



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Departamento de Electroenergética.

TRABAJO DE DIPLOMA

*Título: Actualización del sistema de suministro eléctrico en la
delegación del MININT de Villa Clara*

Autor: Yassel Pérez Consuegra

Tutor: Dr. Carlos de León Benítez

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Electroenergética.



TRABAJO DE DIPLOMA

**Actualización del sistema de suministro eléctrico en
la delegación del MININT de Villa Clara**

Autor: Yassel Pérez Consuegra

A-mail: ypconsuegra@uclv.edu.cu

Tutor: Dr. Carlos de León Benítez

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Eléctrica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

Lo más importante no está en hacer cosas extraordinarias sino en hacer las cosas ordinarias extraordinariamente bien.

Fidel Castro Ruz.

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mis padres ya que siempre han confiado en mí y brindado su apoyo en todo momento.

A mis amigos: por brindarme su apoyo en los momentos más difíciles en estos cinco años y por su amistad incondicional.

A mis compañeros: por haber compartido estos cinco años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por apoyarme y guiarme por el buen camino siempre.

A mi padre, por su ejemplo y sus consejos siempre oportunos.

A la Revolución cubana por haberme permitido realizar mi sueño.

A todos los profesores de la Facultad de Eléctrica que han tenido que ver de alguna manera en mi formación como ingeniero y en la guía durante todo el proceso de mi labor.

A mi tutor Carlos de León, por su tiempo y su contribución a este proyecto.

A los Ingenieros Junior y Darisleydi por la orientación.

Al Ing. Yansel Antonio Santos Jiménez por su extensa colaboración.

A mis compañeros, que han compartido conmigo los momentos tristes y alegres de la vida estudiantil.

A todos los que de una forma u otra intervinieron y aportaron con sus modestos esfuerzos a la realización de este trabajo.

A todos,

MUCHAS GRACIAS.

TAREA TÉCNICA

Actualización del sistema de suministro eléctrico en la delegación del MININT de Villa Clara.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

El presente Trabajo de Diploma fue realizado en la Delegación del MININT de Villa Clara. El mismo consiste en realizar una actualización del sistema de suministro eléctrico en la dicha instalación. Para su realización fue necesario confeccionar los diagramas monolineales, y, además, con la información referente a datos de potencia de las cargas, brindados por el personal especializado, se hizo una simulación de flujo de potencia. Esto aporta pormenores sobre el consumo y pérdida de energía en el sistema eléctrico. Más adelante se comprobaron que los resultados obtenidos estén dentro de las normas y los elementos que componen el sistema estén bien seleccionados. También se ponen a disposición un conjunto de medidas para mejorar la eficiencia energética en el centro. Al final se arriban a conclusiones y se brindan recomendaciones que permiten determinar las acciones por seguir para solucionar los problemas de suministro.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN	1
Organización del informe.....	3
CAPÍTULO 1. Marco teórico y Normativas.	4
1.1 Introducción.	4
1.2 Glosario de términos utilizados.....	5
1.3 Cargas.....	8
1.3.1 Demanda máxima.	8
1.3.2 Factor de demanda.	9
1.4 Diagramas monolineales.	10
1.5 Flujo de Carga.	10
1.6 Transformador.	10
1.6.1 Transformadores de fuerza.....	11
1.6.2 Transformadores de distribución.	11
1.6.3 Operación de los transformadores de potencia.	11
1.6.4 Capacidad de sobrecarga.....	12
1.7 Normas de Voltaje.....	16
1.8 Conductores.....	19
1.8.1 Cables.....	19

1.9	Medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética.	23
1.9.1	Eficiencia energética en el sistema eléctrico.	24
1.9.2	Eficiencia energética en iluminación.	26
1.9.3	Eficiencia energética en los sistemas de climatización.	27
1.9.4	Eficiencia energética en equipos de Refrigeración.	29
1.9.5	Eficiencia energética en equipos de bajo consumo.	29
1.10	Conclusiones parciales.	30
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.		31
2.1	Diagrama de la instalación.	31
2.2	Sistema de metraje actual.	33
2.3	Composición de la carga.	33
2.3.1	Banco 1.	34
2.3.2	Banco 2.	35
2.3.3	Banco 3.	36
2.3.4	Cálculo general.	37
2.4	Confeción de los diagramas monolineales.	37
2.4.1	Banco 1.	38
2.4.2	Banco 2.	38
2.4.3	Banco 3.	39
2.5	Flujo de carga aproximado.	39
2.5.1	Acometida.	39
2.5.2	Transformador.	40
2.5.3	Línea.	41
2.5.4	Cargas.	41

2.6	Análisis de resultados.....	43
2.6.1	Cargabilidad.....	57
2.6.2	Calidad de Voltaje.....	59
2.6.3	Redistribución de la Carga.....	60
2.7	Medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética.....	65
2.7.1	Medidas para el sistema eléctrico.....	65
2.7.2	Medidas en la iluminación.....	66
2.7.3	Medidas para los sistemas de climatización.....	67
2.7.4	Medidas en los sistemas de refrigeración.....	68
2.7.5	Medidas para los equipos de Computación.....	68
2.8	Conclusiones parciales.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		70
Conclusiones.....		70
Recomendaciones.....		70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....		71

INTRODUCCIÓN

El mundo depende de la energía para la iluminación de los hospitales, la calefacción de las escuelas, y para proveer gas, calor y luz eléctrica a los hogares a través de todo el planeta. Sin embargo, una parte de la población mundial (20 %) no tiene acceso a electricidad, y otra (40 %) usa leña y otro tipo de biomasa como combustibles domésticos.

La energía es fundamental para el crecimiento económico sostenido, la reducción de la pobreza y el fomento de la prosperidad compartida. El desarrollo empresarial, la creación de empleo y la generación de ingresos requieren un suministro energético adecuado que sea a la vez asequible y confiable. Sin embargo, en muchas partes del mundo en desarrollo esto constituye una lucha permanente.

En realidad se vive en una sociedad que se podría denominar como "energívora". En esta sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo, este escenario está cambiando de forma drástica, y se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía, debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

Cuba no escapa de la problemática actual referida al agotamiento de los recursos energéticos disponibles, lo cual se ve influenciado con una elevación de los precios de los combustibles en el mercado internacional. La economía cubana sufre de las embestidas de la crisis en el suministro energético, que se extienden en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas

exportadoras y a los servicios sociales básicos, en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas es severo. Esta situación obliga a la dirección del país a tomar medidas y programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance es global y sectorial.

A favor de la ardua labor en Cuba, por obtener una mayor eficiencia energética, la Delegación del MININT en Villa Clara, encargada del orden interior y la seguridad del estado, enfoca su atención a diferentes unidades repartidas por toda la provincia. Con el apoyo de la Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villa Clara y de los cadetes insertados en dicha institución, se realiza una caracterización energética a estas unidades con el fin de fomentar el uso racional de la energía. Esta entidad se encuentra estructurada por una serie de órganos que, en la medida del paso del tiempo, se evidencia una tendencia en el aumento de la carga eléctrica. Las cargas eléctricas constituyen los receptores de energía, por lo que el conocimiento de sus características y comportamiento en cada momento es de gran importancia. A través de este conocimiento se puede obtener datos exactos del consumo diario de energía, así como las pérdidas.

Problema de investigación

¿Cómo disminuir los índices energéticos en la Delegación del MININT de Villa Clara?

Hipótesis de investigación

La remodelación del esquema de suministro eléctrico en la Delegación del MININT de Villa Clara con una caracterización adecuada de las cargas principales que conforman la misma, puede contribuir a disminuir los índices energéticos.

Objetivo general:

Actualizar el sistema de suministro eléctrico en la Delegación del MININT de Villa Clara.

Objetivos específicos:

- Renovar el esquema de suministro eléctrico de la instalación.
- Determinar las zonas de consumo por área.

- Seccionalización de las diferentes áreas sobre la base de las características de cada una de ellas.
- Propuesta de medidas para el uso eficiente de la energía eléctrica.

Organización del informe

Este Trabajo de Diploma consta de dos capítulos, en el Capítulo 1 se realiza una revisión bibliográfica sobre aspectos significativos por tener en cuenta para el diagnóstico del sistema de suministro eléctrico (SE) en instalaciones industriales o de los servicios, de los elementos que componen el sistema y de las particularidades de su funcionamiento. Se detallan las normas de voltaje, los tipos de sobrecarga en donde pueden estar expuestos los transformadores, tablas para la correcta selección de conductores y un conjunto de medidas enfocadas en la eficiencia energética. En el Capítulo 2 se ponen en práctica una serie de tareas como la descripción detallada de la unidad, la composición de la carga, la confección de los diagramas monolineales, la aplicación del flujo de carga a los mismos, el análisis de los resultados obtenidos y, al final, se proponen medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética.

CAPÍTULO 1. Marco teórico y Normativas

1.1 Introducción

El presente estudio está enfocado directamente en proponer los parámetros de diseño por considerarse para la modernización del sistema eléctrico de la delegación del MININT, mediante el análisis técnico-eléctrico de sus instalaciones actuales.

En primera instancia, se llevará a cabo el diseño de los diagramas monolineales de todo el predio, con el fin de conocer la distribución física que tiene el centro.

A continuación, se recabará la información relacionada con la carga instalada, con el equipamiento especial existente en las diferentes áreas de servicio y con la configuración actual de sistema que incluye tablero principal de distribución, centros de carga, generador de emergencia, etcétera.

Con estas primeras acciones, se busca tener una idea inicial de cuáles pueden ser los posibles requerimientos eléctricos de la delegación.

Mediante equipos de medición adecuados, se obtienen valores de diferentes parámetros eléctricos que, complementados con la información previamente digitalizada de los levantamientos eléctricos y de carga, permiten realizar los diferentes análisis que presentan como resultado un conocimiento amplio de la situación eléctrica actual de las instalaciones.

La realidad del sistema, reflejada en los resultados del análisis, serán la plataforma y la justificación fundamental para proponer el nuevo diseño de la instalación eléctrica que siga fundamentos de ingeniería basados en criterios normativos y de eficiencia energética.

1.2 Glosario de términos utilizados

Acometida: Se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea, según sea el caso, que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y, por el otro, tiene conectado el sistema de medición. Además, en las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarayos para proteger la instalación y el equipo de alto voltaje.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de suministro de un sistema, derivado separadamente u otra fuente de suministro, y el último dispositivo de sobrecorriente del circuito ramal.

Equipo: Término general que incluye material, accesorios, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos similares que forman parte de una instalación eléctrica.

Equipo de acometida: Equipo necesario generalmente: interruptores automáticos y manuales, fusibles y demás accesorios conectados a los conductores de acometidas a una edificación, destinado para la desconexión general del suministro.

Interruptor automático (Circuit breaker): Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito de manera manual y abrir el circuito automáticamente, cuando se produzca una sobrecorriente.

Interruptor de transferencia (transfer): Dispositivo manual o automático que sirve para transferir las conexiones de uno o más conductores de una fuente a otra.

Pizarra de distribución: Caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro del sistema eléctrico.

Partes energizadas: Componentes eléctricos como conductores, barras, terminales, etcétera; sin aislamiento o expuestos.

Salida: Punto del sistema cableado donde se toma corriente para alimentar el equipo de utilización.

Servicio continuo: Operación de una carga sustancialmente constante por un tiempo indefinidamente largo.

Sobrecarga: Funcionamiento de un equipo por encima de su potencia nominal, o en un conductor, su capacidad nominal de conducción, que sufre daños cuando su periodo de funcionamiento bajo estas condiciones es considerable.

Tierra: Conexión conductora intencional o accidental, entre un circuito eléctrico o equipo y la tierra. (Castillo, 2011).

Tensión nominal del sistema: Tensión por la que se designa un sistema.

Tensión máxima y mínima de un sistema (excluyendo condiciones transitorias o anormales).

- **Tensión máxima de un sistema:** El valor máximo de tensión que ocurre bajo condiciones normales de operación, en cualquier instante y en cualquier punto del sistema.

Excluye las tensiones transitorias tales como las debidas a las conmutaciones y las variaciones temporales de tensión.

- **Tensión mínima de un sistema:** El valor mínimo de tensión que ocurre bajo condiciones normales de operación, en cualquier instante y en cualquier punto del sistema.

Excluye las tensiones transitorias tales como las debidas a las conmutaciones y las variaciones temporales de tensión.

Terminales de entrega del suministro: El punto donde se conecta el sistema de distribución de la autoridad suministradora de electricidad con el sistema eléctrico del consumidor.

Tensión de suministro: Tensión entre fases o entre fase y neutro en los terminales de entrega.

Rango de tensión de suministro: Rango de tensiones en los terminales de entrega.

Tensión de utilización: Es la tensión entre fases o entre fase y neutro en las salidas o en los terminales del equipo receptor.

Rango de tensión de utilización: Es el rango de tensión en las salidas o en los terminales del equipo receptor.

Tensión declarada de los equipos: Es la tensión asignada generalmente por el fabricante, para una condición específica de operación de un componente, dispositivo o equipo.

Tensión máxima para un equipo: Tensión máxima para la cual el equipo es especificado respecto a:

- el aislamiento
- otras características que pueden ser referidas a la tensión máxima en las especificaciones correspondientes del equipo.

La tensión máxima para el equipo es el valor máximo de la tensión máxima del sistema para el cual puede ser usado.

Tensión nominal de utilización: Tensión declarada de ciertos equipos receptores usados en el sistema (NC:365, 2004).

Calibre de Alambre Estadounidense: El calibre de alambre estadounidense (CAE, en inglés AWG - American Wire Gauge) es una referencia de clasificación de diámetros. En muchos sitios de Internet y también en libros y manuales, especialmente de origen norteamericano, es común encontrar la medida de conductores eléctricos (cables o alambres) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) es menos susceptible a la interferencia, posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

La escala fue creada en 1857 por la compañía J.R. Brown & Sharpe de Providence (Rhode Island), por tal motivo la escala también fue conocida como la Brown and Sharpe Gauge. Lucien Sharpe presentó la idea ante la Asociación Waterbury Brass; ésta fue adoptada rápidamente durante febrero del mismo año por los ocho mayores fabricantes de cable en Estados Unidos. Muy pronto, su uso se extendió a gran parte de los países latinoamericanos (Véase cableorganizer.com).

Factor de Potencia Medio Pesado: Energéticamente hablando, el factor de potencia es la relación entre la potencia activa (que produce trabajo en la carga) y la potencia aparente del circuito (John J. Grainger; William D. Stevenson, 1996). (Ecuación 1.1)

$$Fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3}VI} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos(\tan^{-1}(Q/P)) \quad 1.1$$

Donde:

F_p = Factor de potencia medio pesado.

P = Potencia activa (kW).

S = Potencia aparente (kVA).

Q = Potencia reactiva (kVAr).

V = Voltaje (Volt).

I = Corriente (A).

1.3 Cargas

La finalidad de un sistema electroenergético es suministrar energía a todos los usuarios, en la medida en que estos las necesiten y con la calidad adecuada.

Las necesidades energéticas de los consumidores son diferentes a cada hora, lo que ocasiona variaciones en el consumo al transcurrir el día. Cada consumidor en particular presenta sus propias necesidades en mayor y menor magnitud en determinadas horas, al poder o no coincidir con los requerimientos de los demás usuarios. El régimen de carga, por lo general, lo determina un conjunto de usuarios con características propias, y no un consumidor aislado a menos que sea muy grande (Fernández, 1991).

Las cargas conectadas a los sistemas de potencia se dividen en industriales, comerciales y residenciales. Las cargas industriales son compuestas en gran proporción por motores de inducción. Estas cargas están compuestas en función del voltaje y la frecuencia y constituyen una parte muy importante del sistema de carga. Mientras que las comerciales y residenciales constan en gran parte de alumbrado, calefacción y enfriamiento (Saadat, 1999).

1.3.1 Demanda máxima

La demanda máxima se define como el valor promedio que durante un intervalo de tiempo es capaz de portar la misma energía que la carga con sus variaciones reales. El tiempo considerado influye en ese valor máximo (1 hora, ½ hora, ¼ hora) generalmente se toma:

- Para sistema completo: 1 hora.
- Para circuitos de distribución: ¼ hora.

1.3.2 Factor de demanda

Es la relación existente entre la máxima demanda y la carga instalada, expresada en las mismas unidades. (Ecuación 1.2).

$$F.D = \frac{D. Máx}{Carga Inst.} \quad 1.2$$

Donde:

F.D. = Factor de demanda.

D. Max. = Demanda máxima.

Carga Inst.= Carga instalada.

Entendiendo por carga instalada la suma de las capacidades de todos los equipos existentes en el lugar para el que se computa el factor de demanda, siendo su valor máximo igual a uno (Fernández, 1991).

TABLA 1.1 Factores de demanda típicos

Carga		Potencia	F.D.
Residencias		250 W	1,0
-sin cocinas-		500 W	0,60
		1000 W	0,50
Cargas	Restaurantes	----	0,70
Comerciales	Oficinas	----	0,70
	Escuelas	----	0,55
	Hoteles	----	0,50
	Tiendas	----	0,75
Industrias	Fca. de hielo	----	0,65
Alimenticias	Fca. de refrescos	----	0,55
	Fca. de leche condensada	----	0,88
	Molino de harina	----	0,55
	Pastas	----	0,60

1.4 Diagramas monolineales

Los diagramas monolineales representan mediante símbolos los elementos que componen un sistema eléctrico. Su nombre indica que las tres fases se representan por una sola línea. Su representación puede ser tan detallada como se necesite. No están a escala, pero mantienen la orientación geográfica de la región. Para un estudio de flujo-carga hay que reflejar las cargas, líneas, transformadores y generadores (Beeman, 1955).

1.5 Flujo de Carga

Los sistemas de energía están formados por un número apreciable de plantas generadoras y cargas interconectadas por medio de las líneas de transmisión, siendo servidos la mayoría de los usuarios a través de las redes de subtransmisión y distribución. Esto requiere una estrecha relación entre todos estos componentes o elementos para alcanzar los objetivos de brindar un servicio con calidad y confiabilidad.

El primer análisis que se realiza de un sistema dado es el estudio de operación en estado estable o flujo de carga, que consiste en determinar las magnitudes de voltaje en cada barra, así como la transferencia de potencia por las líneas y sus pérdidas, tanto para los regímenes normales de operación como para las condiciones existentes con posterioridad a una avería o falla.

El crecimiento constante de la demanda, por otro lado, requiere un incremento continuo de la generación y la construcción de nuevas líneas que ocasionan cambios sustanciales en la configuración de la red existente. Estas nuevas plantas y líneas se instalan acorde con los resultados obtenidos en los estudios de flujo de carga para las necesidades y condiciones futuras (Fernández, 1991).

1.6 Transformador

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente, y por lo general, enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

1.6.1 Transformadores de fuerza

Los transformadores utilizados para el suministro de energía eléctrica, en los sistemas electroenergéticos, reciben diferentes denominaciones, en muchos casos hasta indistintas. En nuestro caso compartimos el criterio de que deben denominarse transformadores de fuerza y, en dependencia de la función realizada en el sistema, la cual está muy asociada a los niveles de voltajes de operación, se subdividen en transformadores de distribución y de potencia.

1.6.2 Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución en cuanto a la forma de alimentación se clasifican como monofásicos y trifásicos. Los transformadores monofásicos pueden operar como unidades independientes, es decir, un solo transformador o en bancos.

La conexión de transformadores en banco da respuesta a situaciones problemáticas como por ejemplo:

- la necesidad de continuidad de servicio,
- el incremento de la carga en el tiempo,
- la variabilidad de la carga en el día o una composición combinada de carga monofásica y trifásica,
- la disponibilidad de transformadores.

Los bancos de transformadores suelen clasificarse en:

- Banco en paralelo. Estos pueden estar formados por transformadores monofásicos o transformadores trifásicos.
- Banco de transformadores monofásicos en conexiones trifásicas. Muy utilizados en los sistemas de distribución. También pueden ser usados en transmisión cuando por la capacidad requerida, resulta muy difícil el transporte de transformadores trifásicos o para disminuir la potencia de reserva para casos de averías o mantenimiento.

1.6.3 Operación de los transformadores de potencia

Los transformadores de potencia son habitualmente unidades trifásicas, aunque pueden encontrarse unidades monofásicas. Estos se utilizan en los sistemas de transmisión. Mientras mayor sea el voltaje de las líneas de transmisión, menores serán las pérdidas.

Para una misma potencia, el transformador trifásico, respecto al banco de transformadores monofásicos, tiene menor volumen de acero, ocupa menos espacio, posee mejor eficiencia, utiliza menos conductores para conexiones externas, mayor fiabilidad. Sin embargo, cuando ocurre alguna avería, el servicio se retira a todas las cargas conectadas y debe ser reemplazado totalmente. En el caso del banco de transformadores es posible dejar conectada parte de la carga, también resulta menos complejo asumir incrementos de carga (Stuart., 2005).

1.6.4 Capacidad de sobrecarga

La selección de la potencia de los transformadores se realiza considerando no solo su potencia nominal, además debe tenerse en cuenta la capacidad de sobrecarga de estos para hacer un mejor aprovechamiento de la inversión realizada.

Los tipos fundamentales de sobrecarga que puede tener un transformador son:

- sobrecarga por baja temperatura ambiente,
- sobrecarga por régimen de carga variable,
- sobrecarga por régimen asimétrico.

Sobrecarga por baja temperatura ambiente

Cuando la temperatura ambiente (T_{amb}) es inferior a la normada de $T_{nom} = 30^{\circ} C$ para refrigeración por aceite o $T_{nom} = 25^{\circ} C$ para refrigeración por agua, los transformadores pueden cargarse a una potencia superior a la nominal, pues el incremento de temperatura de los devanados puede superar el valor normado sin que se eleve por encima de lo estipulado la temperatura del punto más caliente.

La siguiente tabla muestra los posibles porcentos de incremento o reducción de la carga ante reducción o incremento de la temperatura ambiente, para transformadores inmersos en aislantes líquidos (ANSI/IEEE-Std., C57.92-1981).

TABLA 1.1 Cargas basadas en la temperatura

Type of Cooling	% of Rating	
	Decrease Load for Each °C Higher Temperature	Increase Load for Each °C Lower Temperature
Self-cooled – OA	1.5	1.0
Water-cooled – OW	1.5	1.0
Forced-air-cooled – OA/FA, OA/FA/FA	1.0	0.75
Forced-oil-cooled – FOA, FOW and OA/FOA/FOA	1.0	0.75

Por su parte, en el caso de transformadores secos puede emplearse la siguiente tabla:

TABLA 1.2 Auto refrigerados cargados basadas en la temperatura media ambiental

Type of Unit	Maximum Rated Hottest-Spot Temperature °C	Hottest-Spot Temperature 30 °C Ambient	Percent of Rated kVA/°C
			Increase for Average Ambient Less than 30 °C or Decrease for Average Ambient Greater Than 30 °C
Ventilated	150	140	(0.57)
Self-Cooled	185	175	(0.43)
	220	210	(0.35)
Sealed	150	140	(0.65)
	185	175	(0.49)
	220	210	(0.40)

La sobrecarga permisible $\Delta S(T_{amb})$ para ($T_{nom} > T_{amb}$) o la subcarga obligada para ($T_{amb} > T_{nom}$) se calculan de: (Ecuación 1.3)

$$\Delta S T_{amb} = S_n * K_{st} * T_{nom} - T_{amb} \quad 1.3$$

Donde:

$\Delta S(T_{amb})$ = Sobrecarga permisible en función de la temperatura.

S_n = Potencia nominal (kVA).

K_{ST} = Coeficiente de seguridad térmica.

T_{nom} = Temperatura nominal.

T_{amb} = Temperatura ambiente.

(ANSI/IEEE-Std., C57.96-1989)

Sobrecarga por régimen de carga variable

Cuando el gráfico de carga es variable de forma que hay gran diferencia entre el valor máximo de la carga y la carga promedio, el transformador puede sobrecargarse un período de tiempo determinado sin que sufra su vida útil, ya que el exceso de desgaste en el tiempo de sobrecarga se compensa con el desgaste reducido que tiene en el resto del tiempo en que está subcargado.

El cálculo exacto de este tipo de sobrecarga está muy relacionado no solo con la carga, sino con la temperatura ambiente y otros parámetros del transformador, por lo que debe determinarse mediante las guías de cargabilidad de transformadores que ofrecen los fabricantes, etcétera.

Una solución simple para el cálculo de esta sobrecarga cuando solo se conoce la potencia media de la carga a servir se basa en el coeficiente de utilización del transformador K_u definido como la relación de la potencia media de carga a la potencia nominal del transformador. La sobrecarga permisible se obtiene de: (Ecuación 1.4)

$$\Delta S_{Ku} = S_n * K_{su} * (1 - K_u) \text{ donde } K_u = S_m / S_n \quad 1.4$$

Donde:

$\Delta S(K_u)$ - Sobrecarga permisible en función del coeficiente de utilización.

K_u - Coeficiente de utilización.

S_m - Potencia promedio (kVA).

TABLA 1.3 Coeficiente K_{SU} y la potencia máxima admisible para transformadores inmersos en aceite en base al K_u

Tipo de refrigeración	K_{SU}	$\Delta S(\text{máx.})$
Autorefrigerado – OA	0,5	25 %
Enfriado por Agua -- OW	0,5	25 %
Refrigeración forzada de aire – OA/FA, OA/FA/FA	0,4	20 %
Refrigeración forzada de aceite – FOA, FOW, OA/FOA/FOA	0,4	20 %

Una expresión semejante, pero basada en el coeficiente de llenado K_{ll} del gráfico de carga sería la *sobrecarga sistemática*:

La sobrecarga sistemática se considera aquella que puede aceptar el transformador en régimen normal de trabajo sin deterioro adicional del aislamiento; es decir, la que se ajusta a las guías de cargabilidad con desgaste normal. (Ecuación 1.5)

$$\Delta S(k_{ll}) = S_n \cdot 0.3 \cdot (1 - K_{ll}) \text{ donde } K_{ll} = S_m / S_{m\acute{a}x} \quad 1.5$$

Donde:

$\Delta S(k_{ll})$ - Sobrecarga sistemática.

K_{ll} – Coeficiente de llenado.

$S_{m\acute{a}x}$ - Potencia máxima (kVA).

Sobrecarga por régimen asimétrico

En el caso que un transformador trifásico alimente una carga desbalanceada, no debe tomarse la corriente de la fase más cargada para la selección de la capacidad del transformador, ya que al estar subcargadas las restantes fases, dicha fase más cargada puede

superar la corriente nominal sin peligro de sobrecalentamiento del transformador siempre que no exceda el coeficiente de sobrecarga admisible en régimen asimétrico K_{sa} . (A.A. Feodorov) (Ecuación 1.6).

Definido por:

$$K_{sa} = 1.53 / \sqrt{1 + 0.45 \cdot \frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2}{\max \{I_{ase}\}^2}} \quad 1.6$$

Donde:

K_{sa} - Coeficiente de sobrecarga admisible.

I_a - Corriente por la fase a (A).

I_b - Corriente por la fase b (A).

I_c - Corriente por la fase c (A).

$\max \{I_{ase}\}$ - Corriente de la fase más cargada (A).

1.7 Normas de Voltaje

La generación local de la potencia reactiva y, en particular, el empleo de los capacitores influyen sobre los voltajes, las pérdidas de potencia y las de energía. En este último caso, a los circuitos radiales de distribución se ha analizado la forma de cuantificar dicho ahorro, mediante una simple, pero conceptual ecuación que recoge todos los aspectos fundamentales de dicho fenómeno.

Campo de aplicación

La presente norma es aplicable a:

- Los sistemas de transmisión, distribución, utilización y los equipos empleados en estos.
- Sistemas con una frecuencia normal de 60 Hz y de una tensión nominal superior a 100 V.
- Los sistemas de tracción de CA y CD.

- Los equipos de CA y CD que tengan una tensión nominal inferior a 100 V CA o 750 V CD, donde las tensiones de CA están destinadas para aplicaciones a 60 Hz esencialmente (pero no exclusivamente). Tales equipos incluyen baterías (desde los elementos primarios o secundarios), otros dispositivos de suministro eléctrico (en CA o CD), equipos eléctricos (incluyendo los industriales y de comunicaciones), y aparatos.

Tablas de tensiones normales

Sistemas de C.A. que tienen una tensión nominal entre 100 V y 1000 V inclusive y el equipamiento relacionado

En la tabla siguiente los sistemas trifásicos, cuatro hilos, y los sistemas monofásicos, tres hilos incluyen los circuitos monofásicos (extensiones, acometidas, etcéteras) conectadas a estos sistemas.

Los valores inferiores en la primera y segunda columna son tensiones al neutro, y los valores superiores son tensiones entre fases. Cuando se indica un solo valor, se refiere a sistemas de tres hilos y especifica la tensión entre fases. La tensión inferior en la tercera y cuarta columna es la tensión al neutro, y el valor superior es la tensión entre líneas.

Las tensiones superiores a 240/415V son sugeridas exclusivamente para instalaciones de la industria pesada y grandes inmuebles comerciales.

Bajo condiciones normales de operación del sistema se recomienda que la tensión en los terminales de entrega del suministro no deberá diferir de la tensión nominal en más de +10%.

Los sistemas de suministro eléctrico deberán ser diseñados y operados para limitar el desbalance máximo de tensión del 3 % medido en los terminales de entrega del suministro en régimen de vacío.

Para el rango de tensiones de utilización, adicionalmente a las variaciones de tensión en los terminales de entrega, pueden ocurrir caídas de tensión dentro de las instalaciones del consumidor. Para las instalaciones de baja tensión, estas caídas de tensión son limitadas al 4 %, por consiguiente, el rango de tensión de utilización es +10 %, -14 %.

TABLA 1.4 TENSIONES NORMALIZADAS (para el sector industrial y terciario) (1)

Sistemas trifásicos cuatro hilos o tres hilos		Sistemas monofásicos tres hilos	
Tensión nominal (en V)		Tensión nominal (en V)	
de utilización	del sistema	de utilización	del sistema
.....	.....	115/230(2)	120/240(2)
230/400	240/415	.....	.....
265/460 (3)	277/480(3)	.....	.....
400/690	415/720	.....	.....
1000	.....	.....	.....

TABLA 1.5 TENSIONES NORMALIZADAS (para el sector residencial) (1)

Sistemas trifásicos cuatro hilos o tres hilos		Sistemas monofásicos tres hilos	
Tensión nominal (en V)		Tensión nominal (en V)	
de utilización	del sistema	de utilización	del sistema
(115/200)(4)	(120/208)(4)	115/230(2)	120/240(2)
115/230(5)	120/240(5)	.....	.....
230/400(6)	240/415(6)	.....	.....

NOTAS:

1. A los efectos de esta norma se reconocen como consumidores (sectores) los siguientes:
 - sector residencial,
 - sector terciario (edificios de oficinas, hoteles, hospitales, obras de infraestructura),
 - Sector industrial.
2. No debe utilizarse junto con los sistemas de tensión nominal 240/415 V y 415/720 V.
3. No se utilizará junto con la tensión 240/415 V y su uso se reserva para grandes instalaciones industriales (Mayores de 4 MVA) donde no se justifique la tensión 415/720 V.
4. Las tensiones indicadas entre paréntesis son tensiones no preferidas entendiéndose en este caso que no se acepta su uso en nuevas instalaciones, exceptuando aquellas instalaciones que están conectadas al sistema mallado (network) de los municipios Habana Vieja y Centro Habana en la Ciudad de la Habana, y las instalaciones de telecomunicaciones que se soliciten específicamente.
5. Esta tensión sólo se utilizará en el sector residencial, cuando se requiera servicio trifásico en instalaciones existentes.

6. Esta tensión podrá ser utilizada en el sector residencial para las nuevas urbanizaciones o en instalaciones nuevas en urbanizaciones existentes con subestaciones propias (NC:365, 2004).

1.8 Conductores

1.8.1 Cables

Los cables de potencia son conductores de cobre o aluminio, aislados por diversos tipos de materiales que son fundamentalmente derivados de la goma. Pueden instalarse en canales, bandejas, tuberías, conductos soterrados o directamente enterrados, cable armados, con conductor mensajero, etcétera.

Los conductores de cables o líneas aéreas se dimensionan a partir de su sección expresada en mm^2 o kcmil (mil milésimas circulares) ($1 \text{ mm}^2 = 1973 \text{ cmil}$) o utilizando la numeración de la galga americana AWG.

TABLA 1.6 Equivalencias de la numeración AWG y de mm^2

AWG	14	12	10	8	6	5	4	3	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0
mm^2	2,08	3,31	5,26	8,37	13,3	16	21,15	26,7	33,6	42,4	53,5	67,4	85	107,2
MCM	4,1	6,5	10,4	16,5	26,2	31,6	41,7	52,7	66,3	83,7	105,6	133	167,7	211,5
Límite térmico (A)	---	---	---	---	120	---	170	---	220	---	310	360	420	480

A partir del #4/0, la numeración americana emplea los valores en kcmil, es decir: 250, 300, 400 hasta los 2000 kcmil.

Máxima corriente de operación continua admisible por un cable

Uno de los aspectos más importantes en el trabajo con las redes eléctricas para su explotación eficiente y confiable, es el relacionado con el estado de carga de las mismas. El estado de carga de un cable en una instalación dada, está determinado por la máxima

corriente que él pueda llevar, la que está limitada por dos factores: la caída de tensión en el mismo y la máxima temperatura que puede alcanzar por efecto Joule. Desde el punto de vista del aislamiento, el efecto de la temperatura es el de interés.

Considerando para el conductor la máxima temperatura posible para operación continua, se puede calcular la máxima corriente de carga permisible, la que está dada por: (Ecuación 1.7)

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{nRT}} \quad 1.7$$

Donde:

$$\Delta\theta = (T_{\text{conductor}} - T_{\text{ambiente}}).$$

T - Resistencia térmica equivalente.

n - Número de conductores en el cable.

R- Resistencia eléctrica del conductor por unidad de longitud a la temperatura a que se encuentre.

El circuito térmico analizado corresponde al de un cable sencillo en el que sólo se consideran las pérdidas por efecto Joule en los conductores del cable. En el caso de los cables soterrados, es necesario considerar las pérdidas debido a las corrientes inducidas en sus componentes metálicas.

La máxima corriente de operación continua admisible por un cable, se define para una temperatura de referencia del medio ambiente, por lo general 20 °C para las instalaciones soterradas y 30 °C para los cables expuestos o en bandeja. Si la temperatura del medio ambiente cambia, cambiará también la máxima corriente de operación continua admisible. Para considerar este efecto es que se define el factor de reducción por temperatura (FRT), el que está dado por: (Ecuación 1.8)

$$FRT = \frac{I_N}{I_{N_1}} = \sqrt{\frac{T_N - T_A}{T_N - T_{A1}}} \quad 1.8$$

Donde:

I_N - Corriente de carga nominal sobre la base de la temperatura ambiente de referencia.

I_{N1} - Corriente de carga nominal sobre la base de una temperatura ambiente diferente a la de referencia.

T_N - Temperatura para la carga nominal.

T_A - Temperatura de referencia para el medio ambiente.

T_{A1} - Temperatura ambiente diferente a la de referencia.

Máxima corriente admisible por un cable bajo condiciones de cortocircuito

La temperatura es, probablemente, la causa más frecuente de falla en los cables, razón por la cual el calibre de ellos se selecciona en forma tal que la máxima corriente que circule por ellos, bajo condiciones de operación de estado estable, no exceda la máxima corriente de operación continua admisible por el cable de acuerdo con las condiciones de la instalación. Sin embargo, bajo condiciones de cortocircuito, la corriente puede exceder en forma considerable este valor, por lo que ella debe ser interrumpida por los equipos de protección antes de que se dañe el material aislante del cable.

Para cables con conductores de cobre y de aluminio se usan las siguientes expresiones: (Ecuación 1.8 y 1.9)

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 \times t = 0,0297 \log_{10} \left(\frac{T_F + 234}{T_0 + 234} \right) \quad \text{Para el cobre} \quad 1.8$$

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 \times t = 0,0125 \log_{10} \left(\frac{T_F + 228}{T_0 + 228} \right) \quad \text{Para el aluminio} \quad 1.9$$

Donde:

t - Tiempo que demora el cortocircuito.

I - Corriente que circula por el conductor.

A.- Área de la sección transversal del conductor en circular mil.

T_F - Temperatura final del conductor después del cortocircuito.

T_0 - Temperatura inicial, antes del cortocircuito.

Cargabilidad de los cables soterrados por conductos

En el caso de los cables instalados por conductos, es muy importante tener en cuenta los parámetros de la instalación y el efecto térmico de un cable que lleva carga sobre el otro. Ellos también pueden ser seleccionados sobre la base de diferentes tablas dadas por los fabricantes, que determinan la máxima corriente de operación continua admisible por un cable (Mesa, 2003).

TABLA 1.7 Capacidad de carga en Amperes para cables de baja tensión monopolares o tripolares instalados al aire libre a 30 °C

Calibre	Sección	I		II		III		IV	
		Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
14	2,09	20	-	20	-	30	-	30	-
12	3,31	25	20	25	20	40	30	40	30
10	5,26	40	30	40	30	55	45	55	45
8	8,36	55	45	65	55	70	55	70	55
6	13,30	80	60	95	75	100	80	100	80
4	21,15	105	80	125	100	135	105	130	100
3	26,10	120	95	145	115	155	120	150	115
2	33,62	140	110	170	135	180	140	175	135
1	42,40	165	130	195	155	210	165	205	160
1/0	53,48	195	150	230	180	245	190	235	185
2/0	67,43	225	175	265	210	285	220	275	215
3/0	85,01	260	200	310	240	330	255	320	250
4/0	107,20	300	230	360	280	385	300	370	290

I - Cables de PVC de 60 °C.

II - Cables de PVC de 75 °C.

III - Cables de XPL de 90 °C.

IV - Conductor desnudo.

Caídas de Voltaje

La selección de los conductores tiene grandes implicaciones en las caídas de voltaje que pueden aparecer en el sistema, al extremo que en muchos casos, este criterio provoca la selección de un conductor de sección mayor que la necesaria por corriente admisible.

El NEC recomienda un máximo de caída de voltaje en estado estable de 3 % para los alimentadores de fuerza e iluminación y un máximo total del 5 % entre el alimentador principal y los circuitos ramales (IEEE-Std., 141-1993).

1.9 Medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética

La energía es el motor que pone a funcionar al mundo; su uso forma parte de nuestro estilo de vida, y a medida que crece la sociedad el consumo de energía aumenta. Se estima que el consumo de energía crecerá en un 57 % hasta el 2030, (mundo.) en efecto, entre 1986 y 1996, la energía creció a una tasa promedio anual de 7,6 %, y la electricidad lo hizo a un ritmo de 8,3 %, en el mismo período. De mantenerse la dinámica observada durante los últimos 15 años, los requerimientos energéticos que se desprendan de ella deberían acarrear una respuesta desde el lado de la oferta que si no tiene en consideración la protección del medio ambiente y de los recursos naturales nacionales, podría comprometer el crecimiento futuro del país (PROCOBRE, 1999).

La eficiencia energética hace referencia a todas las acciones que tienden a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos, y, a su vez, busca optimizar el desempeño de los mismos.

La eficiencia energética debe conducir a obtener el mismo resultado anterior, manteniendo o mejorando su calidad pero con un menor consumo de energía, por ello no debe confundirse con ahorro de energía o la reducción del consumo.

Mediante la aplicación de eficiencia energética, se reduce el consumo eléctrico por lo tanto se reducen los costos del consumo energético. De este modo se podrá disponer de mejor modo los excedentes del ahorro (Castillo, 2011).

1.9.1 Eficiencia energética en el sistema eléctrico

La adecuada selección de transformadores y conductores, conjuntamente con el manejo de reactivos, entre otras medidas, permitirán alcanzar el uso eficiente en la operación del sistema eléctrico, contribuyendo al ahorro energético y a la reducción de costos por consumo de energía.

La eficiencia energética en el sistema eléctrico está ligada directamente a la reducción de pérdidas eléctricas.

Para reducir las pérdidas en el sistema eléctrico se pueden aplicar las siguientes acciones: reemplazar conductores por uno de mayor calibre, colocar conductores en paralelo, instalar transformadores eficientes, balancear las fases y, de ser necesario, instalar banco de capacitores para mejorar el factor de potencia.

Conductores eléctricos

Todo conductor, gracias a su resistencia eléctrica, disipa en forma de calor parte de la potencia eléctrica transportada que, técnicamente, se convierte en pérdidas eléctricas, lo que reduce la eficiencia dentro del sistema. Para disminuir las pérdidas que se producen en los conductores, es necesario realizar una adecuada selección del conductor.

Existen dos criterios de selección de conductores que están basados en recomendaciones técnicas (criterio tradicional) y en eficiencia energética (PROCOBRE, 1999).

1. Criterio Tradicional: Este criterio está basado en la selección del conductor con calibre mínimo establecido por norma. El conductor seleccionado mediante este criterio es capaz de soportar el calentamiento máximo asociado a la carga prevista y de asegurar una caída de voltaje inferior al límite establecido por normas. Bajo este criterio no se realiza ningún análisis económico referente a las pérdidas producidas en los conductores, lo que muchas veces se ve reflejado en mayores costos por consumo de energía.
2. Criterio de eficiencia energética: Este criterio tiene como filosofía la reducción de las pérdidas mediante el incremento del calibre del conductor que se establece en normas, también se considera el costo asociado a este incremento. Para la aplicación de este criterio se debe realizar un análisis de costos para obtener el calibre óptimo del conductor. Este establece que el ahorro, obtenido por la reducción de pérdidas de

energía, compensa los costos de inversión que involucra el aumento del calibre. Por lo tanto, con el criterio de eficiencia energética, lo que se pretende evaluar es la conveniencia de usar un conductor con una sección mayor.

Transformadores

A pesar de que los transformadores tienen en términos relativos rendimientos elevados, el hecho que éstos estén conectados 24 horas al día 365 días al año, determina que las pérdidas de estos equipos tengan incidencia en los costos de operación.

El transformador al igual que los conductores eléctricos, debe ser tratado como una entidad económica, donde se debe definir y separar los costos que integran su ciclo de vida.

Para la correcta selección de un transformador se debe realizar análisis técnico-económico, en el que se evalúe no solo su costo inicial, sino todos los gastos operativos que se generan a lo largo de su vida útil, además del nivel de cargabilidad al que se haya sometido el transformador de modo que su relación de pérdidas sea mínima.

Factor de potencia

El factor de potencia es la eficiencia con la que los equipos están haciendo uso de la energía que requieren para operar. La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa cuyo trabajo lo hace real, y también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, mas es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos como motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares.

Trabajar con un factor de potencia bajo es costoso e ineficiente, y la empresa eléctrica impone recargos adicionales a los usuarios que operan con un factor de potencia inferior a 0,93. Los recargos que se imponen son debido a que un bajo factor de potencia demanda una mayor corriente; esto implica la necesidad de utilizar cables de mayor calibre, y/o transformadores de mayor capacidad, lo que conlleva a mayores gastos de inversión que deben ser cubiertos por el usuario a través de penalizaciones.

Los principales problemas que presenta un bajo factor de potencia son:

- multas y recargos en las facturas eléctricas,
- aumento de la intensidad de corriente,

- pérdidas en los conductores y fuertes caídas de voltaje,
- aumento de la temperatura en los conductores lo que disminuye la vida de su aislamiento (Castillo, 2011).

1.9.2 Eficiencia energética en iluminación

En cuanto a la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, se conoce la importancia que tiene el aprovechamiento de la luz natural, que sin lugar a duda, es la fuente más eficiente de luz; sin embargo, no se puede dejar de lado el aspecto que esta no es una fuente permanente de iluminación, por lo que es necesario encontrar un equilibrio entre el aprovechamiento de la luz natural y el uso de las fuentes de iluminación artificiales, que estarán relacionadas con el tipo de luminaria.

Lámparas incandescentes: En las lámparas incandescentes tradicionales, la luz proviene de un filamento metálico compuesto por tungsteno, montado dentro de un bulbo. La evaporación generada por las altas temperaturas hace que al cabo del tiempo el filamento se corte, con lo que la vida útil de la lámpara no supera en promedio las 1.200 horas. Por otra parte, este tipo de lámparas consumen una importante cantidad de energía en la producción del calor necesario para la generación de luz, y las convierte en una fuente de iluminación bastante ineficiente.

Para efectos de eficiencia energética una de las medidas más accesibles para colaborar, es reemplazar las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFC).

Lámparas fluorescentes compactas (LFC): Las lámparas fluorescentes compactas (LFC) son de bajo consumo. Bajo esta tecnología, los tubos fluorescentes reducen el tamaño e integran el equipo auxiliar necesario para poder sustituir directamente a las lámparas incandescentes. Las lámparas de bajo consumo son más eficientes y pueden ser instaladas en la misma luminaria que las tradicionales. Estos modelos tienen potencias que varían desde los 5W (equivalentes a una incandescente de 25W) hasta los 85W (equivalente a las incandescentes de 425W), y ofrecen, además, mayor durabilidad y eficiencia. Estas aseguran la misma intensidad lumínica que las tradicionales, pero con un ahorro de entre el 75 % y el 80 % del consumo eléctrico y una duración hasta seis veces mayor.



FIGURA 1.1 Comparación entre lámparas incandescentes y LFC

Lámparas Fluorescentes: Las lámparas fluorescentes o fluorescentes tubulares se componen de un tubo de vidrio que contiene una cantidad pequeña de gas. La luz se consigue por excitación del gas, al someterlo a una descarga eléctrica entre dos electrodos. Esta tecnología necesita un equipo auxiliar (balasto, arrancador y condensador) para su funcionamiento; aunque en el mercado existen fluorescentes con este equipo ya integrado. Estas lámparas consumen un 80 % menos que las incandescentes, y tienen una vida útil entre 8 y 10 veces mayor. Se aconseja el uso de lámparas fluorescentes de balasto electrónico porque la tecnología electrónica aporta un 25 % de ahorro energético frente a la electromagnética, además de un arranque más rápido y fiable; y la eliminación del molesto efecto flicker (ELÉCTRICA, 2010).

1.9.3 Eficiencia energética en los sistemas de climatización

El acondicionamiento de aire o climatización tiene como función principal la generación y el mantenimiento de un adecuado nivel de confort para el personal laboral dentro de un ambiente cerrado. Este sistema tiene también por objetivo mantener las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa, movimiento y limpieza del aire de un lugar en los valores deseados para garantizar la comodidad y el grado de higiene requerido.

Los tipos de acondicionamiento de aire pueden ser los siguientes:

- Acondicionador de ventana: Es un equipo unitario, compacto y de descarga directa. Normalmente se coloca uno en cada dependencia. La instalación se la realiza en ventana o muro. Su gama de potencias varía entre 900-3000 [W].

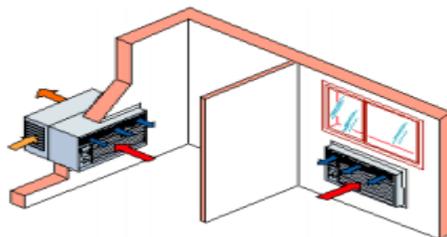


FIGURA 1.2 Sistema de ventana

- Equipos partidos (split o multisplit): Son equipos unitarios de descarga directa. Se diferencian de los compactos en que la unidad formada por el compresor y el condensador está situada en el exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior. Ambas unidades se conectan mediante las líneas de refrigerante. Su potencia de consumo eléctrico varía entre 1000-2900 [W].

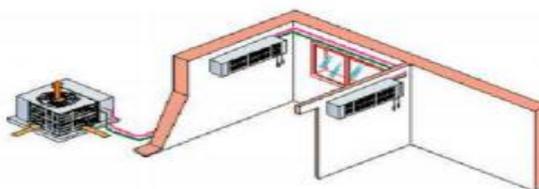


FIGURA 1.3 Sistema Split o Multisplit

- Equipo compacto individual: Es un equipo de descarga indirecta, mediante red de ductos y emisión de aire a través de rejillas en pared o difusores en techo. Su potencia de consumo eléctrico varía entre 3000-6500 [W].

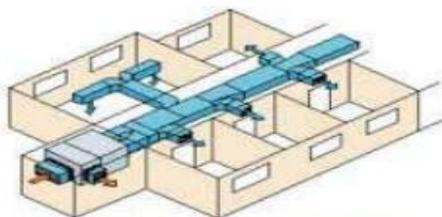


FIGURA 1.4 Sistema Compacto Individual

Dentro de los tipos de aires acondicionados mencionados anteriormente, también se debe tomar en consideración el tipo de fluido refrigerante que utiliza. Estos sistemas se describen a continuación:

- a) Sistema todo aire: El fluido de enfriamiento es el aire.
- b) Sistema todo agua: El fluido encargado del enfriamiento es el agua. Este tipo de sistemas se encuentran en equipos con radiadores.
- c) Sistema aire-agua: Se trata de sistemas que involucran agua y aire.
- d) Sistema todo refrigerante o de expansión directa: en este tipo de sistemas se encuentra un fluido refrigerante especial, comúnmente es Freón R22 (2012).

1.9.4 Eficiencia energética en equipos de Refrigeración

Los equipos de refrigeración (refrigeradoras, cuartos fríos, frigoríficos) si bien no son predominantes en cantidad dentro del centro, son predominantes en los usos de la energía por ser una carga que está permanentemente conectada a la red, y constituye una importante fuente de consumo energético. Actualmente existen equipos muy eficientes dentro de este grupo de consumo.

Adquirir o renovar este tipo de equipo, también presentan soluciones amigables con el medio ambiente. Un electrodoméstico produce 0,4 kg de CO₂ por cada kW.h que consume; al utilizar congeladores de refrigeradores de clase A+ se puede reducir 860 kg de las emisiones de CO₂ a lo largo de su vida útil.

Para este tipo de electrodomésticos además de existir las clases de la A a la G se han aprobado dos nuevas clases energéticas aún más eficientes que las anteriores, son la clase A+ que abarca a todos aquellos aparatos que tienen un consumo inferior al 42 % del consumo medio de un aparato equivalente y la clase A++ con un consumo inferior al 30 %, obviamente siendo estos últimos los más eficientes.

1.9.5 Eficiencia energética en equipos de bajo consumo

Al interior de la instalación, la carga de bajo consumo energético predominante corresponde a los equipos de computación, aunque sus potencias son en general pequeñas,

su creciente cantidad y los extensos períodos que permanecen encendidos, ha llevado a que el consumo de estos equipos sea cada vez más relevante.

Los diferentes modos actuales de funcionamiento de los equipos de computación, audio y video como Sleep, Stand by o Ahorro de Energía, permiten disminuir el consumo respecto a los modos normales de funcionamiento, pero su consumo no es reducido a cero. De hecho, estos modos de funcionamiento tienen un consumo eléctrico permanente que hay que tener en cuenta, ya que puede ser considerable debido al número importante de horas que habitualmente permanece el aparato funcionando de esta manera.

Estos equipos cuentan con dos formas de etiquetado: La etiqueta energética común con sus siete categorías y adicionalmente la etiqueta de Energy Star. La primera, muestra información de ahorro energético, nivel de emisión de ruido, reciclado, vida útil y emisiones electromagnéticas. El segundo logotipo corresponde a las especificaciones y exigencias de eficiencia energética que dicta la Agencia Americana de Protección (EPA), que cumplen los fabricantes de los equipos, asegurando que su funcionamiento es amigable con el medio ambiente. Por ejemplo, un ordenador calificado bajo Energy Star es responsable de hasta un 70 % menos emisiones de CO₂, comparado con uno convencional (Castillo, 2011).

1.10 Conclusiones parciales

Para el diagnóstico de el estado actual de un sistema de suministro eléctrico (SE) en instalaciones industriales o de los servicios han de tenerse en cuenta como aspectos fundamentales.

- La sobrecarga sistemática se considera aquella que puede aceptar el transformador en régimen normal de trabajo sin deterioro adicional del aislamiento.
- Según la norma cubana 305. Para las instalaciones de baja tensión, las caídas de tensión son limitadas al 4 %, por consiguiente, el rango de tensión de utilización es +10 % y -14 %.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Diagrama de la instalación.

En el proceso de familiarización inicial con las instalaciones de la Delegación Provincial del MININT y con la participación del personal de mantenimiento, se lleva a cabo una visita a todo el centro, con el fin de identificar cada una de las áreas, ubicación de los centros de cargas y tableros de distribución, y condición física general de todo el sistema eléctrico.

La instalación eléctrica de la Delegación del MININT fue realizada en los años 70, lo cual constituye un problema en la actualidad ya que en los últimos años ha habido una tendencia de aumento en la carga eléctrica de esa entidad, debido a los avances en tecnologías que se han producido, como son computadoras, aires acondicionados, aires acondicionados SPLIT, estos últimos con un alto consumo energético llegando a consumir 2.7 kW.h/día los de 30750 BTU. Además las protecciones (fusibles) de la instalación se disparan principalmente en los días de verano cuando la temperatura alcanza niveles considerables y se producen sobrecalentamiento en los conductores de la instalación. En los horarios de 11:00am a 1:00pm se desenergiza toda la unidad con el objetivo de que los índices de consumo no superen los contratados.

El suministro de la Delegación del MININT parte de un circuito primario de 13.2 kV proveniente del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). El Sistema está dividido en tres circuitos, cada uno está alimentado por un banco de transformadores, dos de los bancos son cerrados, con una capacidad de 150 kVA, conexión Y-Y, compuestos cada banco con tres transformadores de 50 kVA de capacidad y el otro es un banco abierto con una capacidad de 125 kVA, conexión Y abierta - Δ abierta y con dos transformadores con capacidad de 50 kVA y 75 kVA. Los tres bancos por secundario, se enlazan a las Pizarras

de Distribución que distribuye la energía a otras pizarras, tanto de fuerza como de alumbrado, a un nivel de tensión secundaria de 220/110 V.

La Delegación cuenta con tres Grupos Electrógenos de Emergencia con la misión de satisfacer la demanda de la instalación en caso de ausencia de la energía del SEN, garantizando la fiabilidad del servicio eléctrico; los datos nominales de chapa se muestran en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Grupos electrógenos.

Grupo electrógeno	Potencia aparente (kVA)	Potencia activa (kW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia	frecuencia	Número de polos
1	25	20	208/120	75	0.8	60	----
2	150	135	220	394	0.8	60	4
3	77	----	230	193	0.8	60	4

El grupo electrógeno uno, es de arranque automático es propiedad de la empresa ETECSA y solo puede ser maniobrado por los especialistas de Comunicaciones; solo alimenta un departamento dentro del edificio de la Jefatura (Local tecnológico), hasta el momento en que entra a funcionar el grupo tres; el mismo es de arranque manual y alimenta cargas de los bancos uno y dos (Jefatura, Teatro de la Jefatura, Teatro principal, turbina, comunicaciones y luces exteriores); el grupo electrógeno dos, también es de arranque manual y alimenta algunas cargas del banco número tres (Criminalística, Comedor principal, turbina, licencia, S. Médicos y Logística). Los grupos dos y tres son operados por los especialistas de mantenimiento del centro.

La transferencia de energía de los bancos hacia las cargas, es por vía soterrada. Las protecciones, tanto en las líneas principales como en los edificios están basadas en fusibles y breaker.

2.2 Sistema de metraje actual.

Cada banco tiene un metro contador conectado por baja. En un sistema de baja tensión como este las pérdidas de transformación no se suman al consumo.

El tipo de tarifa es especial. El Sistema de Tarifas consta de bonificaciones por concepto de elevación del factor de potencia, así como penalizaciones por disminución del factor de potencia.

La demanda máxima es contratada y como beneficio trae consigo a no incurrir en “picos” en el consumo durante todo el día o en determinados períodos, aplanándose lo más posible la curva de la demanda diaria. Además, contribuye a no solicitar instalaciones para el suministro de electricidad mayores de lo necesario que, por consiguiente, requiere de nuevas inversiones, lógicamente, el nivel de demanda máxima contratada puede reducirse como consecuencia del resultado de medidas de acomodo de carga o manejo de demanda, con menos gastos para el centro por la energía eléctrica comprada.

2.3 Composición de la carga.

La Delegación del MININT es un consumidor mediano; demandando una potencia de 663.709 kW, se puede clasificar como una carga del tipo comercial, ya que está compuesta en casi su totalidad por oficinas.

La unidad consta de veinticuatro cargas; diecinueve oficinas, dos teatros, dos turbinas y un comedor. Las mismas, están separadas en tres circuitos, cada uno alimentado por tres bancos.

2.3.1 Banco 1.

Este banco tiene capacidad de 125 kVA, conexión Y abierta - Δ abierta. Teniendo, cargas monofásicas y trifásicas, es el menos consumidor.

Tabla 2.2 Cargas conectadas al banco1

Edificios	Voltaje	Cantidad de Equipos	Potencia total (kW)	Consumo (kW.h/día)
Teatro	220	97	27.959	223.352
Teatro #1 de la jefatura	220	8	5.88	47.04
Exteriores (Bomba de agua)	3 Φ	1	4	56
Total		106	37.839	326.392

2.3.2 Banco 2.

Este banco tiene capacidad de 150 kVA, conexión Y-Y, alimenta a las cargas más consumidoras del centro

Tabla 2.3 Cargas conectadas al banco 2

Edificios	Voltaje	Cantidad de Equipos	Potencia total (kW)	Consumo (kW.h/día)
Prisiones	220	188	25.414	216.112
Inteligencia criminal, banco y guardabosques	220	162	46.022	378.736
Bomberos, albergue y local de al lado	220	77	6.965	59.816
Canina	110	16	1.09	11.60
PTI/CI interna	220	165	55.843	459.896
CI	220	108	34.708	287.584
Armamento	220/3Φ	26	20.7	172.0
Sección de ingeniería militar	220	27	11.386	94.608
Jefatura	220	470	112.515	1141.571
Comunicaciones	220	233	33.216	179.415
Total		1472	347.859	3001.338

2.3.3 Banco 3.

Este banco tiene capacidad de 150 kVA, conexión Y-Y, es el que mayor número de cargas tiene, pero es el segundo en consumo.

Tabla 2.2.3 Cargas conectadas al banco 3

Edificios	Voltaje	Cantidad de Equipos	Potencia total (kW)	Consumo (kW.h/día)
Servicios Médicos	220	184	34.544	286.272
Criminalística	220	279	81.891	700.088
Jefatura de la policía.	220	119	17.943	153.464
Cocina comedor	220	64	32.247	274.936
Cuadro	220	108	9.772	84.576
Identificación y Registro	220	160	19.548	159.904
Logística	220	186	29.2	237.12
PCP/Atención a la ciudadanía	220	18	1.183	12.344
Patrulla	220	60	7.485	66.92
Tránsito y Exteriores(Bombas de Agua)	220	137	33.008	185.824
Tanque(turbina)	3 Φ	1	11.19	44.76
Total		1316	278.011	2206.208

2.3.4 Cálculo general.

En esta tabla se muestra los tres bancos del Centro, su capacidad, el tipo de conexión, la cantidad de cargas que alimenta, la potencia total instalada y el consumo de energía diario.

Tabla 2.2.4 Cálculo general

Banco	Capacidad(kVA)	Conexión	Carga	Potencia total(kW)	Consumo (kW.h/día)
1	125	Y abierta - Δ abierta.	3	37,839	326.392
2	150	Y-Y	10	347.859	3001.338
3	150	Y-Y	11	278,011	2206,208
Total			24	663.709	5533.938

El consumo de energía que aparece en todas las tablas de este epígrafe es el consumo máximo diario que alcanzaría el centro en caso de la conexión de todos los equipos. El consumo real será calculado en próximos epígrafes. (Jiménez, 2012)

2.4 Confección de los diagramas monolineales.

Para la confección de los diagramas monolineales se utilizó el Software IPA (Industrial Power Analysis). Se utilizaron elementos como el transformador, líneas y cargas, para sí representar los circuitos que se necesitaban, los mismos se muestran en las siguientes figuras:

2.4.1 Banco 1.

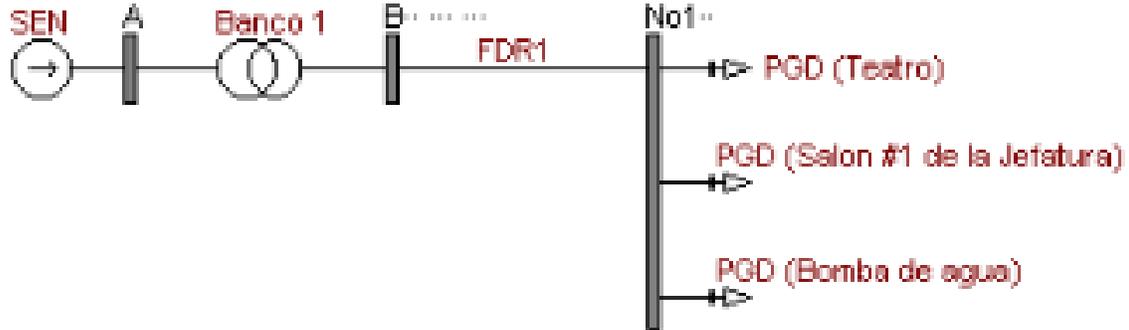


Figura 2.1 Monolineal del Banco 1

2.4.2 Banco 2.

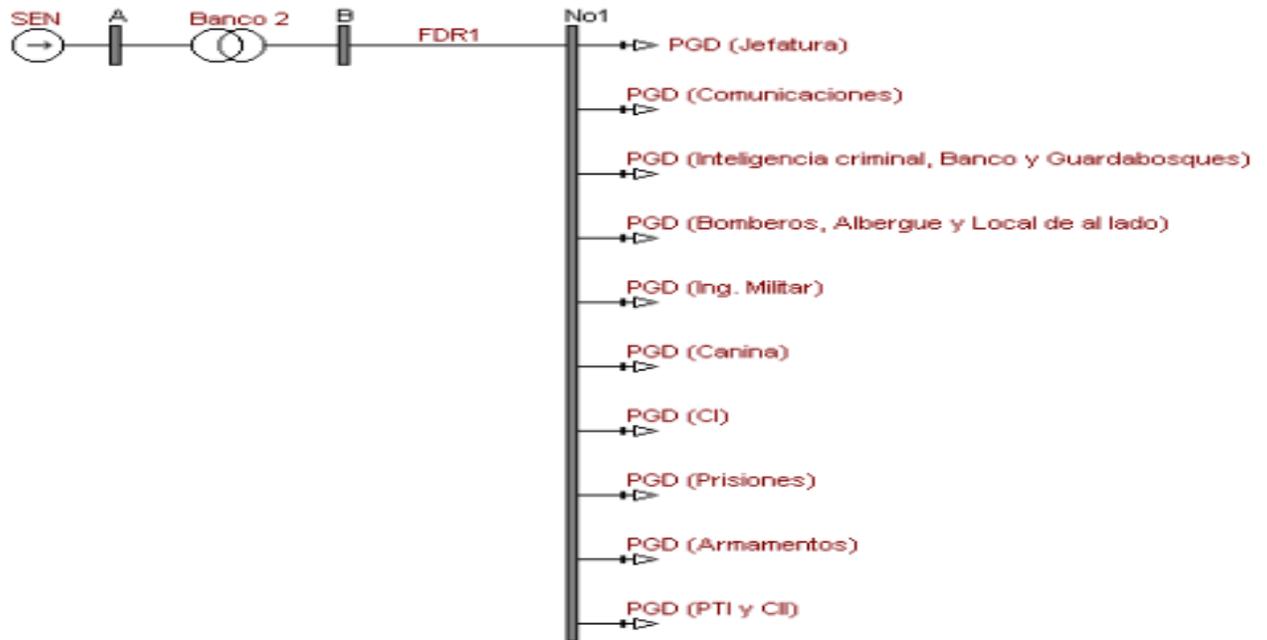


Figura 2.2 Monolineal del Banco 2.

2.4.3 Banco 3.

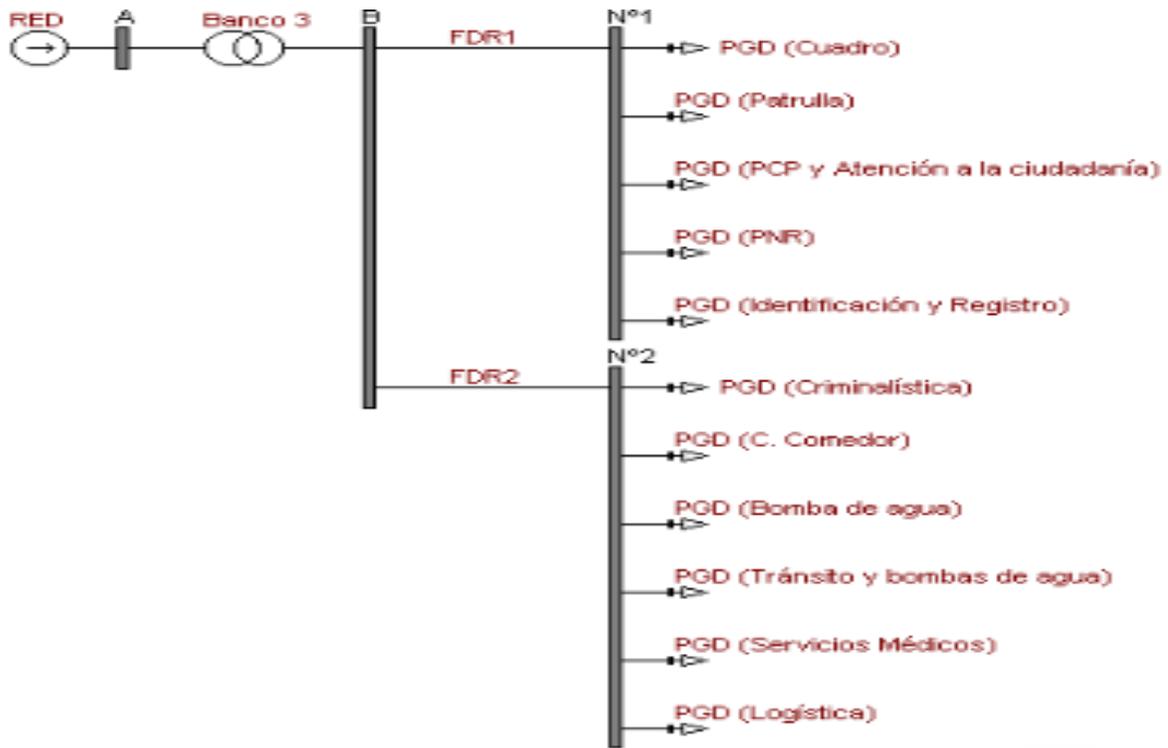


Figura 2.3 Monolineal del banco 3

2.5 Flujo de carga aproximado.

Debido a la indisponibilidad de instrumentos para realizar una campaña de mediciones, se crearon diferentes escenarios de cargas, partiendo de los datos nominales de las mismas, utilizando valores de coeficientes de carga aleatorios en función de la información ofrecida por el personal especializado acerca del comportamiento de las mismas. La mejor aproximación se selecciona en función de que los resultados obtenidos una vez que se aplica la herramienta computacional, este lo más próximo posible a los valores registrados en las facturas eléctricas mensuales.

2.5.1 Acometida.

En la acometida se encuentran varias opciones, pero para este estudio solo se toman los datos generales y los de régimen.

Datos generales.

Aquí se coloca el voltaje de operación o alimentación de los bancos, así como los días de trabajo, factor de potencia y el tipo de tarifa.

The screenshot shows the 'Acometida(Red)' window with the 'Generales' tab selected. The following table represents the data entered in the form:

V	13800
Días	30
Factor	0.85
Tarifa	Especial

Figura 2.4 Ejemplo datos generales.

Régimen.

Con la utilización del metrocontador que está conectado en el banco por baja, se hicieron mediciones de potencia activa y reactiva para una jornada de trabajo (8:00am-5:00pm).

The screenshot shows the 'Acometida(Red)' window with the 'Régimen' tab selected. The following table represents the data entered in the regime table:

H1	H2	V	kW	kvar
8	9	13800	8	5.5
9	10	13800	9	7
10	11	13800	9	7
11	12	13800	9	6
12	13	13800	9	7

Figura 2.5 Ejemplo de régimen.

2.5.2 Transformador.

Para el transformador se toman datos de chapa como; potencia aparente(S), tipo de conexión, voltaje por primario y secundario y tipo de transformador, pero como en este caso se trabajaron en banco, se pone tipo banco.



Figura 2.6 Ejemplo para un transformador.

2.5.3 Línea.

Para las líneas se tiene que tomar los datos de voltaje, numeración, distancia, tipo y material.

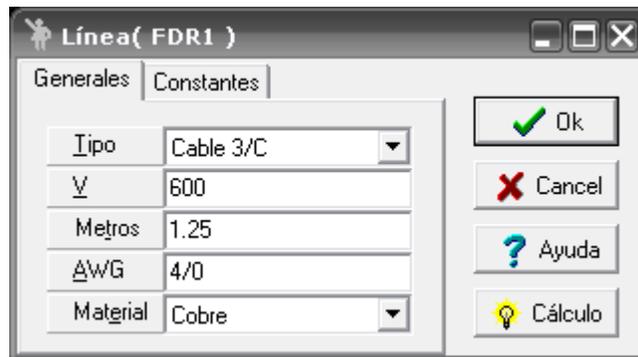


Figura 2.7 Ejemplo de línea.

2.5.4 Cargas.

Las cargas prácticamente son la parte más importante del circuito, para hacer el flujo de carga se tiene que conocer los datos de chapa y el régimen de trabajo de la misma.

Datos de chapa.

Aquí se muestran los datos referentes al voltaje, potencia aparente, factor de potencia, conexión, cantidad de motores y el modelo de la carga.

Para conocer la potencia aparente se supuso un factor de potencia que correspondiera con el que tiene el banco en la actualidad y dividiéndolo a la carga total instalada que se ofrecía como dato nominal.

Figura 2.8 Ejemplo de datos de chapa para una carga.

Régimen de trabajo.

Para el régimen de trabajo se supuso un coeficiente de carga (KC) para obtener los valores de potencia activa a cada hora de la jornada de trabajo (8:00-5:00).

H1	H2	V	A	kW	kvar
8	9	220	30.2	9.78565	6.1
9	10	220	30.2	9.78565	6.1
10	11	220	25.9	8.3877	5.2
11	12	220	0	0	0
12	13	220	0	0	0
13	14	220	19	6.15098	3.8
14	15	220	21.6	6.98975	4.3
15	16	220	21.6	6.98975	4.3
16	17	220	18.1	5.87139	3.6

Figura 2.9 Ejemplo de régimen de trabajo para una carga.

2.6 Análisis de resultados.

Banco1

Tabla 2.5 Estadísticas generales.

	kW.h/día	kVAr.h/día	Pérdidas (kW.h/día)	Pérdidas (kVAr.h/día)
Generación	124	139	0	0
➤ SEN	124	139	0	0
Cargas	105	64	0	0
Sistema	0	0	19	75
➤ Transformadores	0	0	14	75
➤ Líneas	0	0	5	0
Consumo total	124	139	19	75

Como se muestra en la tabla 2.5 el consumo de energía activa y reactiva ronda los 124 kW.h y 139 kVAr.h respectivamente, como se nota se está consumiendo mucha energía reactiva y esto provoca la circulación por el sistema de una corriente adicional que trae consigo pérdidas. Las pérdidas dependen de la corriente, es decir, de la cantidad de carga que circula por los conductores en la unidad de tiempo. A más corriente, las pérdidas que se producen aumentan con el cuadrado de esta magnitud. Por tanto, la existencia de esa energía reactiva, si bien no representa un consumo neto (es decir, una “extracción”) de energía del sistema eléctrico, sí implica incurrir en unas pérdidas adicionales para su gestión.

Ahora por concepto de pérdidas, en el sistema se pierden alrededor del 15% y 54% de la energía activa y reactiva total; dividiéndose las mismas en los transformadores, donde se

pierde 74% y el 100% de las pérdidas totales, mientras que en las líneas solamente se pierden 26% de las pérdidas de energía activa total.

Por ende a las cargas llegan 105 kW.h y 64 kVAr.h, quiere decir el 85% y 46% del consumo total de energía.

Tabla 2.6 Nodos

Desde	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	Vmáx. (V)	Vmín. (V)
A	33.0	25.0	1.7	66.3	247.1	278.9	13800.0	13800.0
B	15.9	9.2	48.6	86.4	110.1	64.2	219.8	218.3
No1	15.8	9.2	48.6	86.4	109.9	64.2	219.8	217.9

En esta tabla se muestra el flujo de potencia en los nodos. Está señalizado en rojo el No1 que es donde están conectadas las cargas. En el mismo se observa la demanda máxima de potencia activa y reactiva que es de 15.8 kW y 9.2 kVAr respectivamente; así como la corriente; el factor de potencia está en el rango de penalización y por último el consumo total de energía activa y reactiva, que su valor está condicionado por las pérdidas antes mencionadas. Los valores de voltaje serán explicados en próximos epígrafes.

Tabla 2.7 Cargas

Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día
PGD (Teatro)	9.8	6.1	30.6	85.0	54.0	33.4
PGD (Salón #1 de la Jefatura)	1.2	0.7	3.6	85.9	7.1	4.2
PGD (Bomba de agua)	4.0	2.4	12.4	85.7	44.0	26.4

En la tabla 2.7 se muestran las cargas que están conectadas en el sistema. Se analizará la carga que está señalizada en rojo por ser esta la mayor de las tres. Aquí se observa la

demanda máxima de potencia activa y reactiva con valor de 9.8 kW y 6.1 KVA_r, como el valor de corriente 6.1 A, factor de potencia 0.85, el consumo real diario de energía activa y reactiva, las pérdidas que como se observa son cero ya que el circuito solo se está analizando hasta la entrada del PGD y no dentro de la carga misma.

Tabla 2.8 Sistema Electroenergético Nacional (SEN)

Desde	kW	kVA _r	A	FP	kW.h/día	kVA _r .h/día	kW.h/día (p)
SEN	16.5	12.5	0.9	66.3	123.6	139.5	0

En esta tabla se observa el flujo de potencia en el SEN. Se puede observar el bajo factor de potencia y los riesgos que esto puede traer consigo, como por ejemplo estar generando más energía reactiva que activa. Las demandas máximas se analizarán para el caso de los transformadores.

Tabla 2.9 Transformadores (Banco 1)

Desde	Hacia	kW	kVA _r	A	FP	kW.h/día	kVA _r .h/día	kW.h(p)	kVA _r .h(p)
A	Banco 1	16.5	12.5	0.9	66.3	123.6	139.5	13.5	75.3

Esta tabla está presente el flujo de potencia desde el nodo A hasta el Banco 1. La demanda máxima de potencia activa y reactiva, rondan los valores de 16.5 kW y 12.5 kVA_r respectivamente, si se calcula la demanda de potencia aparente tenemos 25 kVA y comparándola con la capacidad nominal del banco que es de 125 kVA, podemos arribar a la conclusión de que este banco está trabajando al 20% de su capacidad nominal. Las pérdidas de energía activa y reactiva representan el 11% y 54% del consumo total de energía.

Tabla 2.10 Alimentadores.

Desde	Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/ día	kVAr. h/día	kW.h/día (p)	kVAr.h/día (p)
B	FDR1	15.9	9.2	48.6	86.4	110.1	64.2	0.2	0.0
No1	PGD (Teatro). Fdr	10.5	6.1	32.2	86.3	57.2	33.5	4.2	0.1
No1	PGD (Salón #1 de la Jefatura). Fdr	1.2	0.7	3.6	86.0	7.1	4.2	0.0	0.0
No1	PGD (Bomba de agua). Fdr	4.2	2.4	12.7	86.5	45.6	26.5	1.6	0.1

En esta tabla se analizarán dos casos, el flujo de potencia desde el nodo B hacia la línea (FDR1) que alimenta el nodo 1 y el flujo de potencia del nodo 1 hacia la línea que alimenta la carga (Teatro).

Para la línea (FDR1) tenemos varios datos como por ejemplo la corriente que es de 48.6 A y teniendo en cuenta que este es un cable de numeración 4/0 con un límite térmico de 480 A puede soportar con facilidad la corriente que se demanda. En términos de pérdidas, esta línea solo se pierden el 0.2% de la energía activa que se transfiere por ella.

Para la línea que alimenta el teatro se tiene una corriente de 32.2 A para un cable 1/0 con un límite térmico de 310 A, se puede decir que este conductor está bien seleccionado. Las pérdidas de energía activa y reactiva son el 7% y el 0.3% respectivamente de la energía transferida.

Banco 2**Tabla 2.11 Estadísticas generales.**

	kW.h/día	kVAr.h/día	Pérdidas (kW.h/día)	Pérdidas (kVAr.h/día)
Generación	1120	310	0	0
➤ SEN	1120	310	0	0
Cargas	1059	152	0	0
Sistema	0	0	61	158
➤ Transformadores	0	0	34	156
➤ Líneas	0	0	27	2
Consumo total	1120	310	61	158

Como se muestra en la tabla 2.11 el consumo de energía activa y reactiva ronda los 1120 kW.h y 310 kVAr.h respectivamente.

Ahora por concepto de pérdidas, en el sistema se pierden alrededor del 5% y 51% de la energía activa y reactiva generada; dividiéndose las mismas en los transformadores, donde se pierden 56% y el 99% de las pérdidas totales, mientras que en las líneas solamente se pierden 44% y el 1% de las pérdidas

Mientras que a las cargas llegan 1059 kW.h y 152 kVAr.h, quiere decir el 95% y 49% del consumo total.

Tabla 2.12 Nodos

Desde	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	Vmáx. (V)	Vmín. (V)
A	310.3	70.9	13.3	96.4	2240.5	620.0	13800.0	13800.0
B	151.7	21.5	414.4	99.0	1086.6	154.4	219.8	213.5
No1	149.1	21.4	414.4	99.0	1069.1	153.7	219.7	209.8

En esta tabla se muestra el flujo de potencia en los nodos. Está señalado en rojo el No1 que es donde están conectadas las cargas. En el mismo se observa la demanda máxima de potencia activa y reactiva que es de 149.1 kW y 21.4 kVAr respectivamente; así como la corriente; el factor de potencia está en el rango de bonificación y por último los consumos de energías diarios de las cargas, que su valor está condicionado por las pérdidas antes mencionadas. Los valores de voltaje serán explicados en próximos epígrafes.

Tabla 2.13 Cargas

Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h(p)
PGD (Jefatura)	73.1	10.5	203.3	98.9	534.4	78.1	0
PGD (Comunicaciones)	15.3	2.2	42.5	99.1	106.6	14.1	0
PGD (Inteligencia criminal, Banco y Guardabosques)	18.4	2.6	51.2	99.0	122.2	17.0	0
PGD (Bomberos, Albergue y Local de al lado)	2.6	0.4	7.3	99.0	18.9	2.7	0
PGD (Ing. Militar)	2.4	0.3	6.8	99.0	16.2	2.3	0
PGD (Canina)	0.2	0.0	0.6	99.0	1.4	0.2	0
PGD (CI)	6.9	1.0	19.2	99.0	45.5	6.7	0
PGD (Prisiones)	5.1	0.8	14.1	98.9	33.8	5.2	0
PGD (Armamentos)	4.1	0.7	11.5	98.9	28.1	4.2	0
PGD (PTI y CII)	22.3	3.2	62.1	99.0	152.5	21.8	0

En la tabla 2.13 se muestran las cargas que están conectadas en el sistema. Se analizará la carga que está señalizada en rojo por ser esta la mayor de las tres. Aquí se observa la demanda máxima de potencia activa y reactiva con valor de 73.1 kW y 10.5 kVAr, como el valor de corriente 203.3 A, factor de potencia 0.99, el consumo diario de energía activa y reactiva, las pérdidas que como se observa son cero ya que el circuito solo se está analizando hasta la entrada del PGD y no dentro de la carga misma.

Tabla 2.14 Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Desde	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h/día (p)
SEN	155.1	35.5	6.7	96.4	1120.3	310.0	0

En esta tabla se observa el flujo de potencia en el SEN. Se puede notar el alto factor de potencia y los beneficios que esto puede traer consigo, como por ejemplo está generando más energía activa que reactiva. Las demandas máximas se analizarán para el caso de los transformadores.

Tabla 2.15 Transformadores (Banco 2)

Desde	Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h (p)	kVAr.h (p)
A	Banco 2	155.1	35.5	6.7	96.4	1120.3	310.0	33.6	155.6

En esta tabla está presente el flujo de potencia desde el nodo A hasta el Banco 2. La demanda máxima de potencia activa y reactiva, rondan los valores de 155.1 kW y 35.5 kVAr respectivamente, si se calcula la demanda de potencia aparente tenemos 162 kVA y comparándola con la capacidad nominal que tiene el banco 150 kVA, podemos arribar a la conclusión de que este banco está sobrecargado en un 8%, en próximos epígrafes se estudiará si el banco puede soportar la sobrecarga a la cual está sometida. Las pérdidas de energía activa y reactiva representan el 3% y 50% del consumo total de energía.

Tabla 2.16 Alimentadores.

Desde	Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/ día	kVAr. h/día	kW.h (p)	kVAr.h (p)
B	FDR1	151.7	21.5	414.4	99.0	1086.6	154.4	17.5	0.6
No1	PGD (Jefatura).Fdr	73.8	10.7	205.1	98.9	538.6	79.1	4.2	1.0
No1	PGD (Comunicaciones).Fdr	15.9	2.2	44.2	99.2	110.5	14.2	3.8	0.1
No1	PGD (Inteligencia criminal, Banco y Guardabosques).Fdr	18.5	2.6	51.3	99.0	122.6	17.1	0.4	0.1
No1	PGD (Bomberos, Albergue y Local de al lado).Fdr	2.6	0.4	7.3	99.0	18.9	2.7	0.0	0.0
No1	PGD (Ing. Militar).Fdr	2.5	0.3	6.8	99.0	16.2	2.3	0.0	0.0
No1	PGD (Canina).Fdr	0.2	0.0	0.6	99.1	1.4	0.2	0.0	0.0
No1	PGD (CI).Fdr	7.0	1.0	19.3	98.9	45.6	6.7	0.1	0.0
No1	PGD (Prisiones).Fdr	5.1	0.8	14.1	98.8	33.9	5.2	0.1	0.0
No1	PGD (Armamentos).Fdr	4.1	0.7	11.5	98.9	28.2	4.2	0.0	0.0
No1	PGD (PTI y CII).Fdr	22.5	3.2	62.5	99.0	153.4	22.0	0.9	0.2

En esta tabla se analizarán dos casos, el flujo de potencia desde el nodo B hacia la línea (FDR1) que alimenta el nodo 1 y el flujo de potencia del nodo 1 hacia la línea que alimenta la carga (Jefatura).

Para la línea (FDR1) se tienen varios datos como por ejemplo la corriente que es de 414.4 A y teniendo en cuenta que este es un cable de numeración 4/0 con una capacidad térmica de 480 A trabajando al 86% de su capacidad, quiere decir que puede soportar la corriente que se demanda. En términos de pérdidas, en esta línea solo se pierde el 2% y el 0.4% de toda la energía activa y reactiva que se transfiere por ella.

Para la línea que alimenta la jefatura se tiene una corriente de 205.1 A para un cable 1/0 con un límite térmico de 310 A, trabajando al 66% de su capacidad térmica, quiere decir que este conductor está bien seleccionado. Las pérdidas de esta línea son un 0.8% y un 1% de la energía activa y reactiva que se transfiere por ella.

Banco 3

Tabla 2.17 Estadísticas generales.

	kW.h/día	kVAr.h/día	Pérdidas (kW.h/día)	Pérdidas (kVAr.h/día)
Generación	569	355	0	0
➤ SEN	569	355	0	0
Cargas	543	246	0	0
Sistema	0	0	25	108
➤ Transformadores	0	0	20	107
➤ Líneas	0	0	5	1
Consumo total			25	108

Como se muestra en la tabla 2.17 el consumo de energía activa y reactiva ronda los 569 kW.h y 355 kVAr.h respectivamente. El alto consumo de energía reactiva influye considerablemente en las pérdidas del sistema como se explicó anteriormente.

Ahora por concepto de pérdidas, en el sistema se pierden alrededor del 4% y 19% de la energía activa y reactiva total; dividiéndose las mismas en los transformadores, donde se pierden 80% y el 99% de las pérdidas totales, mientras que en las líneas solamente se pierden 20% y el 1% de las mismas pérdidas totales.

Mientras que a las cargas llegan 543 kW.h y 246 kVAr.h, sería el 95% y 69% de la energía total.

Tabla 2.18 Nodos

Desde	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	Vmáx. (V)	Vmín. (V)
A	170.5	90.5	8.1	84.8	1137.2	709.3	13800.0	13800.0
B	83.6	38.0	247.8	91.1	548.1	247.6	219.8	214
No1	14.7	6.7	43.4	91.3	102.9	45.9	219.8	213.8
No2	69.1	31.3	205.5	91.1	443.3	200.8	219.8	213.0

En esta tabla se muestra el flujo de potencia en los nodos. Está señalado en rojo el No2 que es donde están conectadas las cargas de mayor consumo del circuito. En el mismo se observa la demanda máxima de potencia activa y reactiva que es de 69.1 kW y 31.3 kVAr respectivamente; así como la corriente; el factor de potencia está en el rango de bonificación y por último el consumo de energía diario de las cargas, que su valor está condicionado por las pérdidas antes mencionadas. Los valores de voltaje serán explicados en próximos epígrafes.

Tabla 2.19 Cargas

Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h/día(p)
PGD (Cuadro)	2.4	1.1	7.2	91.0	15.7	7.2	0
PGD (Patrulla)	2.1	0.9	6.1	92.1	18.2	7.7	0
PGD (PCP y Atención a la ciudadanía)	0.3	0.2	1.0	96.1	2.1	0.6	0
PGD (PNR)	4.8	2.2	14.3	90.9	32.3	14.8	0
PGD (Identificación y Registro)	5.1	2.4	15.1	90.9	34.1	15.6	0
PGD (Criminalística)	24.6	11.1	72.7	91.1	172.4	78.1	0
PGD (C. Comedor)	8.3	3.8	24.6	91.1	64.0	29.0	0
PGD (Bomba de agua)	11.2	5.1	33.3	91.0	44.8	20.4	0
PGD (Tránsito y bombas de agua)	8.3	3.8	24.6	90.9	39.8	18.2	0
PGD (Servicios Médicos)	10.4	4.7	30.7	91.0	71.3	32.5	0
PGD (Logística)	7.3	3.4	21.7	90.8	48.5	22.3	0

En la tabla 2.19 se muestran las cargas que están conectadas en el sistema. Se analizará la carga que está señalizada en rojo por ser esta la mayor. Aquí se observa la demanda

máxima de potencia activa y reactiva con valor de 24.6 kW y 11.1 kVAr, como el valor de corriente 72.7 A, factor de potencia 0.91, el consumo diario de energía activa y reactiva, las pérdidas son cero ya que el circuito solo se analiza hasta la entrada del PGD y no dentro de la carga misma.

Tabla 2.20 Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Desde	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h/día (p)
SEN	85.3	45.3	4.0	84.8	568.6	354.7	0

En esta tabla se observa el flujo de potencia en el SEN. Se puede observar el bajo factor de potencia, que no está en un rango de bonificación y esto puede traer riesgos como se ha explicado anteriormente.

Tabla 2.21 Transformadores (Banco 3)

Desde	Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/día	kVAr.h/día	kW.h (p)	kVAr.h (p)
A	Banco 3	85.3	45.3	4.0	84.8	568.6	354.7	20.5	107.1

En esta tabla se encuentra presente el flujo de potencia desde el nodo A hasta el Banco 3. La demanda máxima de potencia activa y reactiva, están por los valores de 85.3 kW y 45.3 kVAr respectivamente, si se calcula la demanda de potencia aparente tenemos 100 kVA y comparándola con la capacidad nominal del banco 150 kVA, podemos arribar a la conclusión de que este banco esta trabajando al 67% de su capacidad nominal. Las pérdidas de energía activa y reactiva representan el 4% y el 30% respectivamente del consumo total de energía.

Tabla 2.16 Alimentadores.

Desde	Hacia	kW	kVAr	A	FP	kW.h/ día	kVAr. h/día	kW.h (p)	kVAr.h (p)
B	FDR1	14.7	6.7	43.4	91.3	103.0	45.9	0.1	0.0
No1	PGD (Cuadro).Fdr	2.5	1.1	7.2	91.1	15.8	7.2	0.1	0.0
No1	PGD (Patrulla).Fdr	2.1	0.9	6.1	92.1	18.2	7.7	0.0	0.0
No1	PGD (PCP y Atención a la ciudadanía).Fdr	0.3	0.2	1.0	96.2	2.1	0.6	0.0	0.0
No1	PGD (PNR).Fdr	4.9	2.2	14.3	90.9	32.4	14.8	0.1	0.0
No1	PGD (Identificación y Registro).Fdr	5.1	2.4	15.2	91.0	34.4	15.6	0.3	0.0
B	FDR2	69.4	31.4	205.5	91.1	445.1	201.6	1.8	0.8
No2	PGD (Criminalística).Fdr	24.6	11.1	72.9	91.1	172.8	78.2	0.5	0.1
No2	PGD (C. Comedor).Fdr	8.3	3.8	24.6	91.1	64.1	29.0	0.1	0.0
No2	PGD (Bomba de agua).Fdr	11.4	5.1	33.9	91.2	45.6	20.5	0.8	0.1
No2	PGD (Tránsito y bombas de agua).Fdr	8.5	3.8	25.2	91.2	40.5	18.2	0.7	0.0
No2	PGD (Servicios Médicos).Fdr	10.4	4.7	30.8	91.0	71.6	32.6	0.3	0.1
No2	PGD (Logística).Fdr	7.3	3.4	21.8	90.9	48.7	22.3	0.2	0.0

En esta tabla se analizarán dos casos, el flujo de potencia desde el nodo B hacia la línea (FDR2) que alimenta el nodo 2 y el flujo de potencia del nodo 2 hacia la línea que alimenta la carga (Criminalística).

Para la línea (FDR2) se tienen varios datos como por ejemplo la corriente que es de 205.5 A y teniendo en cuenta que este es un cable de numeración 4/0 con una capacidad térmica de 480 A trabajando al 43% de su capacidad, quiere decir que puede soportar la corriente que se demanda. En términos de pérdidas, en esta línea solo se pierde el 0.4% de la energía que se transfiere por ella.

Para la línea que alimenta a Criminalística se tiene una corriente de 72.9 A para un cable 1/0 con un límite térmico de 310 A, trabajando al 24% de su capacidad térmica, quiere decir que este conductor está bien seleccionado. Las pérdidas de esta línea son el 0.3% y el 0.1% de la energía que se transfiere por ella.

2.6.1 Cargabilidad.

En este epígrafe se hará un estudio de sobrecarga sistemática en los tres bancos del centro para evaluar si los mismos son capaces de soportar la demanda máxima a la cual son sometidos. Para ello es imprescindible conocer su capacidad (kVA), la demanda máxima ($D_{\text{máx}}$ en kW), la energía activa (E_a en kW.h) y la energía reactiva (E_r en kVAr.h). Se considera que la energía registrada se consumió en 30 días de operación de la unidad y para 24 horas diarias.

A partir de las cuales se aplican las formulas: (Ecuación 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6)

$$P_m = E_a / T \quad 2.1$$

$$Q_m = E_r / T \quad 2.2$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} \quad 2.3$$

$$\cos\phi = P_m / S_m \quad 2.4$$

$$P_{\text{máx}} = D_{\text{máx}} \quad 2.5$$

$$S_{\text{máx}} = P_{\text{máx}} / \cos\phi \quad 2.6$$

Donde:

P_m – potencia activa promedio (kW).

Q_m – potencia reactiva promedio (kVAr).

S_m – potencia aparente promedio (kVA).

$P_{m\acute{a}x}$ – potencia máxima (kW).

Utilizando los datos disponibles se procede a calcular la sobrecarga sistemática (ecuación 1.5) y luego sumársela a la capacidad del banco y comparar si esa capacidad total supera o infiere el valor de $S_{m\acute{a}x}$.

Tabla 2.17 Datos de potencia.

Banco	Capacidad (kVA)	$D_{m\acute{a}x}$ (kW)	E_a (kW.h)	E_r (kVAr.h)	P_m (kW)	Q_m (kVAr.h)	S_m (kVA)	$\cos\Phi$	$S_{m\acute{a}x}$ (kVA)
1	125	16.5	123.6	139.5	0.172	0.194	0.259	0.66	14.24
2	150	155.1	1120.3	310	1.56	0.43	1.62	0.96	162
3	150	85.3	568.6	354	0.79	0.49	0.93	0.85	100

Tabla 2.18 Capacidad total.

Banco	$\Delta S(k_{II})$	Capacidad total (kVA+ $\Delta S(k_{II})$)
1	37 kVA	162 kVA
2	44.55 kVA	194.55 kVA
3	45 kVA	195 kVA

Como se observa en la tabla 2.18 la capacidad total de los tres bancos supera la capacidad máxima ($S_{m\acute{a}x}$) a la cual están sometidos los mismos, con esto se puede decir que la selección de los bancos es la correcta.

2.6.2 Calidad de Voltaje.

En este epígrafe se analizan las caídas de voltaje en los tres circuitos preferentemente en los nodos donde están conectadas las cargas.

Tabla 2.19 Caída de voltajes.

Tabla	Nodo	% de Caída de voltaje
2.6	No1	-1%
2.12	No1	-4%
2.18	N02	-3%

Para las instalaciones de baja tensión, estas caídas de tensión son limitadas al 4 %, por consiguiente, el rango de tensión de utilización es +10% y el -14%. El desbalance máximo de tensión no debe superar el 3%. Con esto se puede decir que las caídas y el desbalance de voltaje se encuentran dentro de la norma. (NC:365, 2004)

2.6.3 Redistribución de la Carga.

La propuesta siguiente asiste ha un pedido del personal del centro, con el propósito de conectar algunas cargas a los bancos más cercanos. La misma pretende mantener o mejorar las antiguas condiciones de operación.

Banco 1

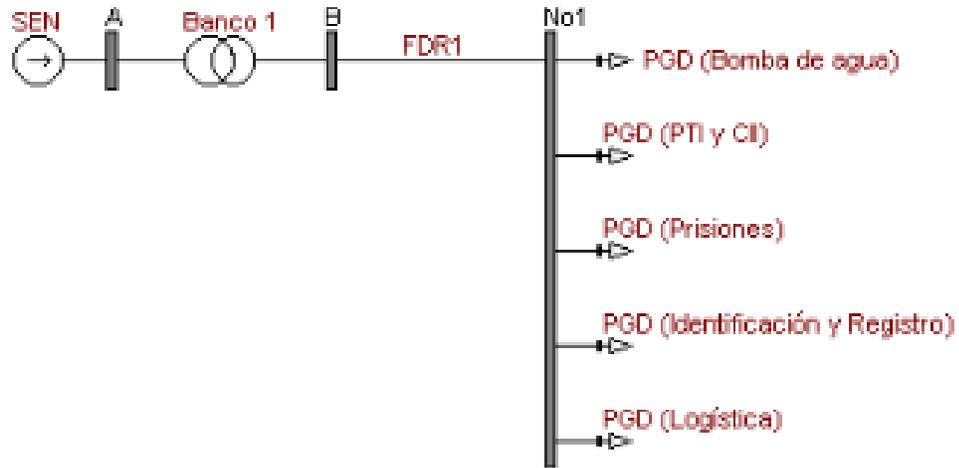
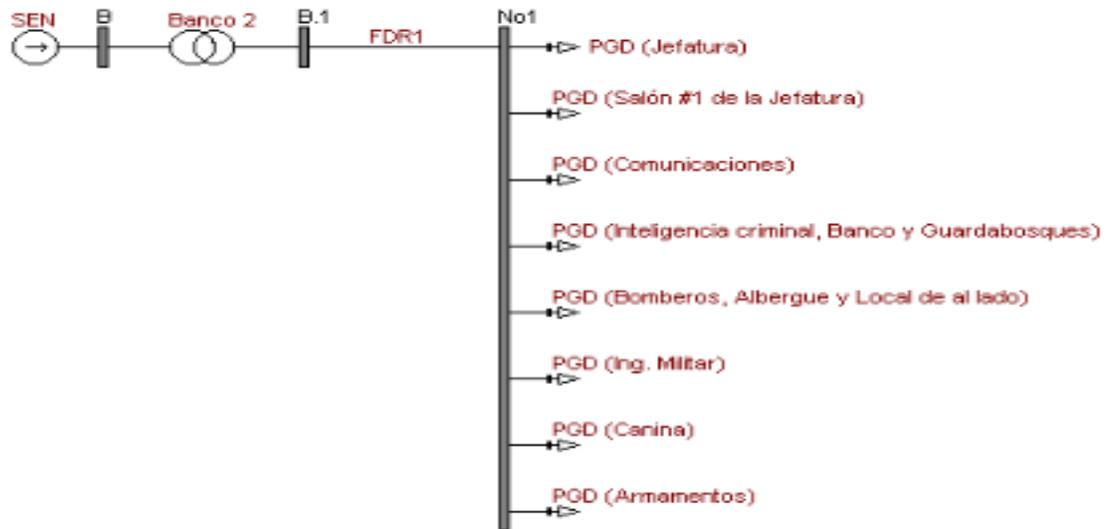


Figura 2.10 Monolineal del banco 1

Tabla 2.20 Comparación entre la situación actual y la nueva propuesta.

Banco1	Consumo total de energía activa y reactiva (kW.h/día; kVAr.h/día)	% de energía consumida por las cargas	% de pérdida de energía en el sistema (Transformadores + Líneas)	F.P
Antes	124; 139	85%; 46%	15%; 54% Totales. 11%; 54% Transformadores. 4%; 0% Líneas.	0.66
Después	334; 277	94%; 70%	6%; 30% Totales. 5%; 30% Transformadores. 1%; 0% Líneas.	0.77

Para este banco hubo un retiro de dos cargas y la incorporación de otras cuatro. El consumo de energía activa y reactiva aumentó en un 37% y 50% respectivamente, las cargas consumen el 94% y el 70% de la energía. Como se nota las pérdidas disminuyeron producto al aumento del factor de potencia, pero el mismo todavía se encuentra dentro del rango de penalización, el voltaje se mantiene dentro de la norma con una caída de un 3% aproximadamente en el nodo más cargado. El banco tiene la capacidad de soportar la demanda máxima para estas nuevas condiciones de carga con una capacidad de 162.125 kVA.

Banco 2**Figura 2.11 Monolineal del banco 2****Tabla 2.21 Comparación entre la situación actual y la nueva propuesta.**

Banco1	Consumo total de energía activa y reactiva (kW.h/día; kVAr.h/día)	% de energía consumida por las cargas	% de pérdida de energía en el sistema (Transformadores + Líneas)	F.P
Antes	1120; 310	95%; 49%	5%; 51% Totales. 3%; 50% Transformadores. 2%; 1% Líneas.	0.96
Después	881; 248	95%; 48%	5%; 52% Totales. 3%; 51% Transformadores. 2%; 1% Líneas.	0.96

Para este banco hubo un retiro de tres cargas y la incorporación de una. El consumo de energía activa y reactiva disminuyó en un 21% y 20% respectivamente, las cargas consumen el 95% y el 48% de la energía, las pérdidas prácticamente no sufren cambios con la única particularidad que se pierde 1% más de energía reactiva. El factor de potencia se conserva igual, el voltaje se mantiene dentro de la norma con una caída de un 4% para el nodo más cargado. El banco tiene la capacidad de soportar la demanda máxima para estas nuevas condiciones de carga con una capacidad de 194.55 kVA.

Banco 3

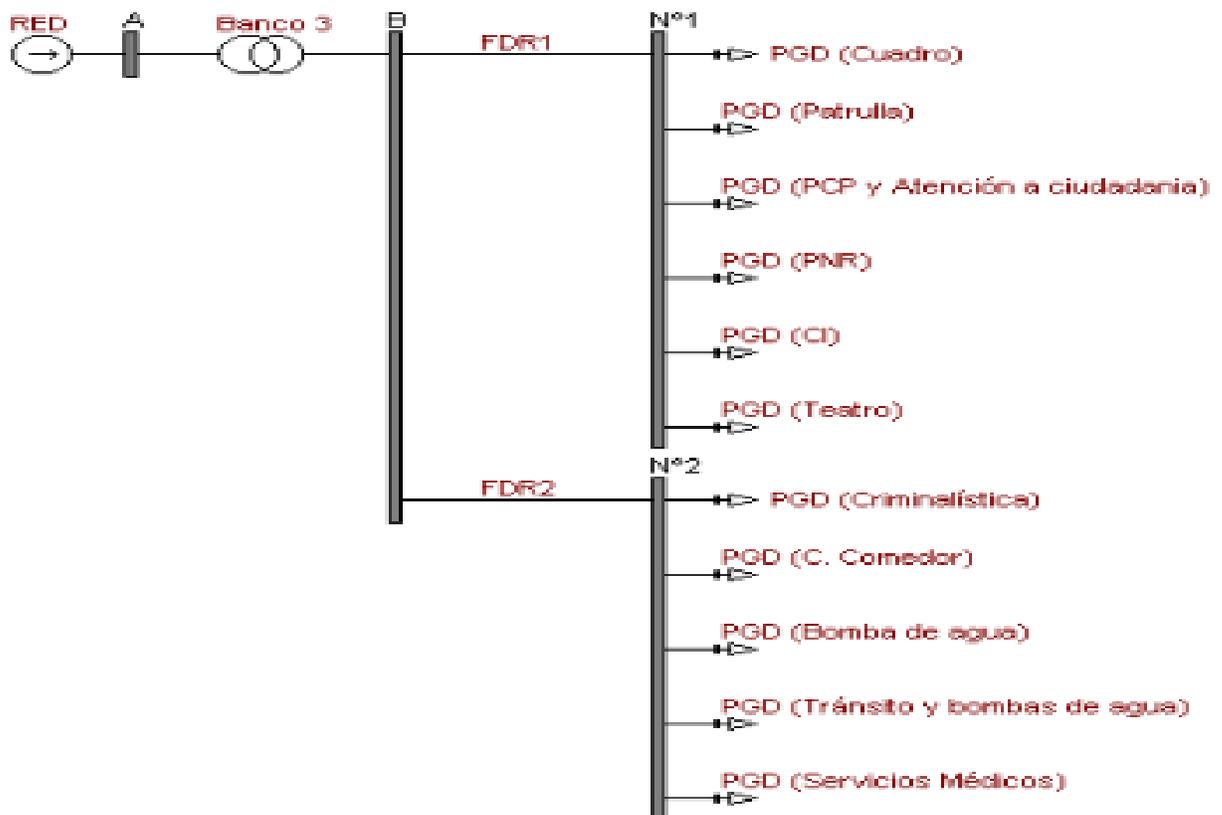


Figura 2.12 Monolineal del banco 3

Tabla 2.22 Comparación entre la situación actual y la nueva propuesta.

Banco 3	Consumo total de energía activa y reactiva (kW.h/día; kVAr.h/día)	% de energía consumida por las cargas	% de pérdida de energía en el sistema (Transformadores + Líneas)	F.P
Antes	592; 365	96%; 70%	4%; 30% Totales. 3%; 30% Transformadores. 1%; 0% Líneas.	0.85
Después	571; 350	96%; 70%	4%; 30% Totales. 3%; 30% Transformadores. 1%; 0% Líneas	0.85

En este banco hubo un retiro de dos cargas y la incorporación de otras dos. El consumo de energía activa y reactiva disminuyó en un 4%, las cargas siguen consumiendo el mismo porcentaje de energía, el factor de potencia y las pérdidas se mantiene sin cambios, el voltaje sigue dentro de la norma con una caída de un 3% y un desbalance de 1% aproximadamente en el nodo más cargado. El banco tiene la capacidad de soportar la demanda máxima para estas nuevas condiciones de carga con una capacidad de 162.125 kVA.

2.7 Medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética

2.7.1 Medidas para el sistema eléctrico.

Conductores.

Los conductores sobrecargados presentan temperaturas superiores a las normales. Esto produce pérdidas por calentamiento y el riesgo de producirse cortocircuitos o incendio; por tal razón se recomienda:

- Revisar la temperatura de operación de los conductores. El calentamiento puede ser causado, entre otras cosas por el calibre inadecuado de los conductores o por empalmes y conexiones mal efectuados.
- La recomendación anterior se hace extensiva a los tableros de distribución, por tanto, debe evitarse sobrecargar los circuitos derivados del mismo.
- Las conexiones flojas o inadecuadas aumentan las pérdidas de energía. Efectuar un programa periódico de ajuste de conexiones y limpieza de contactos, borneras, barrajes, etc.

Transformadores.

- Preocuparse por conocer la carga asociada al transformador para no sobrecargarlo, y así reducir las pérdidas en el cobre.
- Evitar operar transformadores a baja carga (menor al 20%), si es posible redistribuir las cargas.
- Revisar el nivel y rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
- Realizar una limpieza periódica del transformador, es decir, superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, borne, etc.
- Medir con frecuencia la temperatura superficial del transformador, ella no debe ser superior a 55°C, de ser así, debe revisarse el aceite dieléctrico. (PAE, 2002)

Factor de potencia.

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, basta la instalación de un sistema de compensación de reactivos (banco de capacitores), para obtener un factor de potencia del 100%. Un alto factor de potencia proporciona al sistema mayor eficiencia y evita sanciones por parte de la empresa eléctrica. (2004)

2.7.2 Medidas en la iluminación.

A continuación se plantea un grupo de medidas con las cuales se pueden lograr ahorros considerables de energía eléctrica con inversiones muy pequeñas.

- Estimular al personal a apagar la iluminación no utilizada y a apagar la usada cuando en los locales no se encuentre nadie. (Jordan, 1986)
- Contar con un programa de limpieza de iluminaciones, la suciedad disminuye el nivel de iluminación hasta un 20%.
- Utilizar balastos electromagnéticos de alta eficiencia, porque permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de los fluorescentes. (PAE, 2002)
- Realizar mantenimiento periódico a luminarias, lámparas y otros factores vinculados a la eficiencia de la iluminación, como paredes y techos, etc, para garantizar que en todo momento disminuyan las pérdidas por concepto de suciedad, los cuales impiden el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada. La oportuna sustitución de las lámparas desgastadas también contribuye a lograr este objetivo.
- Realizar análisis de las líneas de distribución para detectar conexiones inadecuadas que puedan provocar exceso de consumo. Realizar análisis de las líneas de distribución para detectar conexiones inadecuadas que puedan provocar exceso de consumo. (Jordan, 1986)
- Utilizar reflectores en las lámparas fluorescentes, reducen el número de lámparas y balastos a la mitad, la reflexión lograda permite lograr ahorros del 50% del consumo y de los gastos de reposición de las lámparas.
- Sustituir bombillos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (bombillos ahorradores), emiten aproximadamente el mismo flujo luminoso,

consumen aproximadamente 75% menos energía, duran 10 veces más y emiten una luz agradable.

Tabla 2.23 Comparación entre lámparas incandescentes y fluorescentes.

	Incandescente.	Sustituir por:	Fluorescente.
Duración.	1 000 hr		10 000 hr
	40 W		7 W
	60 W		9 W
	75 W		13 W

2.7.3 Medidas para los sistemas de climatización.

Existen una serie de recomendaciones que, de seguir las, aumentará favorablemente la relación existente entre el confort que se obtiene de los equipos y el ahorro de energía.

- Adquirir los equipos con más alta eficiencia energética del mercado.
- Mantener la temperatura del termostato en 24 °C en verano, es suficientemente confortable y evita la exposición del personal a cambios bruscos de temperatura. El aumento de 1°C significa un aumento de un 6% en el consumo del equipo.
- Garantizar la desconexión de los equipos cuando no existan ocupantes en los locales, desconectarlos en horarios de almuerzo. (Avila, 2002)
- Considera la posibilidad de usar ventiladores eléctricos para mantener un ambiente cómodamente fresco la mayor parte del tiempo, a una fracción del costo operacional de un equipo de aire acondicionado que es caro.(PAE, 2002)
- Siempre que el equipo se encuentre encendido evitar lo más posible las entradas y salidas.(Jordan, 1986)
- No exigir mucho frío al aire acondicionado al momento de ponerlo en marcha. No refrescará el ambiente rápidamente, sólo gastará más energía.(PAE, 2002)

2.7.4 Medidas en los sistemas de refrigeración.

Como se dijo en el capítulo 1 los equipos de refrigeración no son predominantes en el centro, pero debido a la amplia difusión de la refrigeración y ser consumidoras importantes se proponen algunas medidas de ahorro que pudieran aplicarse en estas instalaciones.

- Abrir las puertas al medio exterior durante el menor tiempo posible.
- Instalar cortinas PVC a la entrada de las cámaras, las cuales disminuyen en un 70% la entrada de calor.
- Garantizar el correcto funcionamiento del sistema de desescarche.
- Realizar mantenimiento anual a compresores y ventiladores y calibración de los instrumentos de control.
- Desconectar las cámaras en el horario pico. Esta puede ser por medios automáticos o mediante el personal de mantenimiento. (Avila, 2002)

2.7.5 Medidas para los equipos de Computación.

- Cuando los equipos no vayan a ser utilizados en períodos largos de tiempo, es recomendable la desconexión total.
- Activar el archivo administrador de energía eléctrica (energy saver), éstas se apagarán automáticamente cuando no se estén utilizando.
- La mayor parte de los equipos de audio, video y computación tienen una opción para quedarse encendidos en modo “de espera” o “stand-by”; este modo se puede accionar desde el mando a distancia. En esta modalidad los equipos consumen energía, en algunos casos como las televisiones, hasta el 15% de la energía que consumiría si el aparato estuviera encendido. Cuando no se enciendan los equipos en un espacio corto de tiempo, es recomendable apagarlos desde el equipo en lugar del mando a distancia. (LEON, 2004)

2.8 Conclusiones parciales.

- Los tres bancos del centro pueden soportar la demanda a la cual están sometidos. Con una capacidad total ($kVA + \Delta S(k_{II})$) de 162 kVA (Banco 1), 194.55 kVA (Banco 2) y 195 kVA (Banco 3).
- Los niveles de voltaje se encuentran dentro de los rangos aprobados por la norma Cubana 305. Alcanzando como valor más crítico el de un -4% de caída de voltaje en el No1 del banco 2.
- Las medidas de ahorro propuestas pueden contribuir de manera eficaz al mejoramiento de los índices técnicos de consumo de la instalación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los estudios realizados demuestran que los elementos que conforman el sistema eléctrico están bien seleccionados. Los bancos con una capacidad total de $(kVA + \Delta S(k_{ll}))$ de 162 kVA (Banco 1), 194.55 kVA (Banco 2) y 195 kVA (Banco 3), la caída de voltaje en todos los puntos analizados no excede el 4% del voltaje nominal. Se puede considerar de satisfactorio el estado actual de la instalación eléctrica, el cual responde a las exigencias de la demanda actual.

Recomendaciones

- Poner en práctica las medidas de eficiencia energética.
- Instalar metrocontadores a la entrada de los PGD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.

1. 2004. Aspectos básicos del factor de potencia orientados al ahorro de energía eléctrica.
2. 2012. El aire acondicionado. Available: <http://www.elaireacondicionado.com.ar/bomba.html>.
3. A.A. FEODOROV, E. R. L. *Suministro Eléctrico de Empresas Industriales*.
4. ANSI/IEEE-STD. C57.92-1981. *Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Power Transformer*.
5. ANSI/IEEE-STD. C57.96-1989 *IEEE Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers*.
6. AVILA, J. L. S. 2002. *Postgrado de mantenimiento y ahorro de energía*. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
7. BEEMAN, D. 1955. *Industrial Power Systems Handbook*.
8. CABLEORGANIZER.COM. *The Facts of the American Wire Gauge* [Online]. Available: <http://cableorganizer.com/articles/awg-facts.html> 22 de junio de 2009].
9. CASTILLO, C. A. C. 2011. *Análisis técnico y financiero para la modernización del sistema eléctrico del hospital dermatológico Gozalo Gonzáles.*, Escuela Politécnica Nacional.
10. ELÉCTRICA, P. D. A. Y. E. D. E. 2010. AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.
11. FERNÁNDEZ, L. C. 1991. *Sistemas Electroenergéticos*.
12. IEEE-STD. 141-1993. *IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*.
13. JIMÉNEZ, Y. A. S. 2012. *Análisis de la Situación Energética de la Delegación del MININT de Villa Clara.* . Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
14. JOHN J. GRAINGER; WILLIAM D. STEVENSON, J. 1996. *Análisis de Sistemas de Potencia*, México, McGRAW-Hill/Interamericana de México, S. A. de C. V.
15. JORDAN, R. G. 1986. *Ahorro de energía en Cuba*, La Habana, Editorial Científico-Técnica.
16. LEON, O. F. G. M. J. L. G. J. L. H. 2004. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE ALGUNOS CONSUMIDORES ELÉCTRICOS EN LA UMCC.
17. MESA, J. A. 2003. *Temas de Ingeniería Eléctrica*, La Habana, Félix Varela.
18. MUNDO., S. D. L. E. E. E. Available: www.energiasrenovables.cimat.es
19. NC:365 2004. Tensiones Normalizadas.
20. PAE 2002. Recomendaciones generales para equipos eléctricos.

-
21. PROCOBRE 1999. Uso eficiente de la energía eléctrica.
 22. SAADAT, H. 1999. *Power System Analysis*, Boston, Kevin Kane.
 23. STUART., A. H. M. M. B. C. L. R. C. A. R. M. A. H. 2005. *Generalidades y explotación de transformadores de fuerza*. UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS".