power View Subestación 1 Factor de Potencia

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 1 MARZO 2006						
Record	Date	Time	PF Total		FPT	
1	06/02/2006	18:15:00	0,982	FPTmax	0,999	INDUCTIVO
2	06/02/2006	18:20:00	0,982	FPT prom en tiempo de operacion	0,98	INDUCTIVO
3	06/02/2006	18:25:00	0,982	FPT min	0,818	CAPACITIVO

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Distorsión Total Armónica de Voltaje (THD V)**

La Distorsión Total Armónica de Voltaje presenta un valor promedio de 1.91 % inferior al 3% por fase recomendado por **la norma IEEE-519-92**. Ver **Anexo 3** "Límites de Distorsión de Voltaje", El sentido de circulación de los armónicos es de la carga hacia la red. El Armónico dominante; 5° orden seguido de 7° y 21° orden. Algunos registros presentan armónicos de 3°, 9°, 11°, 13°, 15°, 17°, 19°,

21° y 27° orden pero de muy baja magnitud. La forma de onda presenta nivel bajo de distorsión, no hay presencia de armónicos pares.

Gráfica 7. THD V y Forma de Onda Subestación 1

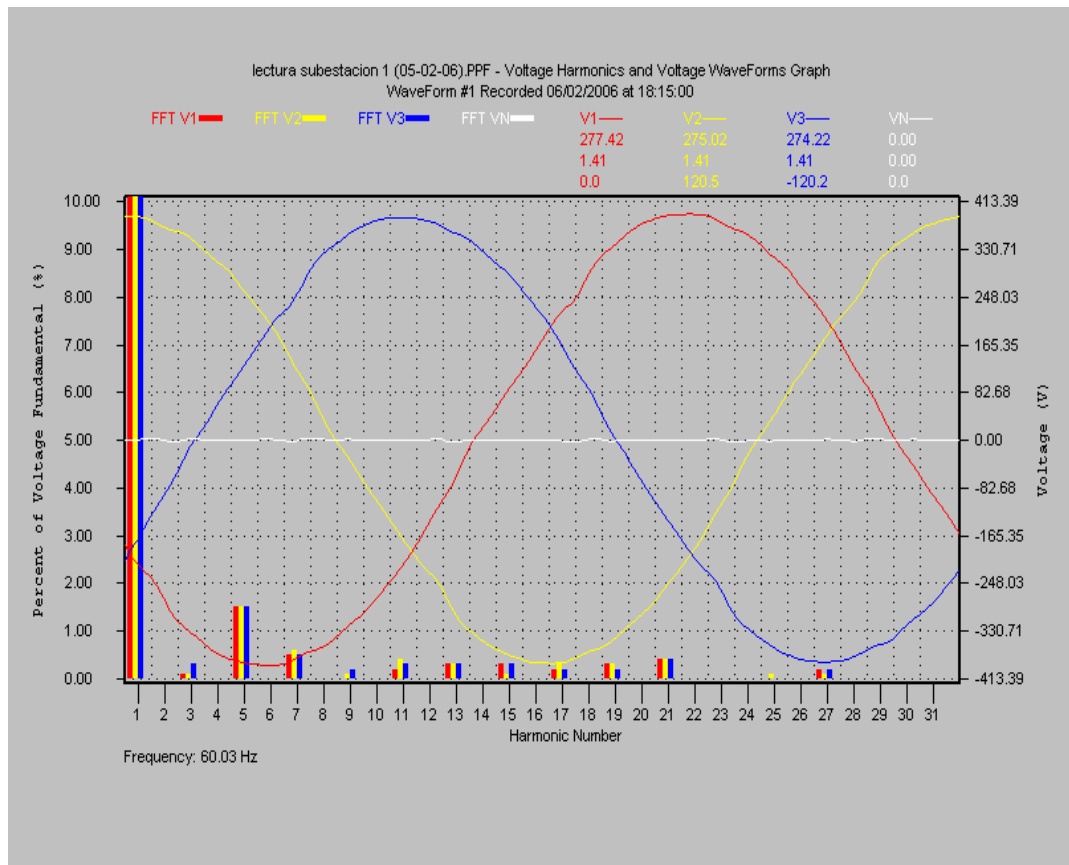


Tabla 10. Datos Importados de Power View Subestación 1 THD V

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 1 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)		THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)
1	06/02/2006	18:15:00	1,8	1,8	1,8	THD V max	3,40	3,60	3,70
2	06/02/2006	18:20:00	2,0	2,0	2,0	THD V prom	1,86	1,90	1,96
3	06/02/2006	18:25:00	2,1	2,1	2,1	THD V min	0,90	1,00	1,00
4	06/02/2006	18:30:00	2,0	2,0	2,1				
5	06/02/2006	18:35:00	1,5	1,5	1,6	THD V avg max	3,57		
6	06/02/2006	18:40:00	1,3	1,2	1,4	THD V avg prom	1,91		
7	06/02/2006	18:45:00	1,3	1,3	1,4	THD V avg min	0,97		

Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Distorsión Total Armónica de Corriente (THD I)**

La recomendación **IEEE 519-92** establece que para este punto de la instalación el nivel máximo de distorsión armónica de corriente permitido, tomando como I_{SC} corriente de corto circuito en este punto de la instalación es de 33 KA (los cálculos aparecen en diagrama unifilar) ver **ANEXO H** y corriente de carga máxima 447.8 A, es del 12 %. Según la formula I_{SC}/I_L si el valor esta entre $50 < 100$ Ver **ANEXO B**. "Limites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución".

EI THD de Corriente promedio es del 17.69 % registrándose valores máximos de distorsión hasta del 31.8 %. Hay presencia permanente de armónicos del 3° al 29° orden durante todo el periodo de monitoreo. Armónicos dominantes: 3° y 5°, orden respectivamente con presencia de 7° al 29° orden respectivamente en menor magnitud, la forma de onda presenta nivel de distorsión alta.

Gráfica 8. THD I y Forma de Onda Subestación 1

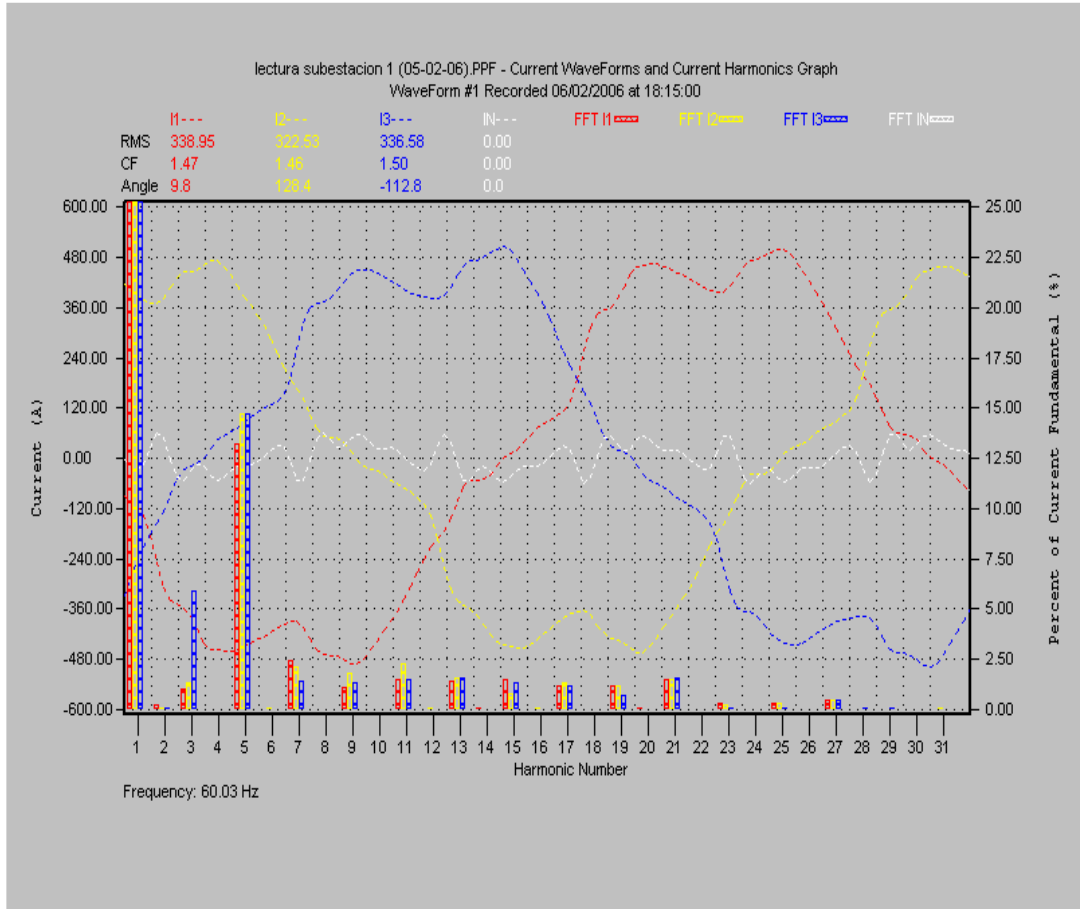
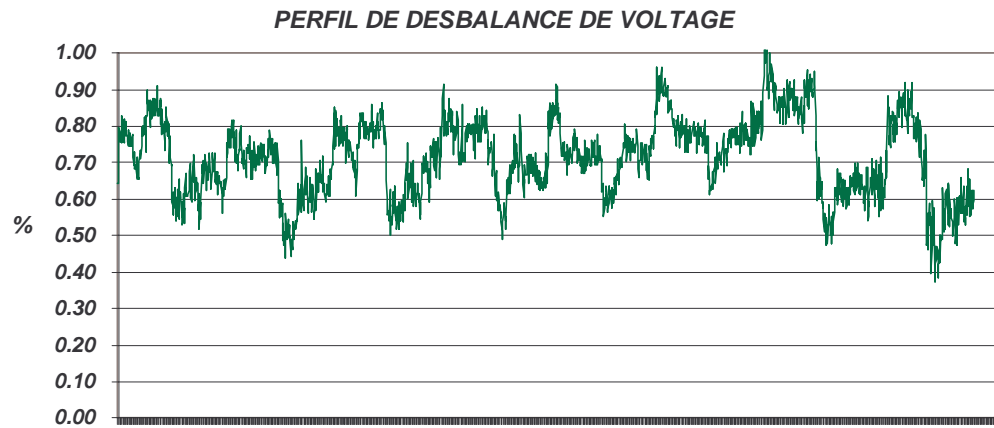


Tabla 11. Datos Importados de Power View Subestación 1 THD I

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 1 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)		THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)
1	06/02/2006	18:15:00	13,8	15,4	16,3	THD I max	31,80	28,50	29,30
2	06/02/2006	18:20:00	13,5	15,8	15,5	THD I prom	17,31	17,79	17,97
3	06/02/2006	18:25:00	13,6	15,4	15,6	THD I min	9,40	9,80	10,10
4	06/02/2006	18:30:00	13,8	15,6	16,2				
5	06/02/2006	18:35:00	13,7	14,1	15,3	THD I avg max	29,87		
6	06/02/2006	18:40:00	13,7	14,6	15,8	THD I avg prom	17,69		
7	06/02/2006	18:45:00	14	14,4	16	THD I avg min	9,77		

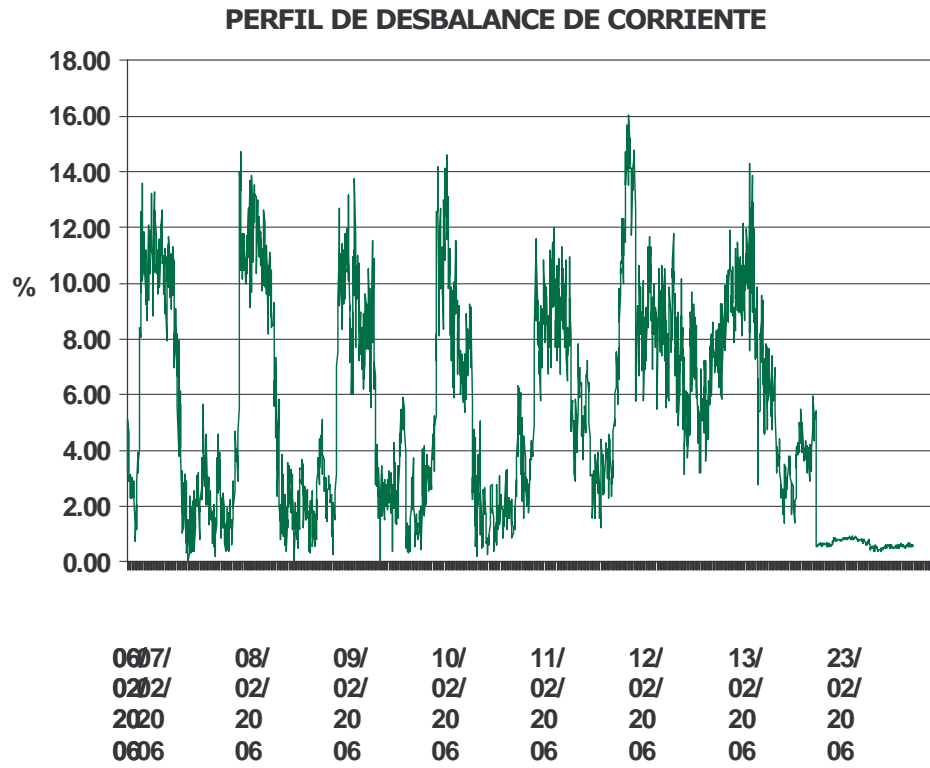
Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

Gráfica 9. Perfil de Desbalance de Voltaje Subestación 1



<i>Lu</i>	<i>Ma</i>	<i>Mi</i>	<i>Ju</i>	<i>Vie</i>	<i>Sá</i>	<i>Do</i>	<i>Lu</i>
n/0	n/0	é/0	e/0	/02	b/0	m/	n/0
2/2	2/2	2/2	2/2	/20	2/2	02/	2/2
00	00	00	00	06	00	20	00
6	6	6	6	6	6	0	6

Gráfica 10. Perfil de Desbalance de Corriente Subestación 1



6.4.2 Análisis Subestación # 2

Tabla 12. Punto de Medición Subestación 2

Punto	Nombre de la Carga y Punto de Instalación Equipo	Tipo Conexión Power Pro	Duración	Intervalo Lectura
1	Sub Estación 2 Salida del transformador principal	3F-4H Directa 3 Pinzas Amperímetro 3000/5A Tipo Flex 1 Pinza Amperímetro 1000/5 Tipo CLAMP Conectores de Voltaje en Bornes Totalizador	192 Horas	5 Minutos














Resultados Medición en totalizador principal subestación #2

➤ Voltaje RMS

Se registraron (15) eventos que de acuerdo con el **ANEXO A**. “Categorías y Características de Fenómenos Electromagnéticos de Sistemas de Potencia”, están clasificados como una variación de corta duración, Instantánea, tipo **SAG** (Duración: 0.5 - 30 Ciclos, Magnitud: 0.1 – 0.9 p.u.) las cuales tuvieron duración entre 0.5 y 35.5 Ciclos y magnitud entre 117.8 – 252.0 V (0.42-0.9 p.u.).

Todos estos eventos se registraron así: en la Fase 1: dos (2) evento, en la Fase 2: cinco (5) eventos y en la fase 3: tres (3) evento. Se encontró un evento trifásico el día 17/febrero del 2006 las 15:24 horas.

Tabla 13. Eventos Subestación 2

Number	Start Time	Stop Time	Duration	Type	Magnitude	Limits	Snapshot
1	16/02/2006 11:10:52 p.m.	16/02/2006 11:11:01 p.m.	544 cycles	Under Frequency	59.64Hz	59.80 / 60.20 Hz	
2	17/02/2006 09:44:13 a.m.	17/02/2006 09:44:13 a.m.	5.5 cycles	Voltage 2 sag	252.0V	252.0 / 308.0 V	
3	17/02/2006 09:44:14 a.m.	17/02/2006 09:44:23 a.m.	544 cycles	Under Frequency	59.61Hz	59.80 / 60.20 Hz	
4	17/02/2006 03:24:08 p.m.	17/02/2006 03:24:08 p.m.	7.5 cycles	Voltage 1 sag	203.8V	252.0 / 308.0 V	
5	17/02/2006 03:24:08 p.m.	17/02/2006 03:24:08 p.m.	11.5 cycles	Voltage 2 sag	223.3V	252.0 / 308.0 V	
6	17/02/2006 03:24:08 p.m.	17/02/2006 03:24:08 p.m.	13 cycles	Voltage 3 sag	117.8V	252.0 / 308.0 V	
7	19/02/2006 02:48:15 p.m.	19/02/2006 02:48:15 p.m.	0.5 cycles	Voltage 2 sag	242.7V	252.0 / 308.0 V	
8	19/02/2006 09:42:07 p.m.	19/02/2006 09:42:15 p.m.	448 cycles	Under Frequency	59.75Hz	59.80 / 60.20 Hz	
9	20/02/2006 07:30:32 a.m.	20/02/2006 07:30:32 a.m.	6 cycles	Voltage 2 sag	249.6V	252.0 / 308.0 V	
10	20/02/2006 04:20:11 p.m.	20/02/2006 04:20:12 p.m.	35.5 cycles	Voltage 2 sag	249.1V	252.0 / 308.0 V	
11	21/02/2006 03:04:33 p.m.	21/02/2006 03:04:39 p.m.	352 cycles	Over Frequency	60.37Hz	59.80 / 60.20 Hz	
12	22/02/2006 02:05:02 p.m.	22/02/2006 02:05:02 p.m.	17 cycles	Voltage 3 sag	250.5V	252.0 / 308.0 V	
13	23/02/2006 01:08:32 a.m.	23/02/2006 01:08:33 a.m.	64 cycles	Under Frequency	59.80Hz	59.80 / 60.20 Hz	
14	23/02/2006 11:16:00 a.m.	23/02/2006 11:16:00 a.m.	1.5 cycles	Voltage 1 sag	251.8V	252.0 / 308.0 V	
15	23/02/2006 11:16:00 a.m.	23/02/2006 11:16:00 a.m.	4.5 cycles	Voltage 3 sag	248.4V	252.0 / 308.0 V	

La variación de voltaje que recomienda la norma es de +5% y -10%, se tomo como valor promedio 273.68 Voltios Fase - Neutro, voltaje promedio en el lectura del analizador. Con base en el sumario del monitoreo, se presentaron las siguientes variaciones:

Tabla 14. Valores de Voltaje Subestación 2

PUNTO DE MEDICIÓN	V Máximo	% V Promedio	% V Mínimo
	288.8V Febrero 22 de 2006 1:55 a.m. 2:55 a.m.	273.68	258.1 V Febrero 22 de 2006 2:55 a.m.

$$\%desb = \frac{V \text{ máx. } ((V \text{ avg} - V \text{ Fase A}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase B}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase C}))}{V \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 15. Datos Importados de Power View Subestación 2 Voltaje

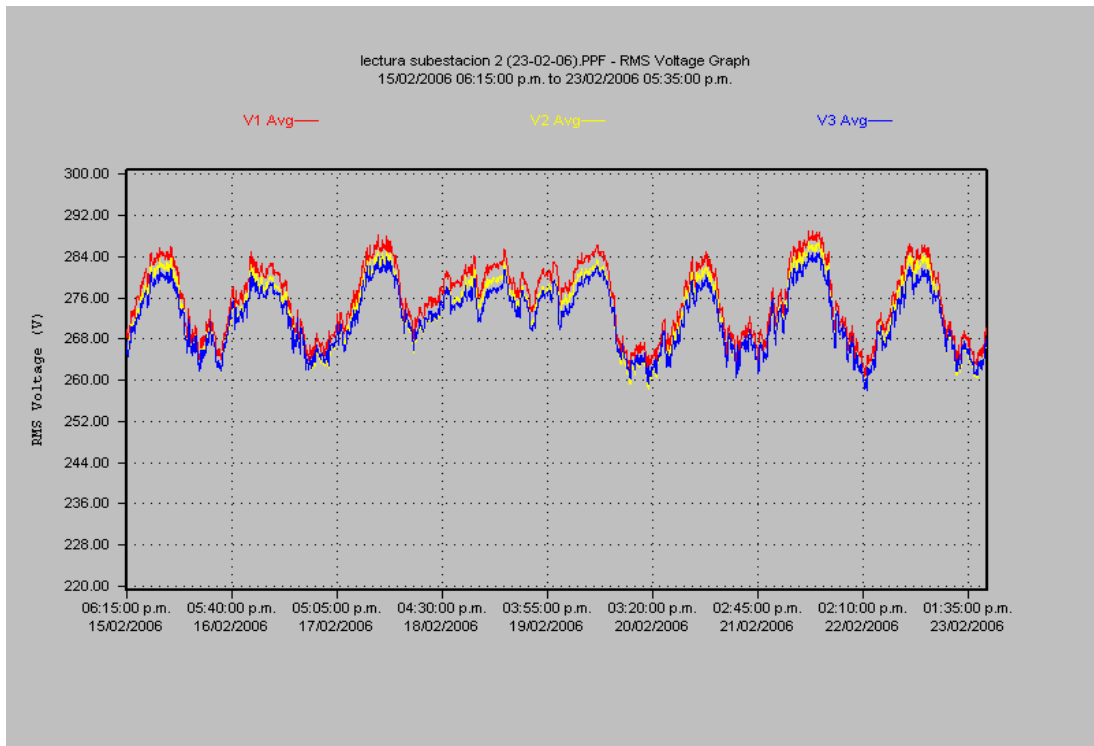
	V1 Avg	V2 Avg	V3 Avg
V max	288,80	286,60	284,60
V prom	275,54	273,15	272,34
V min	260,40	258,20	258,10
V prom-V Fase	1,86	0,53	1,33
Max Diferencia	1,86		
V avg prom	273,68		
% desb=(Max Diferencia/V avg prom)*100			0,68

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

La variación de voltaje esta dentro de los limites establecidos por **la norma NTC1340**. Voltaje que recomienda la norma esta entre +5% y -10%,

No se observa desbalance de voltaje permanente salvo registros (eventos) que muestran condiciones instantáneas.

Gráfica 11. Voltaje RMS Subestación 2

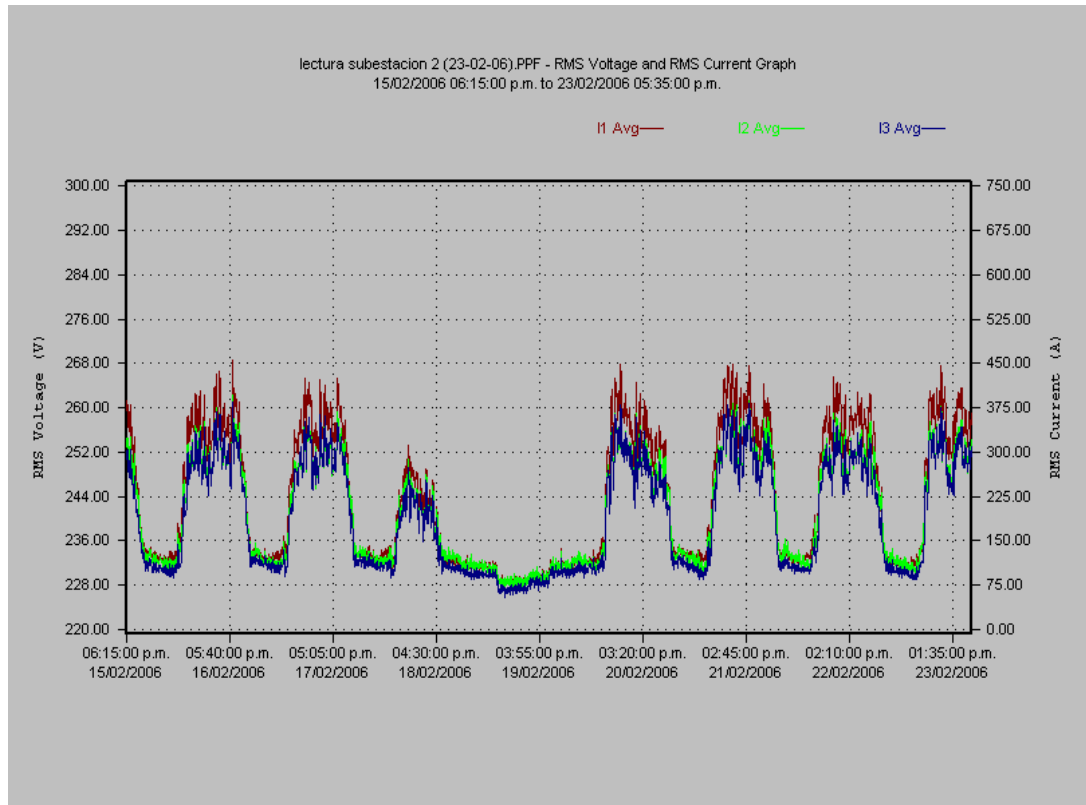


➤ Corriente RMS

Rango de Operación: 55.3 – 356.30 Amperios.
Pico de Corriente (Máximo): 456.30 Amperios.

La Fase1 se encuentra mas cargada en un porcentaje de 9.69% siendo este el valor mayor, esta dentro de la recomendación de la norma IEEE 447.87 la cual expresa que debe ser menor del 10%.

Gráfica 12. Corriente RMS Subestación 2



$$\%desb = \frac{I \text{ máx. } ((I \text{ avg} - I \text{ Fase A}), (I \text{ avg} - I \text{ Fase B}), (I \text{ avg} - I \text{ Fase C}))}{I \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 16. Datos Importados de Power View Subestación 2 Corriente

	I1 Avg (A)	I2 Avg (A)	I3 Avg (A)
I max	456,30	396,80	384,00
I prom	223,08	199,66	187,37
I min	73,30	69,00	55,30
I prom-I Fase	19,71	3,71	16,00
Max Diferencia	19,71		
I avg prom	203,37		
% desb=(Max Diferencia/I avg prom)*100			9,69

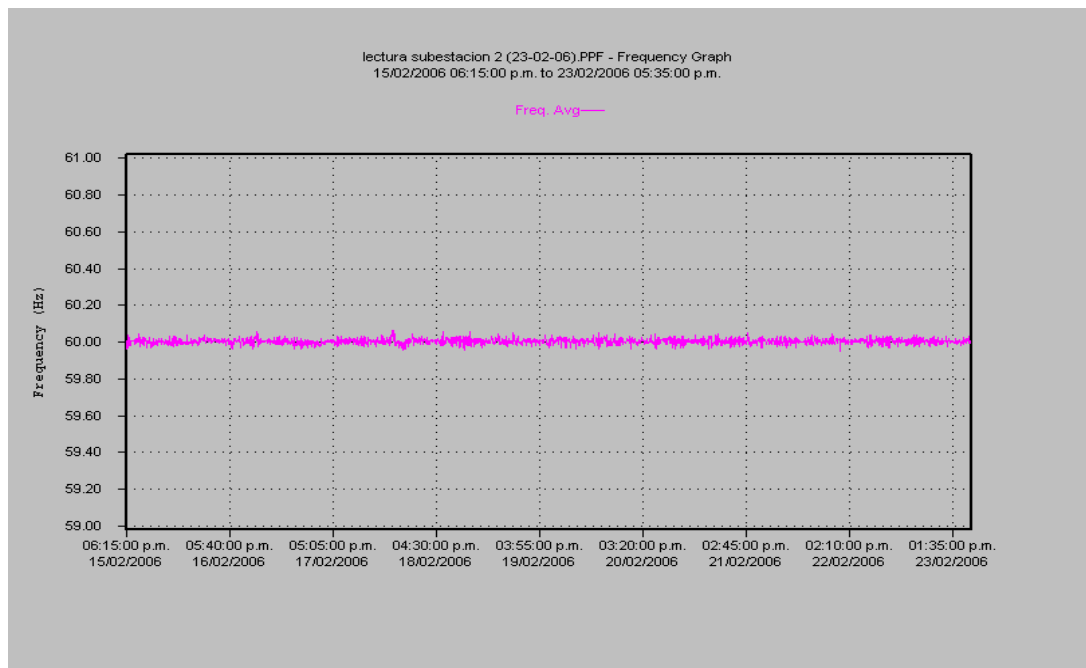
Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Frecuencia Hz.**

La Resolución 070 de 1998 de la CREG permite variaciones en el rango entre 59.8 y 60.2 Hz y con una duración de 256 ciclos (4.2 segundos).

Se registra un evento el día 21 de Febrero de 2006 a las 15:04 p.m. que duro 352 ciclos con un valor de 60.37 HZ, este valor es ligeramente mayor en magnitud al mínimo permitido por la norma, su duración fue de 6 segundos, se registraron otros eventos de baja frecuencia el más notorio fue de 59.61 HZ, ligeramente menor al permitido por la **CREG**.

Gráfica 13. Frecuencia Subestación 2



➤ **Potencia Aparente KVA**

El transformador esta operando con un cargabilidad máxima de 336.26 KVA (67.24 %) y promedio de 165.30 KVA (33.06%) sobre los 500 KVA instalados.

Gráfica 14. Potencia Aparente Subestación 2

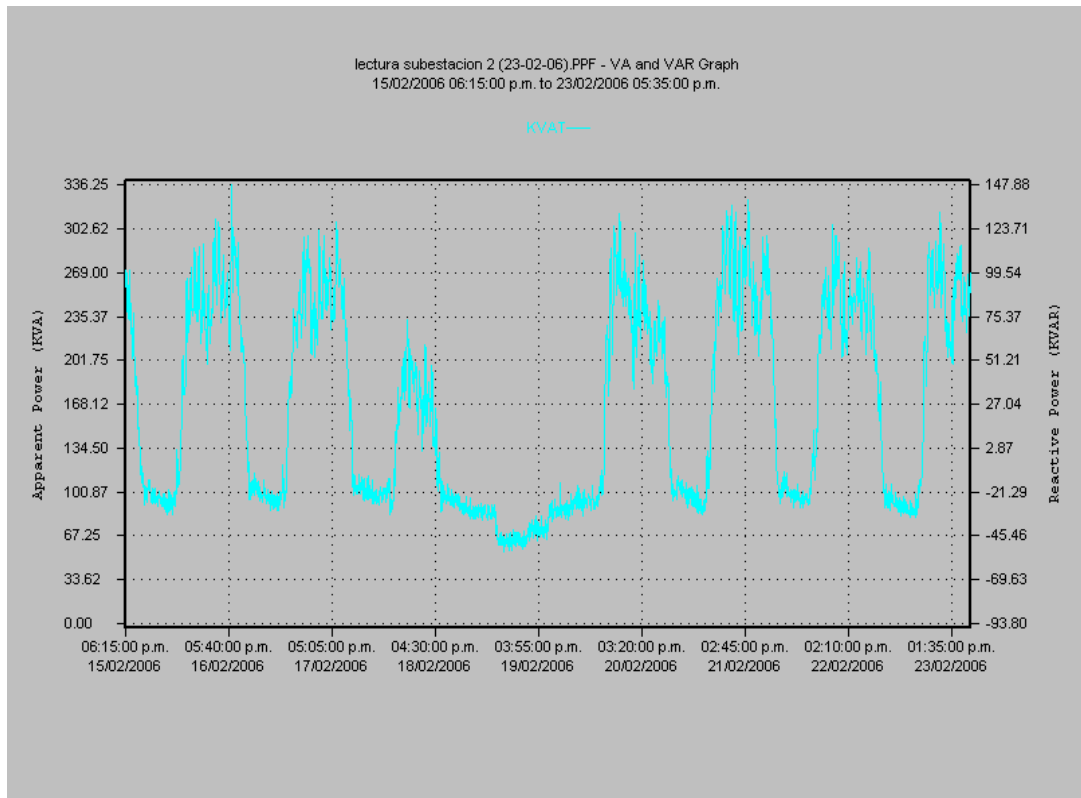


Tabla 17. Datos Importados de Power View Subestación 2 KVAT

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 2 MARZO 2006						
Record	Date	Time	KVAT (KVA)		KVAT (KVA)	
1	15/02/2006	18:15:00	261,4	KVA max	336,20	
2	15/02/2006	18:20:00	270,3	KVA prom	165,30	
3	15/02/2006	18:25:00	261,2	KVA min	55,16	
4	15/02/2006	18:30:00	257,7			CARGABILIDAD
5	15/02/2006	18:35:00	266,6	KVA avg max	336,20	67,24
6	15/02/2006	18:40:00	269	KVA avg prom	165,30	33,06
7	15/02/2006	18:45:00	249,7	KVA avg min	55,16	11,03
8	15/02/2006	18:50:00	239,2	POTENCIA KVA	500	

Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD).

➤ **Potencia Reactiva KVAR**

El sistema toma un valor máximo de la red en el punto de monitoreo (Salida del transformador Sub estación 2) de 27.9 KVAR y promedio de 6.59 KVAR. Este valor consumido por el sistema es adicional al valor de reactivos instalados y operando en la actualidad (120 KVAR).

Gráfica 15. Potencia Reactiva Subestación 2

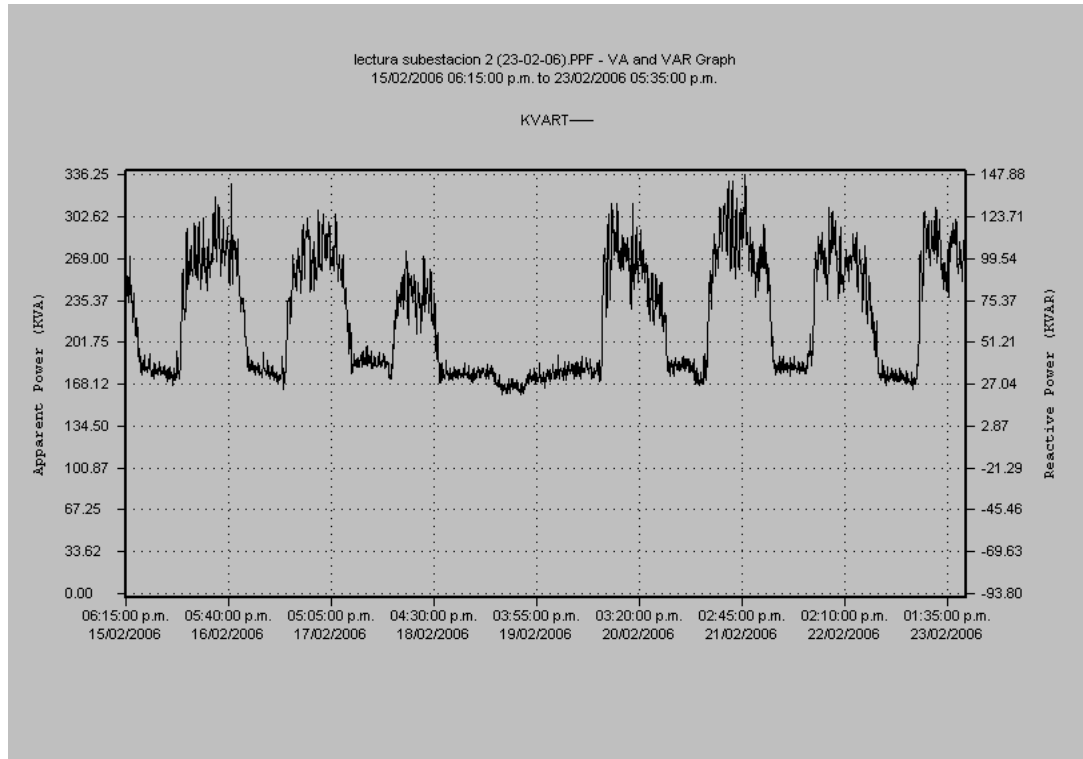


Tabla 18. Datos Importados de Power View Subestación 2 KVART

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 2 MARZO 2006					
Record	Date	Time	KVART (KVAR)		KVART
1	15/02/2006	18:15:00	99.99	KVAR max	147.90
2	15/02/2006	18:20:00	102.3	KVAR prom > 120	126.59
3	15/02/2006	18:25:00	86.81	KVAR min	21.05
4	15/02/2006	18:30:00	88.19	promedio Total consumido de la red	6.59
5	15/02/2006	18:35:00	86.57	KVAR avg max	147.90
6	15/02/2006	18:40:00	89.24	KVAR avg prom	126.59
7	15/02/2006	18:45:00	78.41	KVAR avg min	21.05
8	15/02/2006	18:50:00	77.64	POTENCIA KVAR INSTALADA	120

Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Factor de Potencia FP**

El FP en el punto monitoreado presenta en tiempo de operación un valor entre 0.81 - 0.96 Inductivo con un promedio de 0.98 Inductivo.

Gráfica 16. Factor de Potencia Total Subestación 2

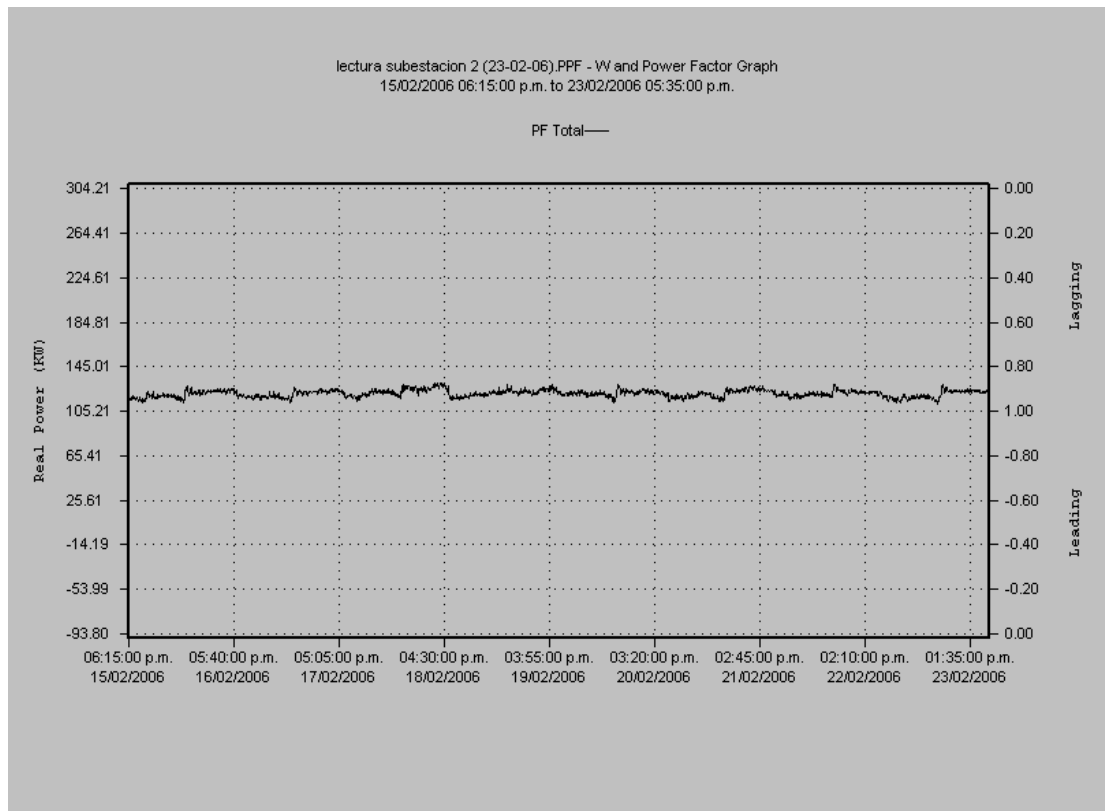


Tabla 19. Datos Importados de Power View Subestación 2 Factor de Potencia

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 2 MARZO 2006						
Record	Date	Time	PF Total		FPT	
1	15/02/2006	06:15:00 p.m.	0,923	FPTmax	0,968	INDUCTIVO
2	15/02/2006	06:20:00 p.m.	0,925	FPT prom EN TIEMPO DE OPERACIÓN	0,98	INDUCTIVO
3	15/02/2006	06:25:00 p.m.	0,942	FPT min	0,872	INDUCTIVO

Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

La **CREG** penaliza si el factor de potencia es menor de 0.9 inductivo el valor capacitivo no es penalizado

➤ **Distorsión Total Armónica de Voltaje (THD V)**

La Distorsión Total Armónica de Voltaje presenta un valor promedio de 1.74% inferior al 3% por fase recomendado por la **norma IEEE-519-92, ANEXO C** "Limites de Distorsión de Voltaje", El sentido de circulación de los armónicos es de la carga hacia la red. Armónico dominante; 5° orden seguido de 7° y 15° orden. Algunos registros presentan armónicos de 3°, 9°, 11°, 13°, 17°, 19°, 21° y 23° orden pero de muy baja magnitud. La forma de onda no presenta nivel de distorsión, no hay presencia de armónicos pares.

Gráfica 17. THD V y Forma de Onda Subestación 2

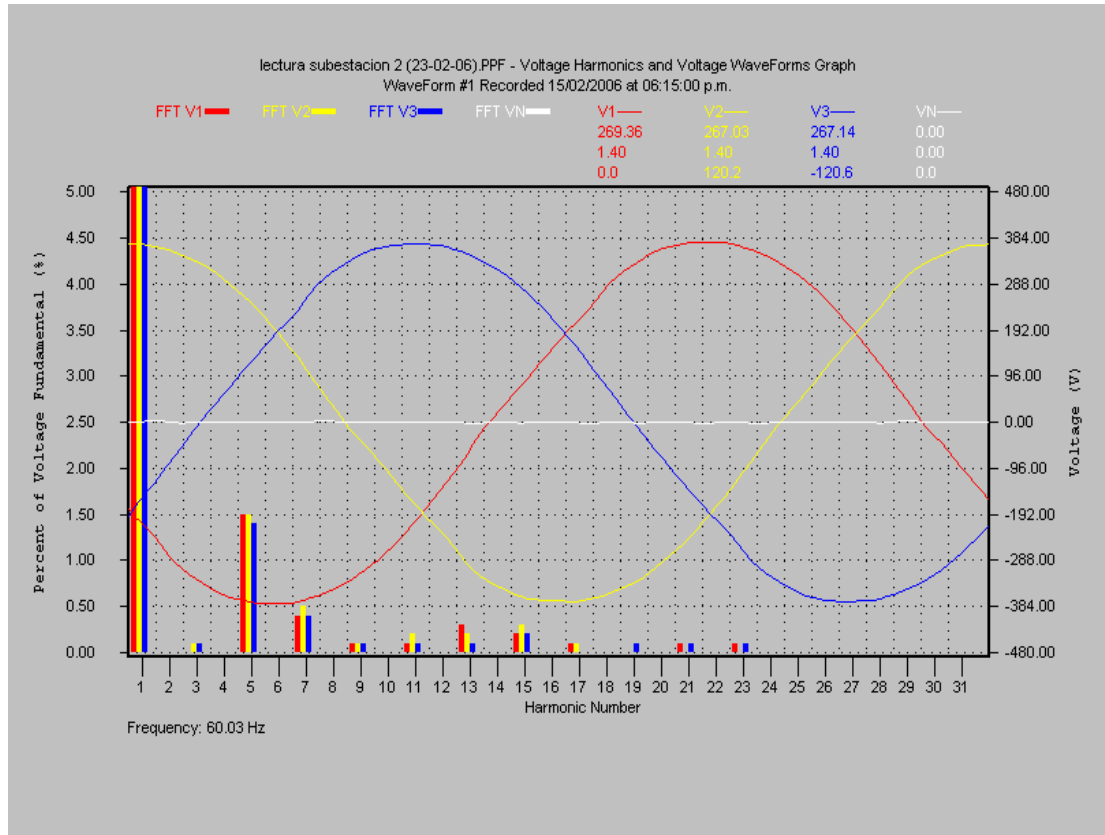


Tabla 20. Datos Importados de Power View Subestación 2 THD V

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 2 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)		THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)
1	15/02/2006	18:15:00	1,6	1,7	1,5	THD V max	3,00	3,60	3,70
2	15/02/2006	18:20:00	1,5	1,6	1,5	THD V prom	1,66	1,82	1,75
3	15/02/2006	18:25:00	1,5	1,7	1,6	THD V min	0,90	0,90	0,70
4	15/02/2006	18:30:00	1,5	1,7	1,8				
5	15/02/2006	18:35:00	1,5	1,7	1,7	THD V avg max	3,43		
6	15/02/2006	18:40:00	1,5	1,8	1,7	THD V avg prom	1,74		
7	15/02/2006	18:45:00	1,4	1,7	1,7	THD V avg min	0,83		

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD).

➤ **Distorsión Total Armónica de Corriente (THD I)**

La recomendación **IEEE 519-92** establece que para este punto de la instalación el nivel máximo de distorsión armónica de corriente permitido, tomando como I_{sc} (corto circuito) en este punto de la instalación: 22 KA y corriente de carga máxima (456.30 A), es del 8 %. Ver **ANEXO B**. Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución.

EI THD de Corriente promedio es del 7.90 % registrándose valores máximos de distorsión hasta del 23.33 %. Hay presencia permanente de armónicos impares del 3° al 23° orden durante todo el periodo de monitoreo y de armónicos pares de 2°, 22°, 24° y 28° de baja magnitud. Los armónicos dominantes serian de: 3°, 5°, 7°, 9°, 11°, 13° y 15° orden respectivamente, la forma de onda presenta nivel de distorsión bajo. Circulando por el neutro armónicos dominantes de 3°, 9° y 15° orden, igualmente hay presencia de armónicos de 5°, 7°, 11°, 13° y 17° orden de menor magnitud.

Gráfica 18. THD I y Forma de Onda Subestación 2

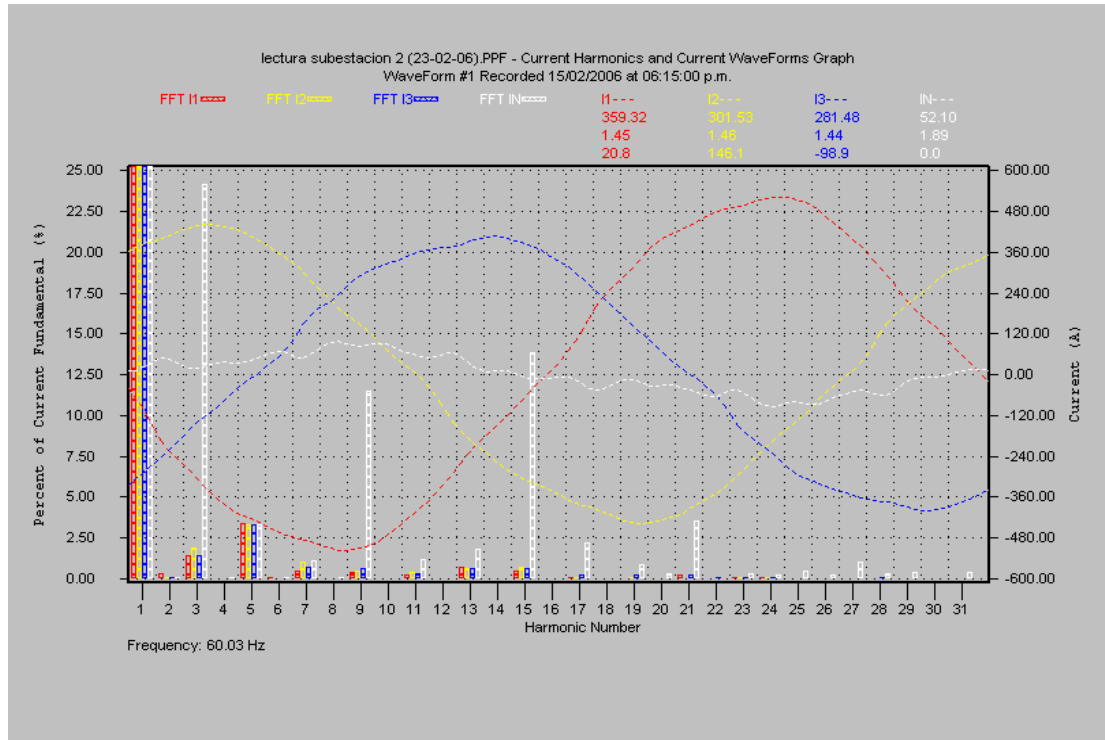
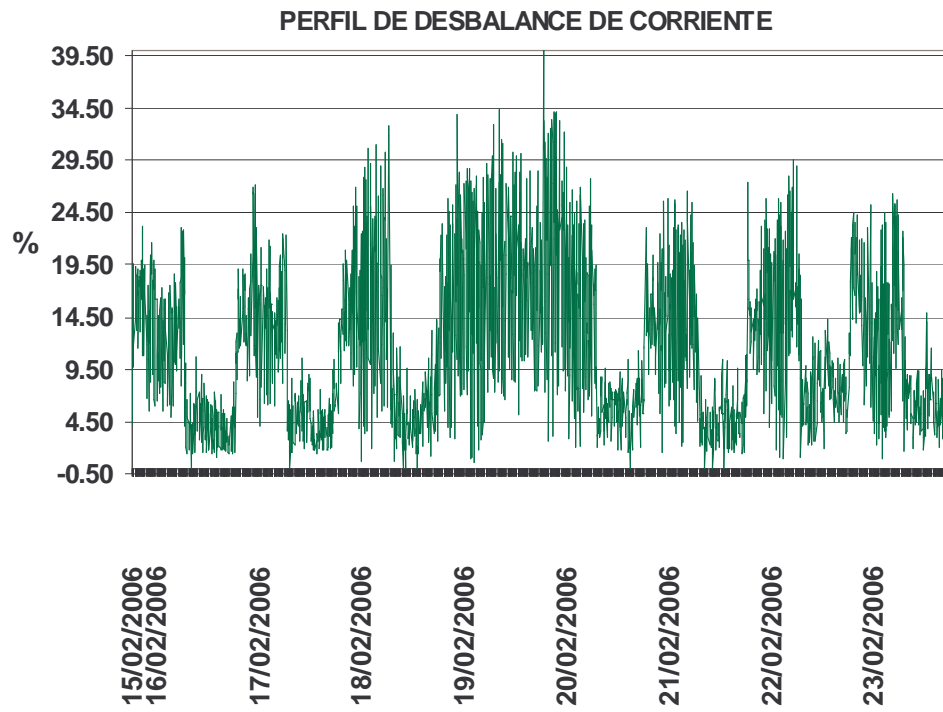


Tabla 21. Datos Importados de Power View Subestación 2 THD I

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 2 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)		THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)
1	15/02/2006	18:15:00	3,8	4,1	3,9	THD I max	24,00	22,60	23,40
2	15/02/2006	18:20:00	3,8	5	3,8	THD I prom	7,91	8,48	7,32
3	15/02/2006	18:25:00	4,1	5,5	4,2	THD I min	2,70	2,90	2,70
4	15/02/2006	18:30:00	4,1	5,2	4,7				
5	15/02/2006	18:35:00	5,3	6,4	5,8	THD I avg max	23,33		
6	15/02/2006	18:40:00	6	7,6	6,8	THD I avg prom	7,90		
7	15/02/2006	18:45:00	4	5,3	4,6	THD I avg min	2,77		

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

Gráfica 19. Perfil de Desbalance de Corriente Subestación 2



6.4.3 Análisis Subestación # 3

Tabla 22. Punto de Medición Subestación 3

Punto	Nombre de la Carga y Punto de Instalación Equipo	Tipo Conexión Power Pro	Duración	Intervalo Lectura
1	Totalizador Principal sub. Estación 3	3F-3H Directa 3 Pinzas Amperímetro 3000/5A Tipo Flex Conectores de Voltaje en Bornes Totalizador	72 Horas	5 Minutos

Resultados medición en totalizador principal subestación # 3

➤ Voltaje RMS

Se registraron seis (6) eventos que de acuerdo con el **ANEXO A**. “Categorías y Características de Fenómenos Electromagnéticos de Sistemas de Potencia”, están clasificados como una variación de corta duración, Instantánea, tipo **SAG** (Duración: 0.5 - 30 Ciclos, Magnitud: 0.1 – 0.9 p.u.) las cuales tuvieron duración entre 0.5 y 11.5 Ciclos y magnitud entre 411.2 – 425.6 V (0.8-0.9 p.u.).

Todos estos eventos se registraron así: en la Fase 1: Tres (3) eventos, en la Fase 2: uno (1) eventos y en la fase 3: uno (1) evento. Siendo 3 de ellos trifásicos (Simultáneos Fase 1, 2 y 3).

Tabla 23. Eventos Subestación 3

Number	Start Time	Stop Time	Duration	Type	Magnitude	Limits	Snapshot
1	14/03/2006 02:28:59 p.m.	14/03/2006 02:28:59 p.m.	0,5 cycles	Voltage 1 sag	425,6V	425,7 / 520,3 V	
2	14/03/2006 04:08:32 p.m.	14/03/2006 04:08:32 p.m.	5,5 cycles	Voltage 1 sag	411,4V	425,7 / 520,3 V	
3	14/03/2006 04:08:32 p.m.	14/03/2006 04:08:32 p.m.	11,5 cycles	Voltage 2 sag	412,6V	425,7 / 520,3 V	
4	14/03/2006 04:08:32 p.m.	14/03/2006 04:08:32 p.m.	5 cycles	Voltage 3 sag	411,2V	425,7 / 520,3 V	
5	15/03/2006 09:04:13 a.m.	15/03/2006 09:04:16 a.m.	160 cycles	Under Frequency	59,75Hz	59,80 / 60,20 Hz	
6	15/03/2006 10:55:47 a.m.	15/03/2006 10:55:47 a.m.	1 cycles	Voltage 1 sag	415,8V	425,7 / 520,3 V	

La variación de voltaje que recomienda la norma es de +5% y -10%, se tomo como valor promedio 470.87 Voltios Fase - Fase, voltaje promedio en el momento de conectar el analizador. Con base en el sumario del monitoreo, se presentaron las siguientes variaciones:

Tabla 24. Valores de Voltaje Subestacion 3

PUNTO DE MEDICIÓN	V Máximo	V Promedio	V Mínimo
	492.7V Marzo 15 de 2006 01:25 a.m.	470.87V	445.6V Marzo 16 de 2006 2:45:00 p.m.

$$\%desb = \frac{V \text{ máx.} - ((V \text{ avg} - V \text{ Fase A}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase B}), (V \text{ avg} - V \text{ Fase C}))}{V \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 25. Datos Importados de Power View Subestación 3 Voltaje

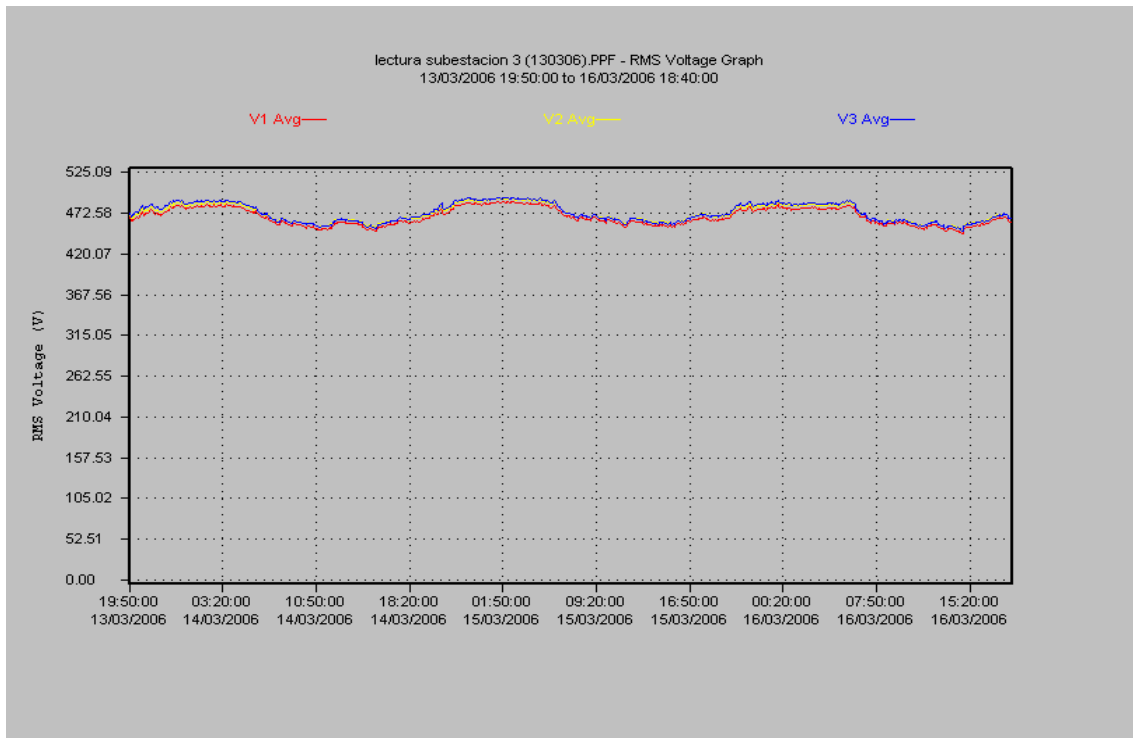
	V1 Avg	V2 Avg	V3 Avg
V max	487,40	492,10	492,70
V prom	467,93	472,03	472,66
V min	445,60	450,20	449,30
V prom-V Fase	2,95	1,16	1,78
Max Diferencia	2,95		
V avg prom	470,87		
% desb=(Max Diferencia/V avg prom)*100			0,63

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

La variación de voltaje esta dentro de los limites establecidos por la **norma NTC1340**.

No se observa desbalance de voltaje permanente salvo registros (eventos) que muestran condiciones instantáneas.

Gráfica 20. Voltaje RMS Subestación 3

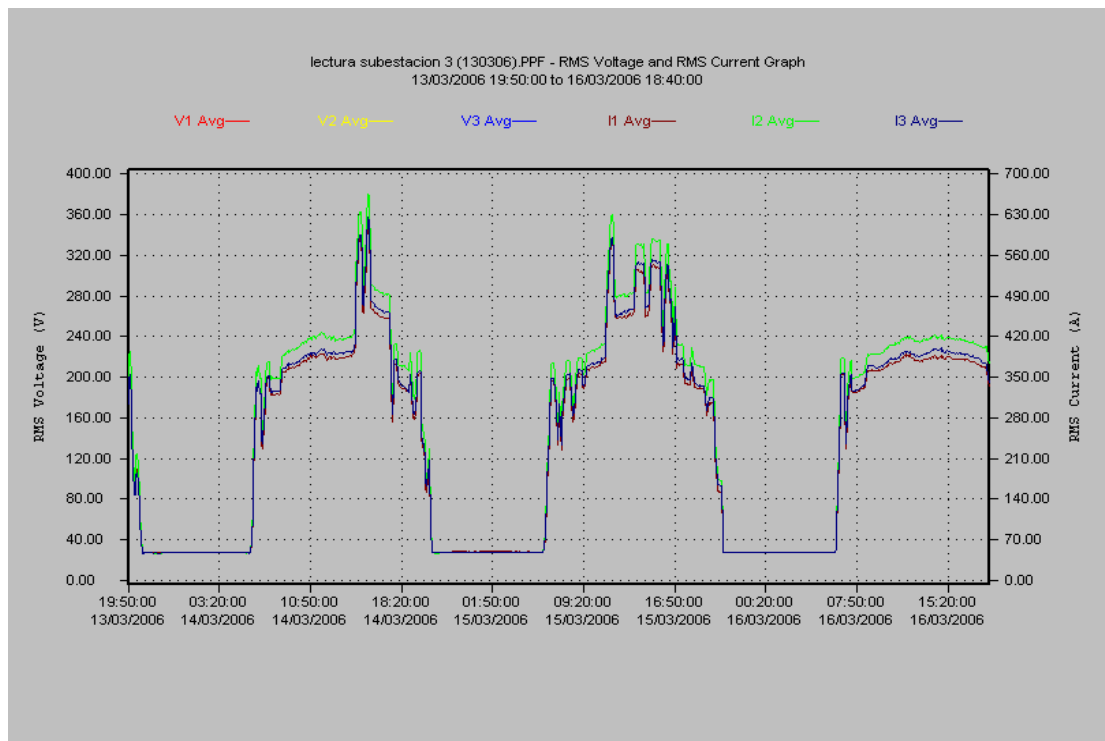


➤ **Corriente RMS**

Rango de Operación: 47.6 – 423.1 Amperios.
Pico de Corriente (Máximo): 664.2 Amperios.

La Fase 2 se encuentra mas cargada en un porcentaje de 4.68% siendo este el valor mayor, esta dentro de la recomendación de la **norma IEEE 447.87**. La cual expresa que debe ser menor del 10%.

Gráfica 21. Corriente RMS Subestación 3



$$\%desb = \frac{I \text{ máx.} ((I \text{ avg}-I \text{ Fase A}), (I \text{ avg}-I \text{ Fase B}), (I \text{ avg}-I \text{ Fase C}))}{I \text{ avg}} \times 100$$

Tabla 26. Datos Importados de Power View Subestación 3 Corriente

	I1 Avg (A)	I2 Avg (A)	I3 Avg (A)
I max	617,20	664,20	624,80
I prom	243,18	262,90	247,35
I min	47,90	47,30	47,00
I prom-I Fase	7,96	11,76	3,79
Max Diferencia	11,76		
I avg prom	251,15		
% desb=(Max Diferencia/I avg prom)*100			4,68

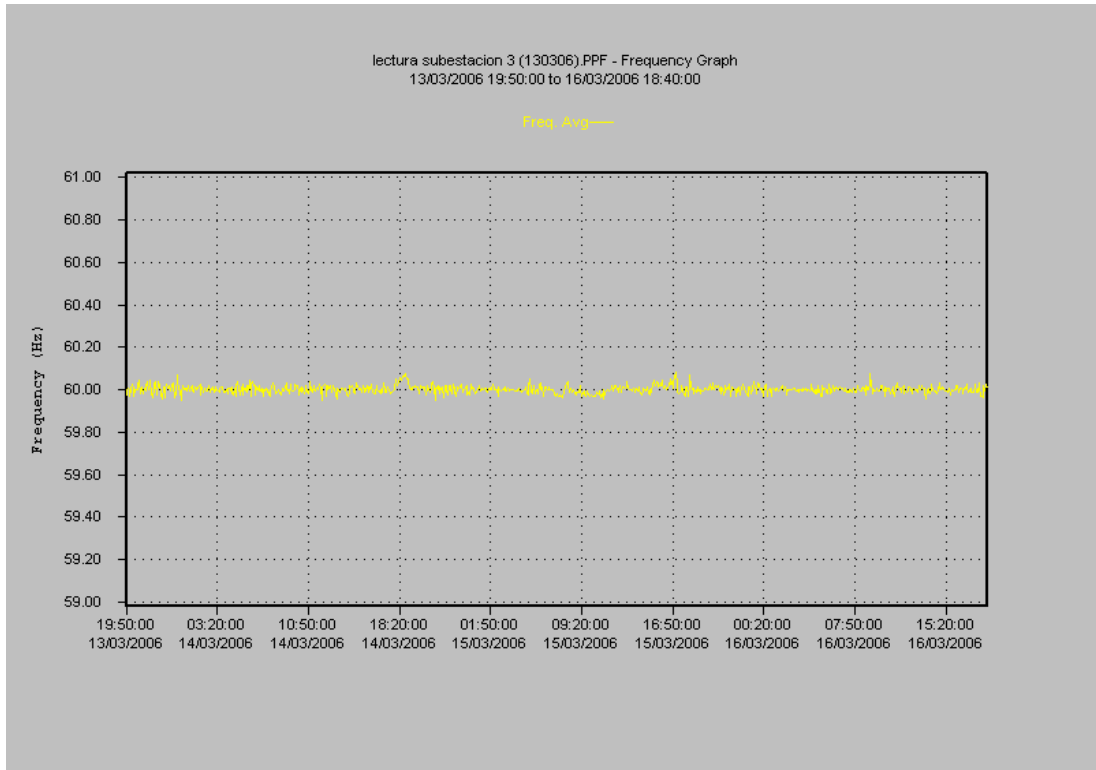
Nota la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Frecuencia Hz.**

La Resolución 070 de 1998 de la **CREG** permite variaciones en el rango entre 59.8 y 60.2 Hz y con una duración de 256 ciclos (4.2 segundos).

Se registra un evento el día 15 de Marzo de 2006 a las 9:04 a.m. que duro 160 ciclos con un valor de 59.75 HZ, este valor es ligeramente menor en magnitud al mínimo permitido por la norma su duración fue de 3 segundos.

Gráfica 22. Frecuencia Subestación 3



➤ Potencia Aparente KVA

El transformador esta operando con un cargabilidad máxima de 500.90 KVA (62.61 %) y promedio de 202.88 KVA (25.36 %) sobre los 800 KVA instalados.

Gráfica 23. Potencia Aparente Subestación 3

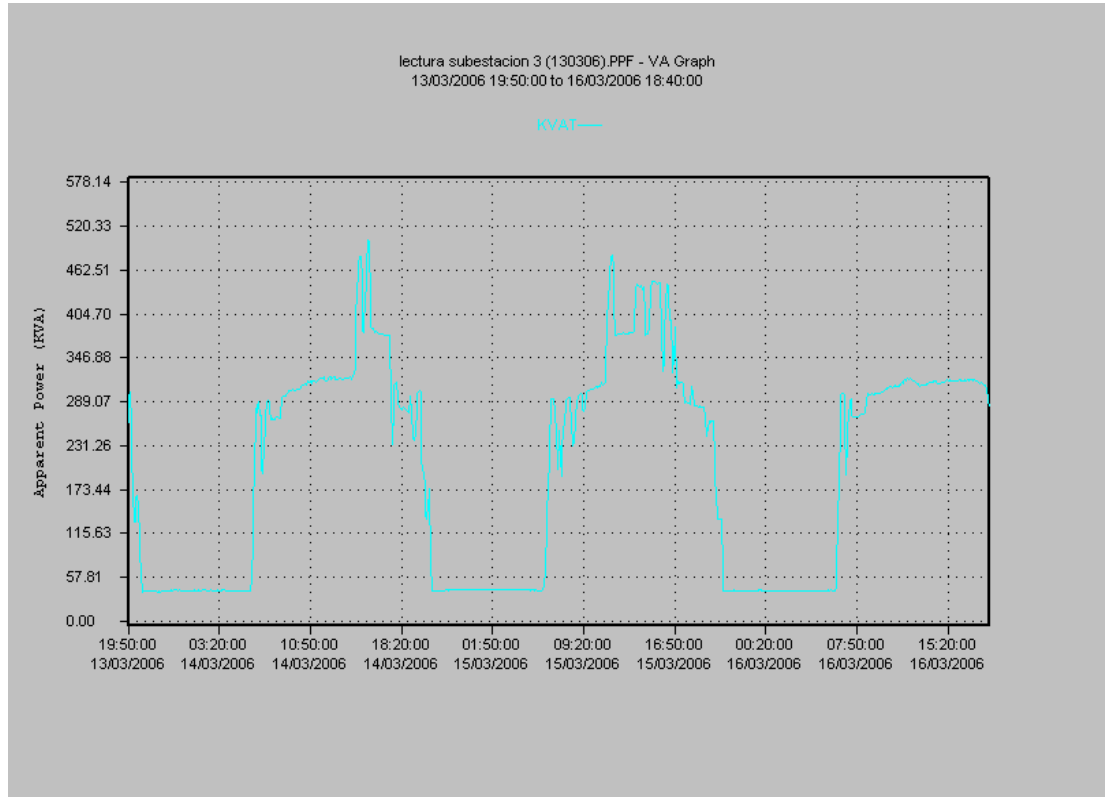


Tabla 27. Datos Importados de Power View Subestación 3 KVAT

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 3 MARZO 2006						
Record	Date	Time	KVAT (KVA)		KVAT (KVA)	
1	13/03/2006	19:50:00	262	KVA max	500.90	
2	13/03/2006	19:55:00	295.9	KVAprom	202.88	
3	13/03/2006	20:00:00	300.9	KVA min	38.87	
4	13/03/2006	20:05:00	261.1			CARGABILIDAD
5	13/03/2006	20:10:00	221	KVA avg max	500.90	62.61
6	13/03/2006	20:15:00	168.4	KVA avg prom	202.88	25.36
7	13/03/2006	20:20:00	130.3	KVA avg min	38.87	4.86
8	13/03/2006	20:25:00	130.6	POTENCIA KVA	800	

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ Potencia Reactiva KVAR

El sistema toma un valor máximo de reactivos de la red en el punto de monitoreo (Totalizador sub. estacion3) de 123 KVAR y promedio de 42.57 KVAR. Este valor consumido por el sistema es adicional al valor de reactivos instalados y operando en la actualidad (100 KVAR).

Nota: si se observa la gráfica de factor de potencia se aprecia que este se vuelve capacitivo cuando la carga es mínima, esto se debe que siempre esta operando en el sistema un banco capacitor de 40 KVAR, para el calculo se omiten los valores menores que 100 KVAR por que son los que están instalados.

Gráfica 24. Potencia Reactiva Subestación 3

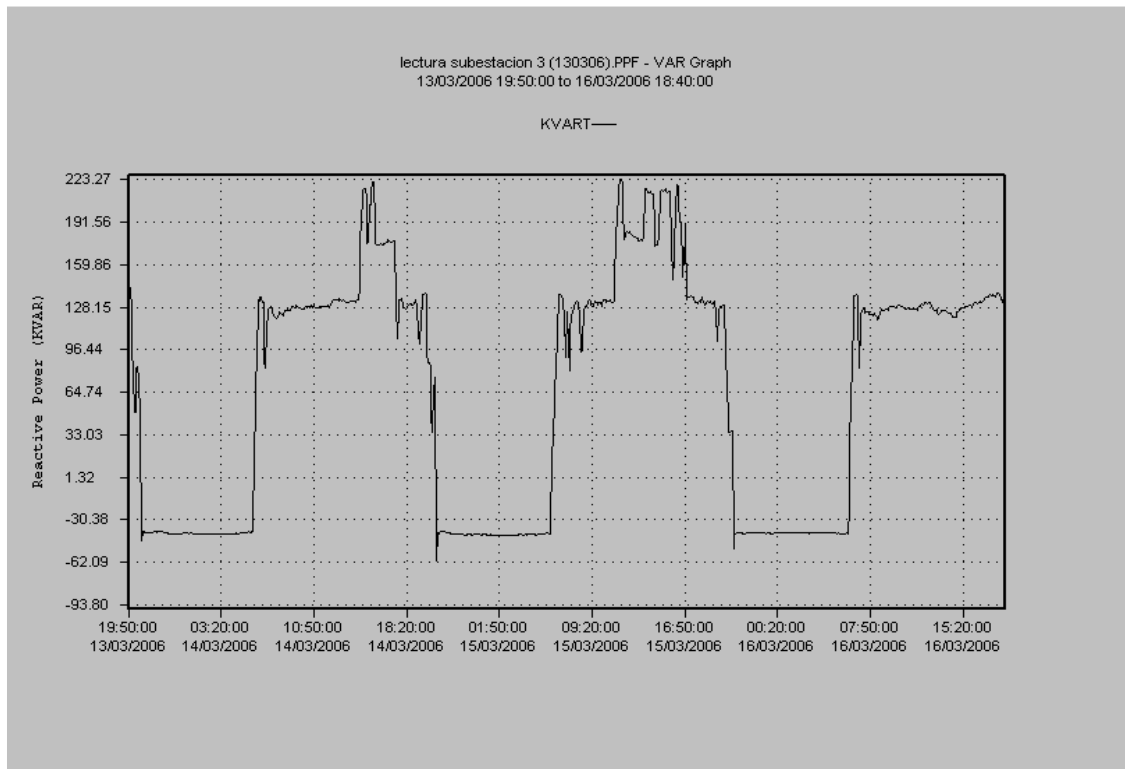


Tabla 28. Datos Importados de Power View Subestación 3 KVART

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 3 MARZO 2006					
Record	Date	Time	KVART		KVART
1	13/03/2006	19:50:00	136.1	KVAR max	223.30
2	13/03/2006	19:55:00	144.3	KVAR prom > 100	142.57
3	13/03/2006	20:00:00	142.8	KVAR min	-61.15
4	13/03/2006	20:05:00	126.9		
5	13/03/2006	20:10:00	99.63	KVAR avg max	223.30
6	13/03/2006	20:15:00	77.42	KVAR avg prom	142.57
7	13/03/2006	20:20:00	50.16	KVAR avg min	-61.15
8	13/03/2006	20:25:00	50.25	POTENCIA KVAR INSTALADA	100

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Factor de Potencia PF**

El FP en el punto monitoreado presenta en tiempo de operación un valor máximo de 0.97 Inductivo con un promedio de 0.91 Inductivo, se registran valores de Factor de potencia capacitivos de 0.02 en horas nocturna comprendidas de 8:55 p.m. a 5:45 a.m. por inactividad de las unidades enfriadoras y por la operación constante de un banco capacitor de 40 KVAR.

Gráfica 25. Factor de Potencia Total Subestación 3

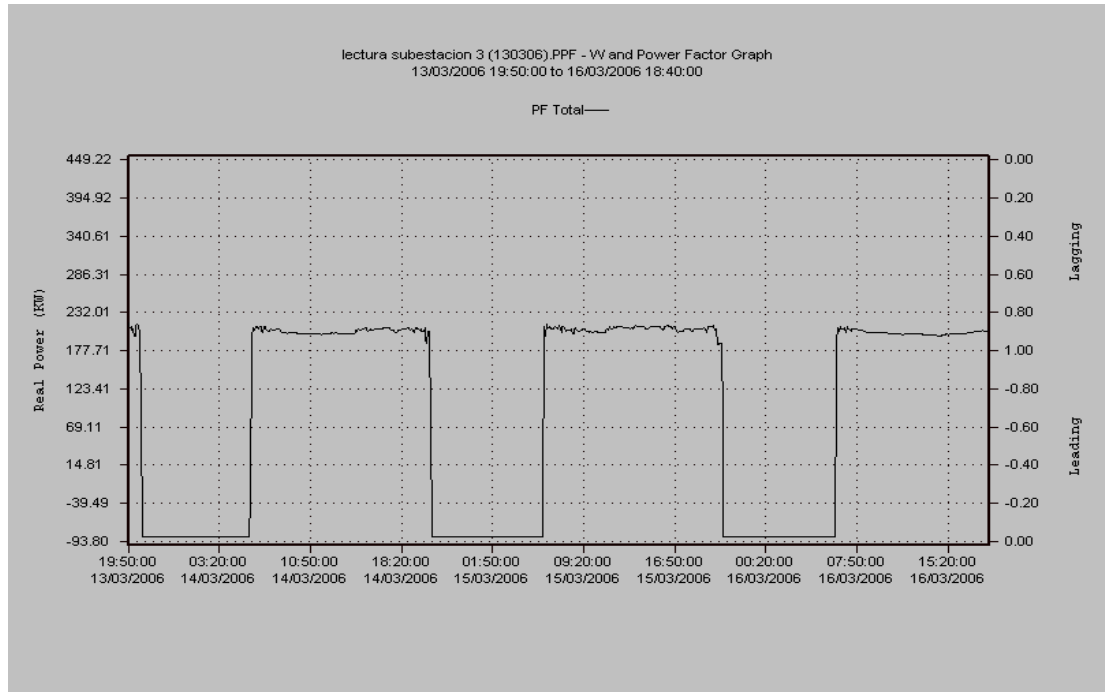


Tabla 29. Datos Importados de Power View Subestación 3 Factor de Potencia

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 3 MARZO 2006						
Record	Date	Time	PF Total		FPT	
1	13/03/2006	19:50:00	0,854	FPTmax	0,97	INDUCTIVO
2	13/03/2006	19:55:00	0,873	FPT prom EN TIEMPO DE OPERACIÓN	0,91	INDUCTIVO
3	13/03/2006	20:00:00	0,88	FPT min	0,02	CAPACITIVO

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD)

➤ **Distorsión Total Armónica de Voltaje (THD V)**

La Distorsión Total Armónica de Voltaje presenta un valor promedio de 1.71 % inferior al 3% por fase recomendado por la norma **IEEE-519-92**. Ver **ANEXO C** "Limites de Distorsión de Voltaje", El sentido de circulación de los armónicos es de la carga hacia la red. Armónico dominante; 5° orden seguido de 7°, 3°, 19° y 29° orden. Algunos registros presentan armónicos pares de 22°, 26° y 28° orden pero de muy baja magnitud. La forma de onda presenta nivel bajo de distorsión. La presencia de armónicos pares es indicativo de:

- Desbalance instantáneo de voltaje fase - fase del sistema
- Múltiples cruces por el cero de la onda de voltaje.
- Energía de magnetización del transformador durante su energización.
- Angulo retrasado en los controles de enganche de SCR´s.
- Destrucción de tiristores.

Gráfica 26. THD V y Forma de Onda Subestación 3

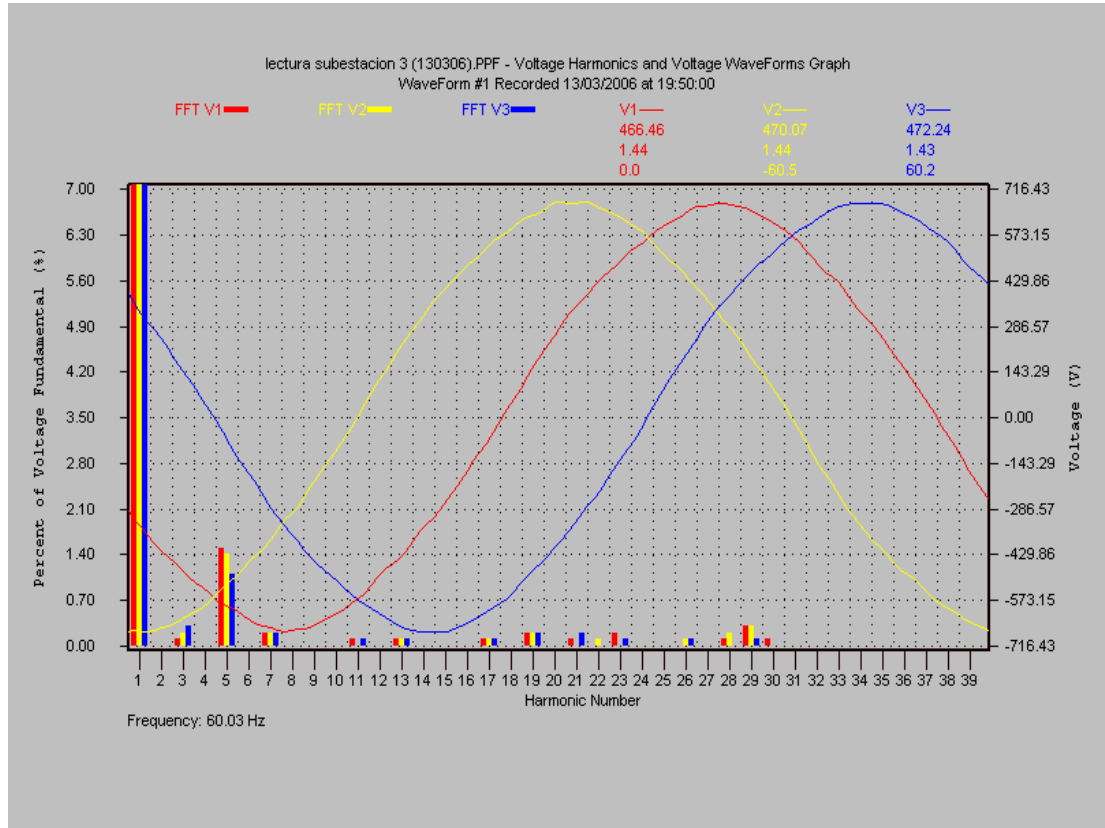


Tabla 30. Datos Importados de Power View Subestación 3 THD V

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 3 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)		THD V1 Avg (%)	THD V2 Avg (%)	THD V3 Avg (%)
1	13/03/2006	19:50:00	1,6	1,5	1,3	THD V max	3,30	3,00	2,80
2	13/03/2006	19:55:00	1,7	1,6	1,4	THD V prom	1,81	1,71	1,62
3	13/03/2006	20:00:00	1,5	1,5	1,3	THD V min	1,00	1,10	1,00
4	13/03/2006	20:05:00	1,7	1,6	1,3				
5	13/03/2006	20:10:00	1,7	1,6	1,4	THD V avg max	3,03		
6	13/03/2006	20:15:00	1,8	1,7	1,4	THD V avg prom	1,71		
7	13/03/2006	20:20:00	1,8	1,7	1,5	THD V avg min	1,03		

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD).

➤ **Distorsión Total Armónica de Corriente (THD I)**

La recomendación **IEEE 519-92** establece que para este punto de la instalación el nivel máximo de distorsión armónica de corriente permitido, tomando como I_{SC} (corto circuito) en este punto de la instalación: 30 KA y corriente de carga máxima (423 A), es del 12 %. Ver **ANEXO B**. “Limites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución”.

El **THD** de Corriente promedio es del 7.79 % registrándose valores máximos de distorsión hasta del 28 %. Hay presencia permanente de armónicos del 2° al 31° orden durante todo el periodo de monitoreo. Armónicos dominantes: 5°, 3°, 7°, orden respectivamente con presencia de 11°, 19° y 21° orden respectivamente en menor magnitud, la forma de onda presenta nivel de distorsión bajo.

Gráfica 27. THD I y Forma de Onda Subestación 3

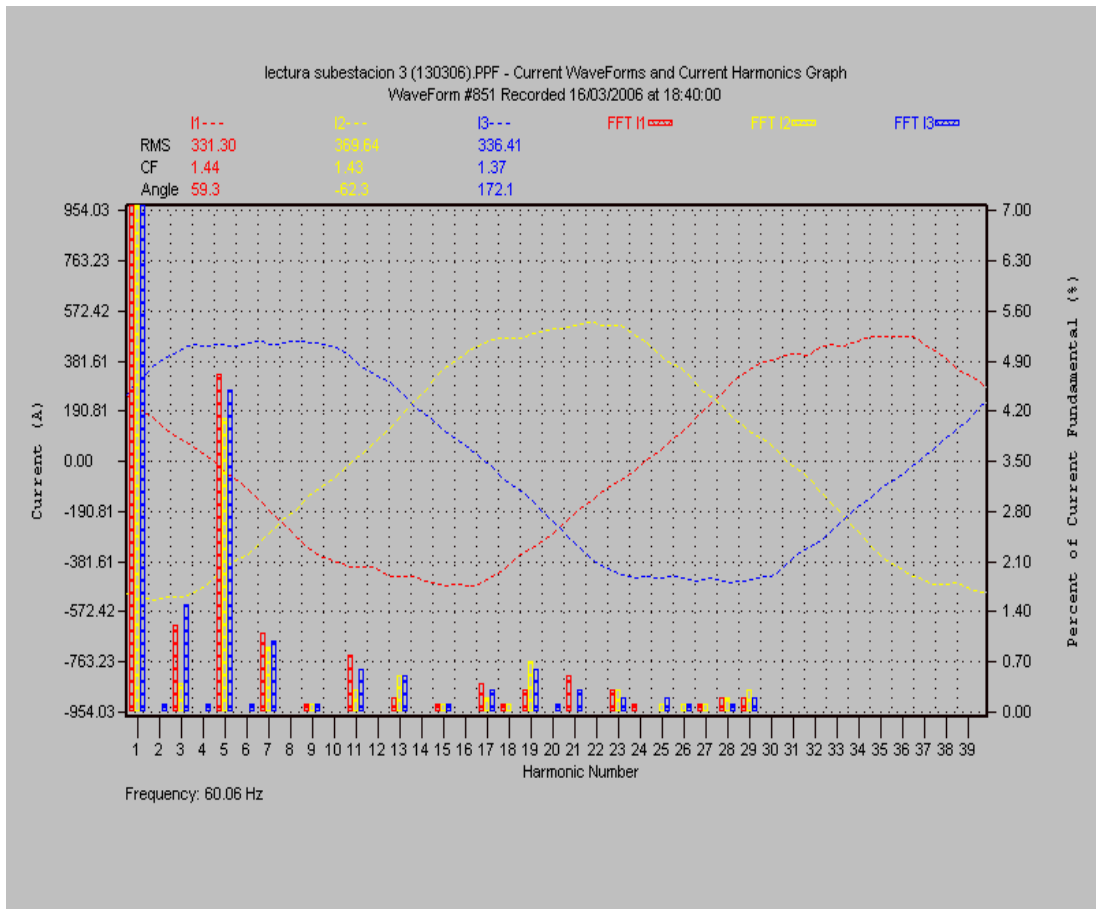
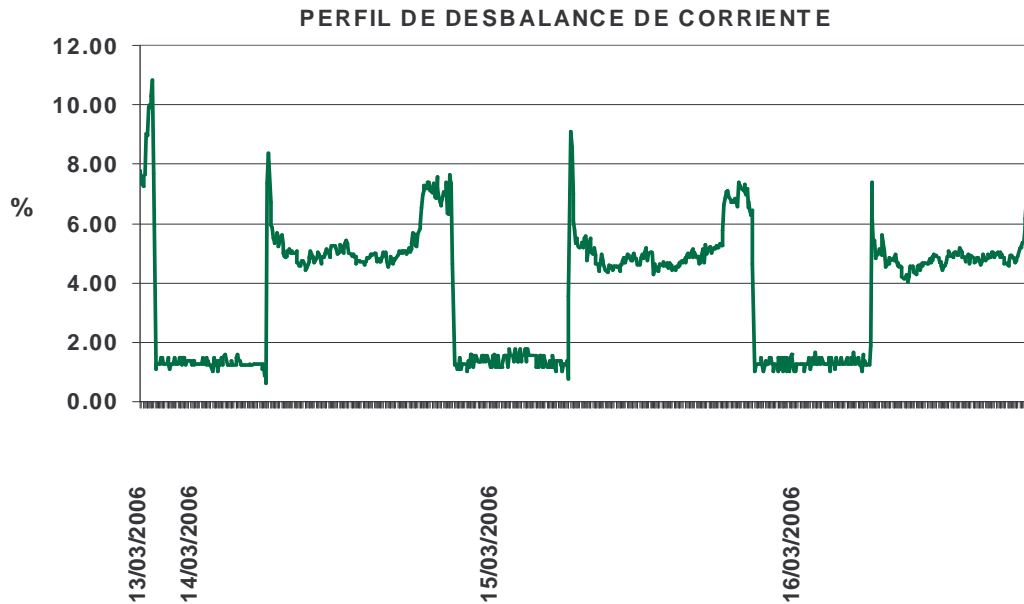


Tabla 31. Datos Importados de Power View Subestación 3 THD

TABLA DE DATOS IMPORTADOS DE POWER VIEW SUBESTACION 3 MARZO 2006									
Record	Date	Time	THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)		THD I1 Avg (%)	THD I2 Avg (%)	THD I3 Avg (%)
1	13/03/2006	19:50:00	5,7	4,8	5,5	THD I max	28,00	26,80	24,70
2	13/03/2006	19:55:00	5,4	4,5	5,2	THD I prom	8,19	7,41	7,78
3	13/03/2006	20:00:00	5,2	4,4	5,1	THD I min	3,40	2,60	3,00
4	13/03/2006	20:05:00	6,1	5,2	5,8				
5	13/03/2006	20:10:00	6,5	5,4	6,2	THD I avg max	26,50		
6	13/03/2006	20:15:00	9,8	8,1	8,7	THD I avg prom	7,79		
7	13/03/2006	20:20:00	9,9	8,2	8,8	THD I avg min	3,00		

Nota: la totalidad de los datos se anexa en archivo de Excel (CD).

Gráfica 28. Perfil de Desbalance de Corriente



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Calidad de Energía. De acuerdo con las recomendaciones que indica la **Norma IEEE 519** y después de efectuar mediciones en cada una de las tres subestaciones durante 8 días se observó que tanto las variaciones de corriente como las de voltaje están dentro de los estándares recomendados, sin embargo tenemos las siguientes observaciones y recomendaciones:

El nivel de distorsión Armónica de voltaje (**THD V**) en las subestaciones de la universidad es inferior al límite del 3% por fase recomendado por la **IEEE-519**.

El nivel de distorsión Armónica de corriente (**THD I**) en la subestación 1 presenta valores superiores a los recomendados por la **IEEE-519**: 12 %. La distorsión armónica de corriente es indicativa de la cantidad de cargas no lineales (generadoras de armónicos) que están conectadas al sistema.

De acuerdo al diagrama unifilar se puede apreciar que la carga que genera estos armónicos es por parte del alumbrado que utiliza lámparas fluorescentes, Sodio o Mercurio con balasto electrónico, los computadores también contribuyen por que internamente contienen puentes rectificadores y a su vez un sistema de regulación de voltaje por parte de las UPS's.

Los niveles de distorsión armónica encontrados son tolerables para los equipos de la planta si se desea atenuar el impacto de estos armónicos. Se recomienda instalar filtros.

Los filtros de armónicos hacen parte de las soluciones a problemas críticos de armónicos, sin embargo por ser equipos que modifican la impedancia del circuito en el cual se encuentran conectados se hace necesario ser muy cuidadoso en la selección de los mismos, previa simulación, para evitar efectos negativos en el sistema.

Los eventos (**SAG**) tienen origen en la alta corriente inrush inicial cuando se arranca un motor de gran capacidad como chillers, bombas de servicios generales, esto genera una gran carga y un bajo factor de potencia durante un

corto tiempo, la corriente se incrementa súbitamente hasta 5 veces la corriente nominal del motor, incrementando la caída de voltaje a través del sistema con la correspondiente reducción en el voltaje de utilización del equipo.

En la sub. estación 3 es donde se presenta con mayor regularidad estos eventos, se puede observar que es donde hay instalados motores de gran capacidad, dos (2) unidades enfriadoras de 250 KW y dos (2) motores de sesenta (60) y treinta (30) caballos de fuerza respectivamente. En el periodo monitoreado se observo que en las horas del medio día hasta horas de la tarde hubo varios eventos de picos de corriente se recomienda revisar el control de marcha para disminuir estos eventos.

En la sub estación 2 La Fase1 se encuentra mas cargada en un porcentaje de 9.69% el cual esta dentro de la recomendación de la norma **NTC 1340**, la cual expresa que debe ser menor del 10% sin embargo se resalta que este valor se encuentra cerca del limite. Se recomienda hacer un balance de cargas para mejorar esta condición y tener en cuenta que las futuras cargas monofasicas y bifásicas que sean instaladas en la sub estación 2 se hagan en las fases 2 y 3 para balancear el sistema.

En la sub estación 2 se encuentra circulando por el Neutro del sistema corrientes normales de desbalance y sus componentes armónicos dominantes de 3°, 9° y 15° orden, igualmente hay presencia de armónicos de 5°, 7°, 11°, 13° y 17° orden de menor magnitud (cargas no lineales), el cual es su camino natural.

Se recomienda una óptima conexión entre los conductores neutros y los barrajes en los tableros y entre neutro del transformador y la malla de tierra para garantizar un buen drenaje de estos armónicos y evitar la recirculación de los mismos dentro del sistema. Se reitera que el neutro solo debe estar aterrizado en el transformador.

Los eventos de Frecuencia son de origen externo (Generación - Transmisión) y son ocasionados por movimiento de grandes volúmenes de carga en el sistema eléctrico nacional, debido a maniobras programadas o a imprevistos.

En el presente estudio no se registraron eventos de frecuencia.

En Ahorro de Energía. Del estudio realizado podemos extractar:

La subestación 3 es la que muestra mayor consumo de energía, su tipo de carga es inductivo corresponde a las unidades de enfriamiento (**chillers**), en lo observado en las gráficas en horas de la mañana el consumo de energía promedio es de 300 KW y en horas de la tarde se incrementa un 80%, debemos tener en cuenta que la temperatura aumenta en este horario, para disminuir este consumo por el arranque de las unidades se recomienda revisar el aislamiento térmico de los edificios, la estanqueidad (puertas y ventanas cerradas), polarizar o instalar cortinas para disminuir la radiación de luz solar.

Se debe evaluar la capacidad instalada en equipos de refrigeración vs. la demanda real para lo cual se recomienda conformar un equipo interdisciplinario para hacer una revisión detallada donde se considere aspectos como:

- Perdidas por transferencia.
- Necesidad real de temperatura en las instalaciones.
- Sistema distribución ductos de aires.
- Eficiencia de las unidades instaladas.

La cargabilidad máxima de los transformadores bajo estudio son en promedio del 55%, encontramos que el transformador de la sub estación 1 presenta una cargabilidad del 35.1% de 1000KVA instalado, técnica y económicamente no es recomendable trabajar los transformadores en niveles de cargabilidad bajos (menores del 40 %) debido a las pérdidas que se generan operando.

Por lo observado en el estudio y en el diagrama unifilar la capacidad instalada en la sub estación 1 podría asumir la carga que actualmente tiene la sub estación 2 por que esta trabaja con una cargabilidad máxima de 67.24% de 500 KVA instalados, y no presenta equipos que generen corrientes inrush de magnitud considerable.

Esta modificación sacaría de servicio el transformador de 500 KVA y se notaría un ahorro en el consumo de energía, además aumentaría la eficiencia del transformador de la sub estación 1, se recomienda evaluar esta posibilidad,

teniendo en cuenta que la inversión podría ser mínima si se utiliza la acometida que las interconecta actualmente.

Otra opción sería automatizar esta configuración en periodos de mínimas demandas (horas nocturnas, fines de semana y meses de menor carga académica).

En la subestación 3 observamos que el factor de potencia en las horas nocturnas, toma valores capacitivos, esto debido a que siempre se encuentra conectado un banco de capacitores de 40 KVAR en ese horario las unidades enfriadoras se encuentran apagadas.

La demanda actual promedio de reactivos del sistema leída con el equipo durante el trabajo de campo tomada de la red es de 151 KVAR analizando el consumo del año anterior se observa que en meses de labor académica Febrero - Mayo y Agosto - Noviembre el consumo de energía reactiva tomada de la red es de 100 KVAR promedio.

Se recomienda distribuir los bancos de capacitores existentes de la siguiente forma: trasladar de la sub estación 1 2 bancos de 60KVAR a la sub estación 3 y un banco de 40 KVAR a la subestación 2.

Para un mejor control de los consumos se recomienda realizar internamente lectura de los contadores existentes de cada sub estación para sectorizar las demandas y poder establecer parámetros independientes operacionales por sub estación y tomar acciones rápidas de corrección en las desviaciones encontradas.

Se recomienda se forme un Comité De Gestión Energética, que sirva de enlace entre las decisiones económico-administrativas de las autoridades universitarias y las acciones técnico operativas de la oficina de mantenimiento.

La conformación de este Comité de Gestión Energética sería Ad Honoren y estaría conformada por seis (06) representantes, se sugiere el siguiente esquema: Presidida por un Representante Administrativo, siendo sus miembros el Jefe de Mantenimiento y un representante de cada área de la **UAO**.

Se debe fomentar la creación de una cultura energética utilizando la influencia de diferentes espacios, pagina Web, carteleras, publicaciones periódicas en la **UAO** como desarrollo del programa **URE** creando cambios de actitud hacia el ahorro en la comunidad de la UAO. La disminución de pérdidas por comportamiento de personal depende de la sostenibilidad, calidad y alcance del Programa de Ahorro de Energía.

Se recomienda hacer un estudio de iluminación en el campus, específicamente en las áreas administrativas, académicas y en el entorno de las instalaciones y así determinar si estamos dentro o fuera de los rangos que especifica **RETIE** en el Capítulo 2 de (requisitos técnicos esenciales), en el artículo # 16 (iluminación) que especifica una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual y hace más agradable y acogedora la vida.

Si se tiene en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial, se comprenderá el interés que hay en establecer los requisitos mínimos para realizar los proyectos de iluminación, en la **UAO** aunque existe iluminación adecuada para ahorra energía hace falta considerar otro factores como son la ubicación de luminarias, altura, intensidad lumínica, tipos de lámparas, etc. de ello depende que se pueda lograr un ahorro en el consumo de energía.

De acuerdo a lo anterior actualmente podemos contar con una tecnología avanzada de equipos más eficientes y de menor consumo.

Se debe seguir estimulando el desarrollo de la Investigación con prioridad en temas que resuelvan las necesidades principales de la **UAO** concernientes al ahorro energético. Para efectos del presente Reglamento se establecen niveles de iluminancia, adoptados de la Norma ISO 8995. **Ver ANEXO G**

Se recomienda elaborar un estudio para Establecer un sistema de medición y control de las variables energéticas, que permitan crear indicadores de gestión para crear parámetros de control y metas de mejoramiento enfocadas a realizar seguimiento del programa de ahorro energético que se establezca.

Realizar un diagnostico energético de grado tres a nivel de cada subestación específica, partiendo de los parámetros

ya establecidos para .detectar las desviaciones entre las condiciones de operación con las del diseño de los equipos instalados y así jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso. Este estudio deba partir teniendo en cuenta el anterior documento y su objetivo deberá centrarse en el sistema de distribución

8. RECURSOS

8.1 EQUIPOS

MULTIMETRO DIGITAL FLUKE

PINZA VOLTIAMPERIMETRICA

COMPUTADOR PORTATIL

ANALIZADOR DE REDES TIPO POWER PRO MARCA CANDURA.

8 Canales (4 Voltaje-4 Corriente)

Rango de Voltaje: 240-600 Voltios

Pinzas TC's 1000A

Pinzas TC's Flexibles 3000 A

Pinzas TC's 5A

Tarjeta de Memoria 64 MB

8.2. MATERIALES

Consumos mensuales de la universidad, por cada frontera, durante el año 2005 y lo que va del 2006.

Censo de equipos eléctricos grandes consumidores instalados en las diferentes sedes: equipo, consumo nominal (Kwh.), tiempo aproximado de funcionamiento diario.

Registro de carga horaria de las sedes de la Universidad.

Unifilar eléctrico de cada sede de la Universidad, con los valores de las cargas principales conectadas a cada subestación y sus voltajes.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA ANDI. Guía para el uso racional de energía por procesos en la industria. 2 ed. Medellín : Librería de la Universidad Pontificia Bolivariana, 1998. 60 p.

CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE – UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS - CUBA. Gestión energética empresarial. Cali, 2004. 220 p.

DUGAN R., M.; McGranaghan, W. Beaty. Electrical Power Systems Quality. 2 ed. New York :McGraw Hill, 1996. 300 p.

G. ENRÍQUEZ HARPER. Fundamentos de sistemas de energía eléctrica. 2 ed. México: Limusa, 1985. 373. p.

HERNÁNDEZ S, R. Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill, 1991. 95 p.

IEEE. Red Book Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems: Standard 519. 2 ed. Washington: D.C: IEEE Corporate Communications, 1993. 98 p.

IEEE. Red Book Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants: Standard 141. 4 ed. Washington: D.C: IEEE Corporate Communications , 1992. 103 p.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Plan de Desarrollo Sostenible. Rectoría Universidad. España, 1995. 60 p.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. UPME. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Evaluación del potencial y estructura del mercado de servicios de uso racional y eficiente de energía. Bogota D.C, 2002. 120 p.

WESTINGHOUSE. Manual del alumbrado. 3 ed. México: Dossat, 1984. 101 p.

ANEXOS

Anexo A. Categorías y Características de los Fenómenos Electromagnéticos en Sistemas de Potencia

Categorías	Contenido Espectral Típico	Duración Típica	Magnitud de Voltaje Típica
1.0- Transitorios			
1.1- Tipo Impulso			
1.1.1- Nanosegundos	5-ns de pendiente	< 50 ns	
1.1.2- Microsegundos	1- μ s de pendiente	50 ns - 1 ms	
1.1.3- Milisegundos	0.1-ms de pendiente	> 1ms	
1.2- Tipo Oscilatorio			
1.2.1- Baja Frecuencia	< 5 kHz	0.3-50 ms	0-4 p.u.
1.2.2- Media Frecuencia	5-500 kHz	20 μ s	0-8 p.u.
1.2.3- Alta Frecuencia	0.5-5 kHz	5 μ s	0-4 p.u.
2.0- Variaciones de Corta Duración			
2.1- Instantáneas			
2.1.1- Interrupción		0.5-30 ciclos	< 0.1 p.u.
2.1.2- Caídas de Tensión (SAG)		0.5-30 ciclos	0.1-0.9 p.u.
2.1.3- Subida de Tensión (Swell)		0.5-30 ciclos	1.1-1.8 p.u.
2.2- Momentáneas			
2.2.1- Interrupción		30 ciclos-3 s	< 0.1 p.u.
2.2.2- Caídas de Tensión (SAG)		30 ciclos-3 s	0.1-0.9 p.u.
2.2.3- Subida de Tensión (Swell)		30 ciclos-3 s	1.1-1.4 p.u.
2.3- Temporales			
2.3.1- Interrupción		3 s-1 min.	< 0.1 p.u.
2.3.2- Caídas de Tensión (SAG)		3 s-1 min.	0.1-0.9 p.u.
2.3.3- Subida de Tensión (Swell)		3 s-1 min.	1.1-1.2 p.u.
3.0- Variaciones de Larga Duración			
3.1- Interrupción Sostenida		>1 min.	0.0 p.u.
3.2- Subtensión		>1 min.	0.8-0.9 p.u.
3.1- Sobre tensión		>1 min.	1.1-1.2 p.u.
4.0- Desbalance de Tensión		Estado Estable	0.5-2 %
5.0- Distorsión de Forma de la Señal			
5.1- DC Adicional		Estado Estacionario	0-0.1 %
5.2- Armónicos	0-100 ^{mo} Armónico	Estado Estable	0-20 %
5.3- Inter Armónicos	0-6 kHz	Estado Estable	0-2 %
5.4- Muesca (notching)		Estado stable	
5.5- Ruido	Banda Ancha	Estado Estable	0-1 %
6.0- Fluctuaciones de Voltaje	<25 Hz	Intermitente	0.1-7 %
7.0- Variación de Frecuencia Industrial		< 10 s	

Anexo B. Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas Generales de Distribución (120 V hasta 69.000 V))

Máxima distorsión Armónica de Corriente (% de I_L)						
Orden Individual de Armónicos (armónicos impares)						
I_{SC}/I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

NOTAS

- Armónicos pares están limitados al 25 % de los límites para los armónicos pares arriba enunciados.
- Distorsiones de corriente que resulten en un directo bajón de corriente (por ejemplo, convertidores de media onda, no están permitidos).
- Donde I_{SC} es la corriente máxima de corto circuito en PCC.
- I_{LL} es la corriente de máxima de demanda-carga (componente fundamental de Frecuencia) en PCC.

* Todo equipo de generación de potencia esta limitado a estos valores de distorsión de corriente, sin importar su actual I_{SC}/I_L .

Límites de Distorsión de Voltaje

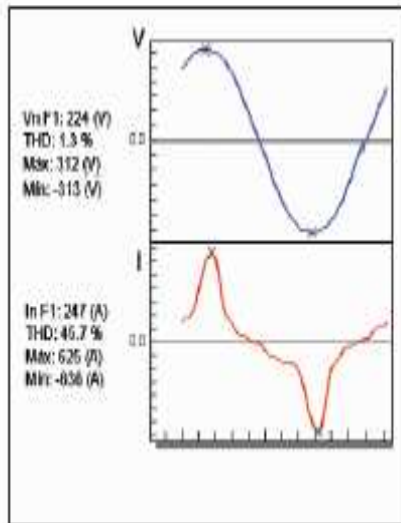
Voltaje de Barra en PCC	Distorsión Individual de Voltaje (%)	Distorsión Total de Voltaje THD (%)
69 KV e inferiores	3.0	5.0
69.001 KV hasta 161 KV	1.5	2.5
161 KV y superiores	1.0	1.5

NOTA:

Sistemas de alta tensión pueden tener hasta 2.0 % THD donde la causa sea un Terminal HVDC que se atenuara en el tiempo que el usuario lo active.

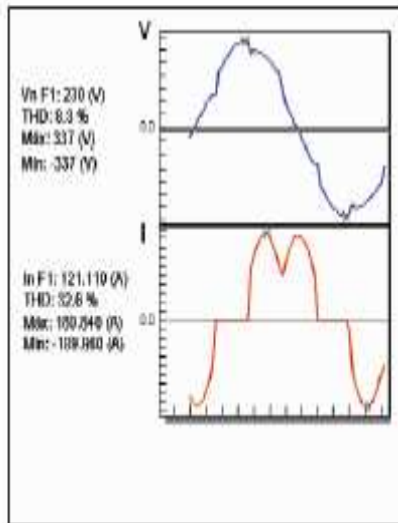
Anexo C. Formas de Onda en Circuitos Electricos

FIGURA 1



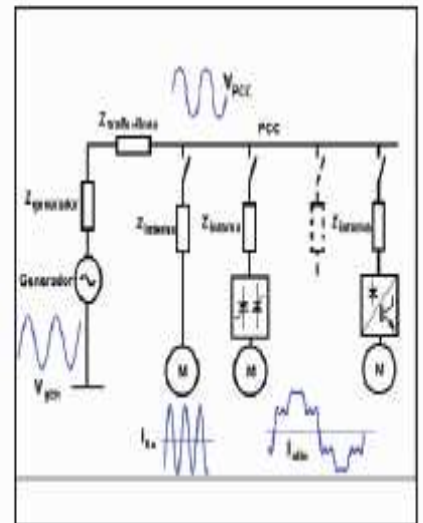
Formas de onda típicas en red monofásica

FIGURA 2



Formas de onda típicas en red trifásica

FIGURA 3



Armónicos de corriente y armónicos de tensión en el PCC

Anexo D. Límites de Calidad de Onda Norma Europea IEC-61000-2-4

Orden del armónico h	Clase 1 Un%	Clase 2 Un%	Clase 3 Un%
2	2	2	3
3	3	5	6
4	1	1	1,5
5	3	6	8
6	0,5	0,5	1
7	3	5	7
8	0,5	0,5	1
9	1,5	1,5	2,5
10	0,5	0,5	1
>10 mult. de 2	0,2	0,2	1
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
15	0,3	0,3	2
17	2	2	4
19	1,5	1,5	4
21	0,2	0,2	1,75
>21 mult de 3	0,2	0,2	1
23	1,5	1,5	3,5
25	1,5	1,5	3,5
>25 no mult de 2 ni 3	$0,2+12,5/h$	$0,2+12,5/h$	$5 \times \sqrt{11/h}$
THD(V)	5%	8%	10%

Anexo E. Terminología usada en Calidad de Energía

Armónico: Onda Senoidal de tensión o corriente cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental del sistema.

Calidad de Energía: IEEE 1159-95 define: “el termino se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo dado y en un sitio definido del sistema de potencia”.

La Resolución 070 de 1998 de la **CREG** define: “El termino de la calidad de potencia suministrada se refiere a las perturbaciones y variaciones de estado estacionario de la tensión y corriente suministrada por el OR (Operador de Red). El termino Calidad del servicio suministrado se refiere a los criterios de confiabilidad del servicio”.

Carga No Lineal: carga en la cual la forma de onda de corriente en estado estable no sigue la forma de onda de la tensión aplicada, debido a que su impedancia varia durante el ciclo de entrada de la forma de onda de voltaje.

Desbalance de Tensión: Máxima desviación del promedio de la Tensión Trifásica dividido por el promedio de la tensión, expresada en porcentaje.

Distorsión de la forma De Onda: Desviación de la señal de tensión o corriente respecto de la onda Senoidal ideal.

Factor de Cresta: Relación entre el valor pico de la onda y el valor RMS de la misma.

Filtro de Armónicos: Dispositivo formado por resistencia, inductancia y capacitancia con el objeto de filtrar o drenar una o varias componentes armónicas presentes en un sistema eléctrico.

Flicker: Inestabilidad visual, sensación producida por estímulos de luz cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Inmunidad: Capacidad de un sistema para continuar operando satisfactoriamente al estar sometidos a perturbaciones electromagnéticas.

Notche: Perturbación originada por la operación de equipos electrónicos de potencia (rectificadores de 6 – 12 pulsos), sobre la onda de tensión, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

SAG: Variación de corta duración, específicamente disminución del valor RMS de la señal de voltaje o corriente a la frecuencia del sistema, con duración típica entre 0.5 Ciclos – 1 Minuto y magnitud entre 0.1 – 0.9 p.u. Se clasifican en Instantáneas, Momentáneas y Temporales de acuerdo a su duración y magnitud. (Ver Anexo 1)

Sobre tensión (OverVoltage): Variación de larga duración que incrementa el valor RMS de la señal de voltaje a la frecuencia del sistema, con duración > 1 minuto y magnitud entre 1.1 – 1.2 p.u. (ver Anexo 2).

Susceptibilidad: Capacidad de un equipo eléctrico o electrónico para generar una respuesta no deseada cuando es sometido a una perturbación electromagnética.

Subtensión (UnderVoltage): Variación de larga duración que disminuye el valor RMS de la señal de voltaje a la frecuencia del sistema, con duración típica > 1 minuto y magnitud entre 0.8 – 0.9 p.u. (Ver ANEXO B.).

Swell: Variación de corta duración, específicamente el incremento del valor RMS de la señal de voltaje o corriente a la frecuencia del sistema, con duración típica entre 0.5 Ciclos – 1 Minuto y magnitud entre 1.1 – 1.8 p.u. Se clasifican en Instantáneas, Momentáneas y Temporales de acuerdo a su duración y magnitud. (Ver ANEXO B.).

Voltaje RMS: $V_{rms} = 70.7 \% \text{ Voltaje Pico.}$

Voltaje Promedio: $V_{average} (\frac{1}{2} \text{ Ciclo}) = 63.7\% \text{ Voltaje Pico.}$

Voltaje Pico-Pico: $2 \times V_{pico}$

Anexo F. Fuentes Generadoras de Armónicos

- Variadores de Velocidad ajustables
- Hornos de Arco para fundición de acero
- Soldadores
- Motores DC
- Motores AC con control de velocidad
- Puentes Rectificadores
- Fuentes de Alimentación conmutada
- UPS's
- Rectificadores DC para procesos Químicos.
- Rectificadores de Arco de Mercurio
- Lámparas Fluorescentes, Sodio o Mercurio con balasto electrónico.
- Diodos
- Tiristores
- Transformadores saturados
- Convertidores de Frecuencia
- Cargadores de Batería
- Cualquier carga que cause distorsión en la onda Senoidal.

Efectos de los Armónicos. El grado de tolerancia a los armónicos esta determinado por la susceptibilidad de la carga o de la fuente de potencia, entre los principales efectos de los armónicos de Voltaje y Corriente en un sistema de potencia está:

- Aumento de la probabilidad de existencia de sobre corrientes por resonancias serie y paralelo.
- Reducción de la eficiencia en generación, transmisión y distribución.
- Envejecimiento del aislamiento de los componentes de una planta y reducción de su vida útil.
- Incorrecta operación de equipos de regulación, de protección, de tarificación (perdidas negras).
- Incremento de perdidas activas.
- Incremento de ruido y vibración en maquinas rotativas.
- Todos los efectos económicos, de seguridad, de producción, etc. que originan las suspensiones, salidas de circuito, daños en equipos ocasionadas por un nivel alto de armónicos en un sistema de potencia.

Mitigación de Armónicos

- Filtros Armónicos, clasificados en Serie, Paralelo, Activos (compensación armónica en contrafase – espejos), Pasivos (valores fijos).
- De rateo de Transformadores.
- De rateo de Conductores (Fases y Neutro).

- Relocalización de cargas y equipos.
- Balanceo de cargas.
- Actualización de Equipos: reemplazo gradual de equipos generadores de armónicos por equipos con tecnología de punta que incluyen filtros que controlan una buena parte de los armónicos que generan, sin inyectarlos a la red.
- Mallas de Tierra en buen estado.

Anexo G. Niveles de iluminancia, adoptados de la Norma ISO 8995.

	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
Áreas generales en las construcciones Áreas de circulación, corredores Escaleras, escaleras mecánicas Vestidores, baños. Almacenes, bodegas.	50 100 100 100	100 150 150 150	150 200 200 200
Talleres de ensamble Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automóviles Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	200 300 500 1000	300 500 750 1500	500 750 1000 2000
Procesos químicos Procesos automáticos Plantas de producción que requieren intervención ocasional Áreas generales en el interior de las fábricas Cuartos de control, laboratorios. Industria farmacéutica Inspección Balanceo de colores Fabricación de llantas de caucho	50 100 200 300 300 500 750 300	100 150 300 500 500 750 1000 500	150 200 500 750 750 1000 1500 750
Fábricas de confecciones Costura Inspección Prensado	500 750 300	750 1000 500	1000 1500 750
Industria eléctrica Fabricación de cables Ensamble de aparatos telefónicos Ensamble de devanados Ensamble de aparatos receptores de radio y TV Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	200 300 500 750 1000	300 500 750 1000 1500	500 750 1000 1500 2000
Industria alimenticia Áreas generales de trabajo Procesos automáticos Decoración manual, inspección	200 150 300	300 200 500	500 300 750
Fundición Pozos de fundición Moldeado basto, elaboración basta de machos Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	150 200 300	200 300 500	300 500 750

Trabajo en vidrio y cerámica	100	150	200
Zona de hornos	200	300	500
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	00	500	750
Terminado, esmaltado, envidriado	500	750	1000
Pintura y decoración	750	1000	1500
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino			
	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
Trabajo en hierro y acero	50	100	150
Plantas de producción que no requieren intervención manual	100	150	250
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	200	300	500
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	300	500	750
Plataformas de control e inspección			
Industria del cuero	200	300	500
Áreas generales de trabajo	500	750	1000
Prensado, corte, costura y producción de calzado	750	1000	1500
Clasificación, adaptación y control de calidad			
Taller de mecánica y de ajuste	150	200	300
Trabajo ocasional	200	300	500
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	300	500	750
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	500	750	1000
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	1000	1500	2000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas			
Talleres de pintura y casetas de rociado	200	300	500
Inmersión, rociado basto	300	500	750
Pintura ordinaria, rociado y terminado	500	750	1000
Pintura fina, rociado y terminado	750	1000	1500
Retoque y balanceo de colores			
Fábricas de papel	200	300	500
Elaboración de papel y cartón	150	200	300
Procesos automáticos	300	500	750
Inspección y clasificación			
Trabajos de impresión y encuadernación de libros	300	500	750
Recintos con máquinas de impresión	500	750	1000
Cuartos de composición y lecturas de prueba	750	1000	1500
Pruebas de precisión, retoque y grabado	1000	1500	2000
Reproducción del color e impresión	1500	2000	3000
Grabado con acero y cobre	300	500	750
Encuadernación	500	750	1000
Decoración y estampado			
Industria textil	200	300	500
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	300	500	750
Giro, embobinamiento, enrollamiento peinado, tintura	500	750	1000
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	750	1000	1500
Costura, desmoteo, inspección			

Talleres de madera y fábricas de muebles	150	200	300
Aserraderos	200	300	500
Trabajo en banco y montaje	300	500	750
Maquinado de madera	500	750	1000
Terminado e inspección final			
Oficinas	300	500	750
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	500	750	1000
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	300	500	750
Salas de conferencia			
	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
Hospitales			
<i>Salas</i>	50	100	150
Iluminación general	200	300	500
Examen	150	200	300
Lectura	3	5	10
Circulación nocturna			
<i>Salas de examen</i>	300	500	750
Iluminación general	750	1000	1500
Inspección local			
<i>Terapia intensiva</i>	30	50	100
Cabecera de la cama	200	300	500
Observación	200	300	500
Estación de enfermería			
<i>Salas de operación</i>	500	750	1000
Iluminación general	10000	30000	100000
Iluminación local			
<i>Salas de autopsia</i>	500	750	1000
Iluminación general	5000	10000	15000
Iluminación local			
<i>Consultorios</i>	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			
<i>Farmacia y laboratorios</i>	300	400	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			
Almacenes			
<i>Iluminación general:</i>	500	750	
En grandes centros comerciales	300	500	
Ubicados en cualquier parte	500	750	
Supermercados			

Colegios			
<i>Salones de clase</i>	300	500	750
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	500	750	1000
Elaboración de planos			
<i>Salas de conferencias</i>	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	300	500	750
<i>Laboratorios</i>	300	500	750
<i>Salas de arte</i>	300	500	750
<i>Talleres</i>	150	200	300
<i>Salas de asamblea</i>			

Beneficios de la Innovación Tecnológica en Sistemas de Iluminación. Los beneficios que podemos obtener por la innovación tecnológica en sistemas de iluminación son de tres tipos: económicos, técnicos y ambientales.

A continuación presentaremos de forma general cada uno de ellos.

- **Beneficios económicos**

Disminución en costos de operación (consumo energético).

Menor costo por reposición (mayor vida útil del nuevo sistema).

Incremento de la productividad.

- **Beneficios Técnicos**

Eliminación del efecto estroboscopio (evitando posibles accidentes en tornos, etc.).

Mayor disponibilidad de los equipos (mayor vida útil).

Mejor índice de reproducción cromática

Incremento del nivel de iluminación actual, el cual es bajo, principalmente en la jornada nocturna.

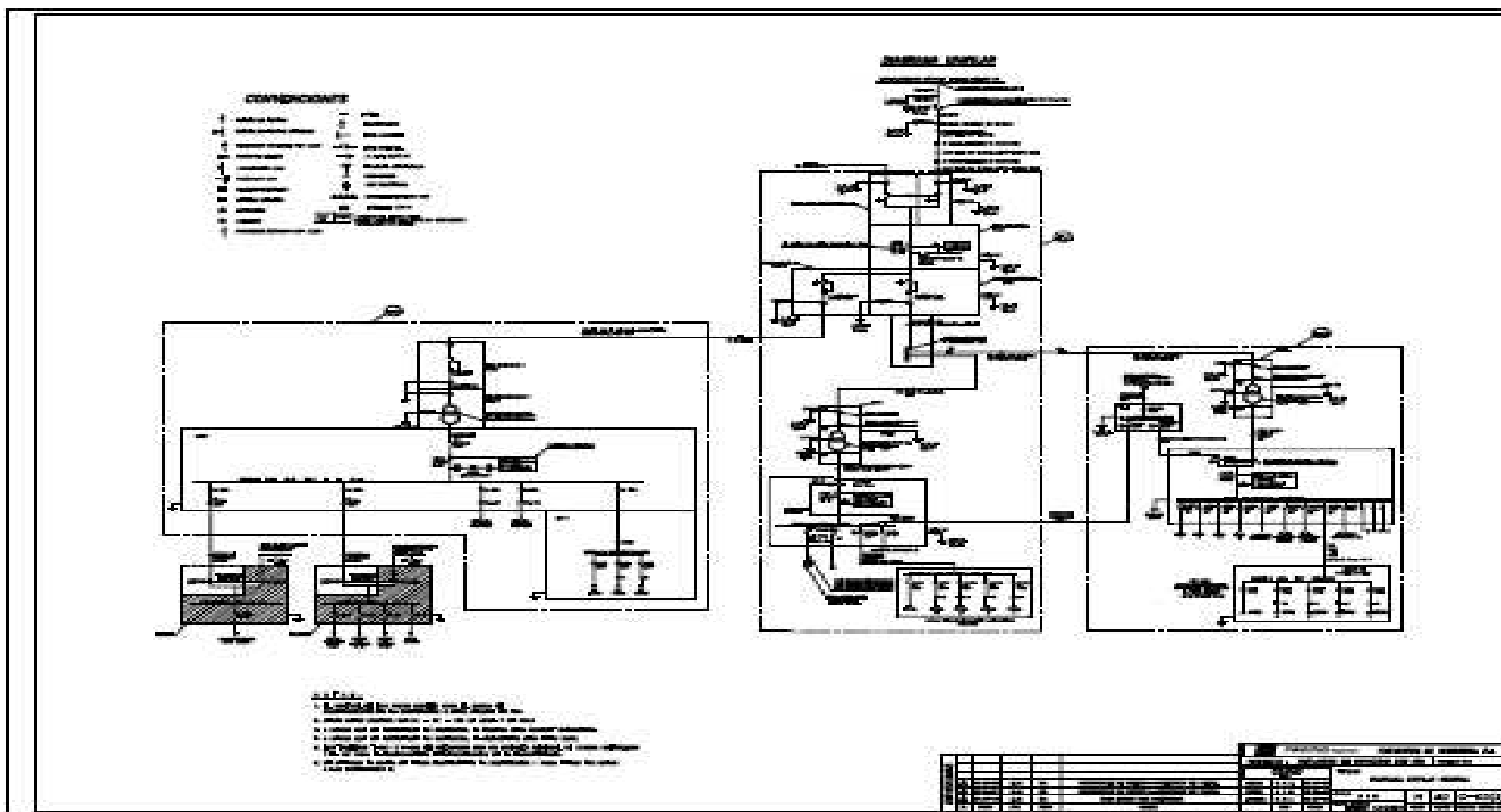
Mayor eficiencia lumínica, con menor pérdida por conversión de radiación UV.

- **Beneficios Ambientales**

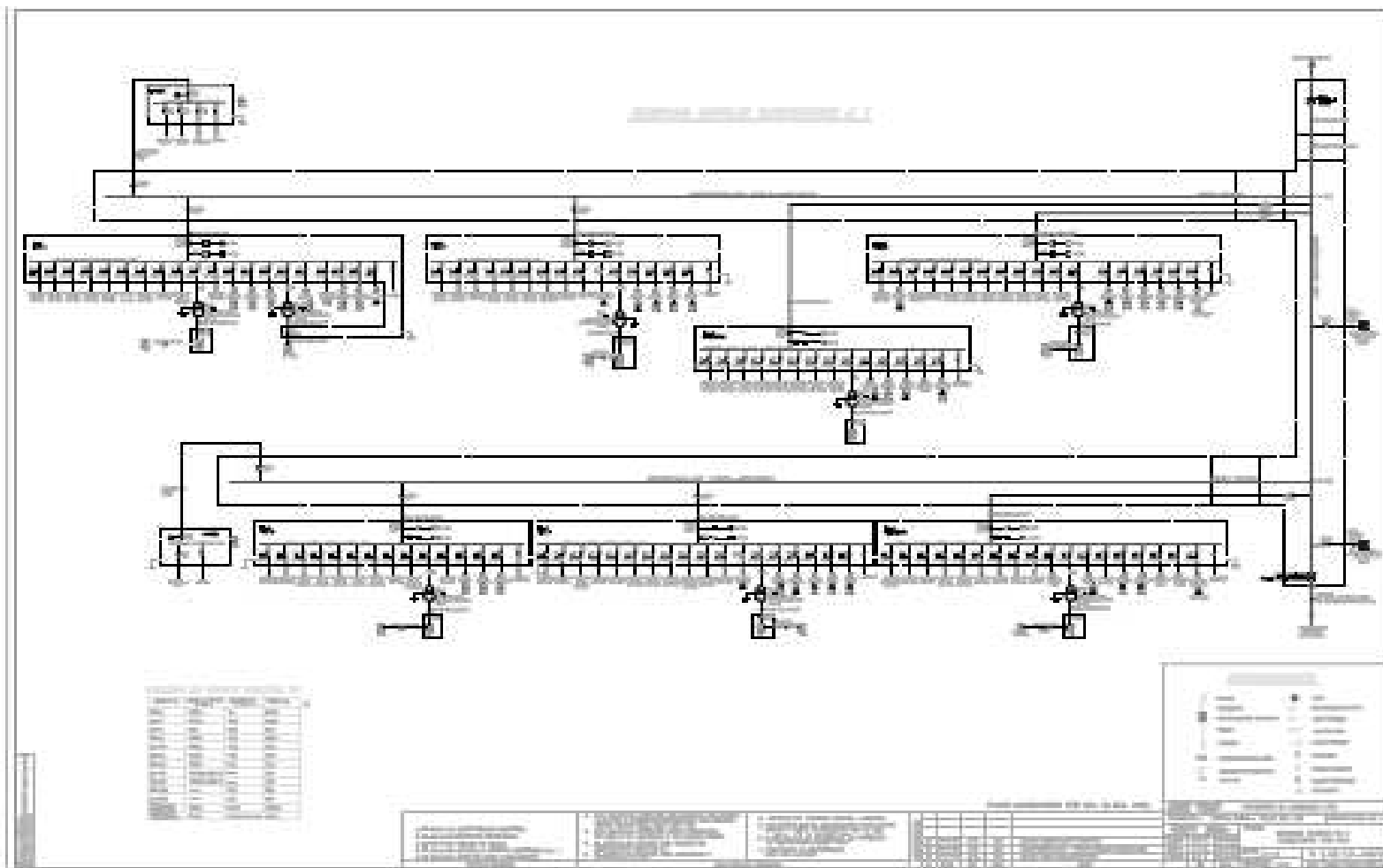
Disminución de emisiones (efecto invernadero)

Reducción de residuos sólidos especiales (mercurio).

Anexo H Diagrama unifilar.



Anexo I Diagrama unifilar subestacion 1.



Anexo J Diagrama unifilar subestacion 2.

