

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez Facultad Metalurgia-Electromecánica



Título: Diagnóstico Energético en el área de residencia del ISMM.

Autor: Yandisnier González Julián.

Tutor: Dr.C. Reynaldo Laborde Brown.

Moa 2009

"Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Yandisnier González autor del trabajo de diploma "Diagnóstico energético en el área de residencia del ISMM." certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes, educativos e investigativos.

Pensamiento

"Creo en el milagro de lo que puede hacer el trabajo, de lo que puede hacer la ciencia y de lo que pueden hacer los hombres".

Fidel Castro Ruz.

Diagnóstico Energético en el área de residencia del ISMM.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar y con todo mi corazón a mis padres Magalys Julián y

Ramón González por el sacrificio y confianza depositada en mí para que pudiese

llegar a lo que soy hoy, a los amigos que contribuyeron a que este sueño fuese

realidad, a mi familia y a todos aquellos que dejaron de existir y que llevo

presente en cada paso de mi vida.

Agradezco a todos los compañeros de aula, por toda la ayuda que me brindaron,

a mis compañeros de cuarto que como hermanos siempre me ayudaron en todo.

Agradezco a todos los profesores y de manera especial a mi tutor Dr.c. Reynaldo

Laborde Brown por sus conocimientos brindados para garantizar el éxito de este

trabajo.

Agradezco a Dios por haberme permitido nacer en esta Revolución Socialista y a

nuestro eterno Comandante en jefe Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad

de forjarme como persona culta y preparada en la especialidad de Ingeniería

Eléctrica.

Muchas Gracias a todos.

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Diploma a toda mi familia, en especial a mis padres Magalys Julián y Ramón A. González, a mis tíos Félix González y Xiomara Julián, por su apoyo incondicional, y a mis abuelos Yolanda Zacuta y Guillermo Julián.

A todos gracias por existir.

Yandisnier González Julián.

Resumen

Se evaluó el comportamiento de las potencias y del consumo de energía eléctrica de cada área. Se determinó la potencia instalada en el área de la residencia. Fue analizado el comportamiento de las corrientes y tensiones en cada edificio y en general. Se determinó el esquema monolineal del sistema, se plantean una serie de medidas con vista de garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área de la residencia, con el ahorro energético. Se define la valoración económica de la propuesta de cambiar todas las cuchillas del panel general del área residencia y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breakers).

Summary

In this work a study of the structure and current behavior of the electric distribution system in the area of the residence of the ISMM it is made.

A detailed description of all the thematic to develop in the investigation is carried out. The utilized methodology for the realization of the investigation is described detailedly. The devices and used methods are exposed, as well as the current characterization of the study objects. The behavior of the powers was evaluated and the electric energy consumption of each area. The power installed in the residence area was determined. It was analysed the behavior of the currents and tensions in each building and in general way. The outline circuital scheme of the system was determined, it is proposed some actions with view of guaranteeing a more rational exploitation of the electric system of the residence area, with the energy saving. The economic valuation of the proposal of changing all the knives of the general panel of the area residence and of the main panels of each building, for automatic protection devices (breakers) is defined.

INDICE

Carátula	4
Carátula	
Introducción General	
FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
Capítulo I Análisis Bibliográfico	12
1.1 Análisis Bibliográfico.	12
1.2 Análisis Teórico	13
1.2.1 Conductores Eléctricos	13
1.2.2 El aislamiento.	14
1.2.3 Dimensionamiento de conductores eléctricos	15
1.2.4 Selección de Conductores	16
1.2.5 Dispositivo de protección	24
1.2.6 Banco de transformadores monofásicos.	27
1.2.7 Generalidades de La Energía Eléctrica	29
1.2.8 Elementos lineales.	31
1.2.9 ¿Qué es el factor de potencia?	34
1.2.10 Medición de potencia activa	35
1.2.11 Eficiencia energética en los sistemas de bombeo	39
1.2.12 Conclusiones del Capítulo 1	41
Capítulo II Materiales y Métodos	42
2.1 Introducción	42
2.2 Generalidades del sistema de distribución del área de residenc	ia 42
2.2.1 Características del banco de transformadores del área de	
residencia	42
2.2.2 Conexión de los transformadores del banco de residencia	44
2.2.3 Descripción de los principales paneles	44
2.2.3.1 Descripción de los paneles generales por edificio	46
2.3. Equipos	53
2.4 Métodos	55

Diagnóstico Energético en el área de residencia del ISMM.

2.4.1 Métodos de medición empleados	. 55
2.4.2 Método de cálculo de la corriente de cortocircuito para la	
selección del dispositivo de protección (breaker).	. 56
2.4.3 Método de cálculo del calibre del conductor	. 58
2.4.4 Métodos de cálculo del caudal de la bomba	. 58
2.5 Conclusiones del Capítulo 2	. 59
Capítulo III Resultados y Discusión.	. 60
3.1 Levantamiento del estado técnico	. 60
3.2 Determinación de la de la potencia instalada	. 63
3.3 Evaluación del comportamiento de las potencias y del consumo de	
energía eléctrica en el área de residencia.	. 69
3.4 Propuestas de medidas para garantizar una explotación más raciona	al
del sistema, con el ahorro energético.	. 92
3.4.1 Sustitución del transformador que ofrece servicio monofásico po	r
otro de mayor capacidad	. 92
3.4.2 Reducción de una hora de bombeo:	. 93
3.4.3 Utilización de solo una nevera en el área de refrigeración	. 95
3.5 Valoración Económica	. 96
3.6 Conclusiones del Capítulo 3.	. 98
Conclusiones generales.	. 99
Recomendaciones	100
Bibliografía	101
Anavas	

Introducción General

En el mundo de hoy, uno de los problemas al que los países se enfrentan es sobre la eficiencia de la energía eléctrica, por eso la realización de un análisis exhaustivo del consumo de energía eléctrica, en estos tiempos de una gran crisis económica mundial es de suma importancia para cualquier región del mundo. Cuba, país hoy sometido a un férreo bloqueo económico impuesto por los Estados Unidos y la elevación de los precios de los combustibles fósiles (*principal fuente de generación de energía eléctrica en Cuba*), se ve obligada a establecer estrategias para lograr un mayor ahorro de energía, como lo es la actual Revolución Energética, que permite mejorar factores como mantener un consumo racional de la energía eléctrica y la explotación de las instalaciones desde el punto de vista técnico - económico.

El Instituto Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", como parte de esta gran estructura también se establece un análisis de los principales problemas, los cuales repercuten considerablemente en el desarrollo económico del país. En este trabajo de diploma se analizará los diferentes aspectos que corresponden a la eficiencia energética donde se evaluará el peso del consumo de energía eléctrica en cada dependencia del Instituto en el área de la Residencia Estudiantil. A fin de proponer un conjunto de medidas que posibiliten un consumo energético más racional en estas áreas, así como el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de dichas dependencias.

FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Problema

Insuficiente conocimiento sobre el comportamiento actual de las principales magnitudes eléctricas que caracterizan el comportamiento del sistema eléctrico de distribución en el área de residencia estudiantil del ISMM.

Objetivo general

Determinar el compartimiento del consumo de energía en las diferentes dependencias que se alimentan directamente del banco de transformadores denominado (Banco de residencia del ISMM), a fin de proponer un conjunto de medidas que posibiliten un consumo energético más racional en estas áreas. Así como el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de dichas dependencias.

Objetivos específicos.

- 1. Evaluar el estado técnico del sistema de distribución del banco de transformador de la residencia estudiantil.
- 2. Evaluar el peso del consumo de energía en cada área.
- 3. Fundamentar el conjunto de medidas que permitan el control eficiente del control de la energía en estas áreas.

Hipótesis

Un estudio detallado de las diferentes partes - componentes del sistema eléctrico de distribución del área de residencia estudiantil del ISMM; así como la realización de mediciones en determinados puntos del mismo, puede revelar la estructura actual del sistema y el consumo de energía en dichas áreas.

Tareas

- 1. Búsqueda bibliográfica.
- 2. Levantamiento sobre el estado técnico del sistema de distribución.
- 3. Levantamiento sobre la potencia instalada correspondiente al banco de trasformadores.
- 4. Determinación de la demanda y del consumo de energía por área.
- 5. Elaboración del proyecto para el control eficiente del consumo de energía.
- Valoración económica.

Aportes de la investigación.

- Esquema monolineal actualizado para el área de residencia estudiantil.
- Información sobre el estado actual de los paneles eléctricos y sus componentes en el área de residencia estudiantil.
- Información para el rotulado adecuado de los interruptores en los diferentes paneles.
- Base para el proyecto de reanimación del sistema de distribución eléctrica del área de residencia estudiantil
- Información sobre el comportamiento de la carga en el banco de transformadores.
- Propuesta de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema, con el ahorro energético.

Capítulo I Análisis Bibliográfico.

1.1 Análisis Bibliográfico.

Para la realización de este trabajo se partió desde el análisis de los resultados obtenidos de trabajos anteriores relacionados con este tema fuera y dentro del ISMM, con el objetivo de conocer cuanto se había avanzado en el tema así como tener una idea exacta de los logros alcanzados en estos temas de investigación en otras áreas.

En este trabajo se realizó un levantamiento de la potencia instalada por área (PACHECO MARTES, D). Se actualizaron los planos eléctricos de las áreas y el esquema monolineal del sistema. Se evaluó el comportamiento del consumo de energía, las corrientes, potencias y tensiones en el punto principal de suministro del área docente, para diferentes escalas de tiempo (horario, diario, mensual, anual). Y se estableció el balance de potencias para el área docente. Aquí se obtuvieron muy buenos resultados pero no se abordó lo necesario en lo que se refiere al ahorro de energía.

En este trabajo se realizó un análisis exhaustivo sobre todas las áreas de la zona residencial del ISMM (PRIETO MILLÁN, D.). Donde se obtuvieron muy buenos resultados y conocimiento de todo el sistema se realizó el levantamiento de la potencia instalada por área, se actualizó el esquema monolineal del sistema, se evaluó el comportamiento del consumo de energía, las corrientes, potencias y tensiones en el punto principal de suministro del área de residencia estudiantil, para diferentes escalas de tiempo (horario, diario, mensual, anual), se estableció el balance de potencias para el área de residencia estudiantil. A pesar de este gran trabajo abarcador que se realizó en esta zona del ISMM no se abordó lo suficiente en lo que respecta al ahorro de energía y a la propuesta de una nueva instalación del cableado ya que esta se encuentra en muy malas condiciones, no se tomaron mediciones a la bomba de agua ni a la cámara fría, por lo que este trabajo que se realizará a esta zona ayudará a tener más conocimiento sobre el sistema y consumo de cada área.

En este trabajo se realizó un análisis para evaluar el sistema de gestión energética

del ISMM y definir los indicadores de consumos de energía eléctrica y agua por

actividad (PÉREZ MUSTELIER, A; TORRES NOA, Y.). En esta investigación se

obtuvieron buenos resultados como es la determinación de las pérdidas anuales de

energía para el banco de transformadores docente, propone cambios e

instalaciones de protecciones en las pizarras, además de establecer el control de la

carga instalada en función de la capacidad de los bancos de transformadores. A

pesar de los resultados obtenidos en esta investigación, no se realizó un análisis

profundo en lo que respecta al funcionamiento del banco de transformadores del

área docente en particular y no se detectaron los principales problemas existentes

en los paneles y en las redes, y no se abordo lo necesario en lo que refiere al ahorro

del consumo de energía.

1.2 Análisis Teórico.

1.2.1 Conductores Eléctricos.

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras hasta llegar a los

centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de

transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos.

Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de

empleo.

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos

de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas

necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación

prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una

suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de

soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un

comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

1.2.2 El aislamiento.

El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que

circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos

ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo

modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer

contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas,

que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión

de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel.

Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso

común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su

comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las

condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos

protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a

altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de

conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el

caucho, la goma, el neoprén y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina

aislamiento integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a

la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre el aislamiento, esta

última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

1.2.3 Dimensionamiento de conductores eléctricos.

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía.

- Variaciones de voltaje.
- Variaciones de frecuencia.
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas.
- etc.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de sus conductores de alimentación.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, recomienda que los equipos de potencia que deben alimentar cargas no lineales (computadoras), operen a no más de un 80% de su potencia nominal. Es decir, los sistemas deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

Como se puede apreciar; el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

1.2.3.1 <u>Daños que genera el mal dimensionamiento y mal uso de los</u> <u>Conductores en una instalación eléctrica.</u>

El mal Dimensionamiento de los conductores trae consigo grandes problemas en las redes, como cortes de suministro, riesgo de incendios, perdidas de energía y también otros como se muestra en la figura. 1.1.

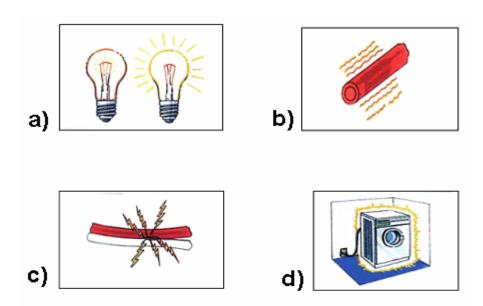


Fig.1.1 a) Caída de tensión, b) Sobrecalentamiento en los conductores, c) Cortocircuitos y d) Fallas de aislamiento a tierra.

1.2.4 Selección de Conductores.

La selección de los conductores del alimentador para todos los tipos de circuitos de tensiones primarias y secundarias debe hacerse sobre la base de una consideración cuidadosa de muchos factores involucrados.

La selección de los conductores se determina de acuerdo ha:

- La corriente de carga aplicada.
- Caída de tensión.
- Elevación de temperatura dentro de los límites del aislamiento.
- Pérdidas de energía razonables.
- Capacidad para soportar el calentamiento de los cortocircuitos.
- Capacidad de reserva para el crecimiento de carga.

Los conductores eléctricos se dividen en dos tipos fundamentales, denominados alambres y cables.

Los alambres se construyen con su sección transversal de metal macizo, mientras que la sección transversal de los cables está formada por varios alambres retorcidos, los que les permite mayor flexibilidad. A continuación en las figura.1.2 A)

y B) se muestran las vistas de las secciones transversales correspondientes a un alambre y a un cable respectivamente, a fin de observar más claramente su diferencia.



Fig. a) . Sección transversal de un alambre.

Fig. b) . Sección transversal de un cable.

Fig.1.2 Aplicación de conductores eléctricos.

El metal más utilizado en la confección de los conductores eléctricos es el cobre, aunque en algunos casos también se utiliza el aluminio. El cobre es mejor conductor de la electricidad, mientras que el aluminio es menos pesado y en ocasiones puede ser muy sustancial. Los valores del cobre como los del aluminio son los más generales del mercado por lo que cada sector del país debe ajustarse a los que tienen a su disposición. El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

1.2.4.1 Selección del calibre del conductor.

Para la selección del calibre del conductor o cable, teniendo en cuenta las condiciones técnicas, tenemos las siguientes secciones mínimas admisibles:

Por calentamiento.

La temperatura de calentamiento del cable y consecuentemente la corriente están limitadas por la temperatura admisible para el aislamiento del cable y dependen del material del aislamiento. La sección se determina mediante tablas que toman en

cuenta la temperatura del cable, las cuales son disponibles en diferentes manuales. La sección seleccionada debe ser mayor que la de cálculo, es decir se debe tomar la sección inmediata mayor.

- Por caída de voltaje.

Durante la selección de la sección por caída de voltaje se debe tomar la sección inmediata mayor. Sin embargo, en algunos casos cuando la sección de cálculo está muy cercana a una estándar se puede adoptar, aún cuando sea la inmediata menor. Esta solución se ejecuta sobre la base de experiencia de ingeniería y de los datos concretos acerca de la certeza de las cargas eléctricas utilizadas en los cálculos.

- Por estabilidad térmica a la corriente de cortocircuito.

La temperatura de calentamiento se determina tanto por la magnitud de la corriente como por el tiempo de su ocurrencia. El cálculo se basa en la cantidad de calor que se desprende en el intervalo de tiempo determinado y consecuente calentamiento del cable. Se selecciona la sección inmediata inferior, y el fundamento de este proceder es que el propio método de cálculo implica un elevado por ciento de errores en exceso de las secciones.

1.2.4.2 <u>Selección del calibre del conductor atendiendo a las condiciones de calentamiento.</u>

Un conductor eléctrico de una sección transversal determinada, puede soportar ciertos valores de corriente máxima, para una temperatura ambiental dada. Magnitudes de corriente por encima del valor especificado pueden producir calentamientos tales, que el conductor sufrirá serios daños en su envoltura aislante. Por esta razón es necesario seleccionar un conductor con determinada sección transversal mínima, de modo que pueda soportar, sin prejuicio alguno para su aislamiento, la magnitud de corriente deseada. Por otro lado, atendiendo a razones de carácter económico y práctico, no es aconsejable optar por conductores con un área extremadamente holgada al realizar la selección de los mismos.

Se fabrican diferentes aislamientos sobre la base de las diversas condiciones ambientales en que los mismos han de operar. A continuación se representa en una

tabla 1.1 las relaciones más utilizadas para la determinación del aislamiento de los conductores más utilizados.

Tabla 1.1 Aplicación de conductores eléctricos.

Nombre de fabricación	Letra del Tipo	Temperatura máxima de operación	Aplicaciones y limitaciones
Goma	R	60 °C	Localizaciones secas
Goma resistente al calor	RH	75 °C	Localizaciones secas
Goma resistente a la humedad	RW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas.
Goma resistente a la humedad y al calor	RH - RW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas
	-	75 °C	Localizaciones secas
Goma látex	RU	$60~^{0}\mathrm{C}$	Localizaciones secas
Goma látex resistente a la humedad	RUW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas
Termoplástico	T	60 °C	Localizaciones secas
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas

Para condiciones de humedad ambiental se recomienda el aislamiento tipo TW (termoplástico), el cual es el más comúnmente utilizado, capaz de soportar una temperatura máxima de 60 °C.

Los valores correspondientes al factor F.C que incluye el efecto producido por un número dado de conductores a través de una misma tubería, son expuestos a continuación mediante la tabla 1.2:

Tabla 1.2 Valores correspondientes al factor F.C.

Número de conductores a través de una misma tubería	F.C
1 a 3	1.0
4 a 6	8.0
7 a 24	0.7
25 a 42	0.6
43 y más	0.5

Los valores correspondientes al factor de corrección de temperatura (F.T) para temperaturas superiores a los 30 0 C, aplicable a conductores de cobre o de aluminio, son representados a continuación mediante la siguiente tabla:

Tabla 1.3 Valores correspondientes al factor de temperatura (F.T).

Temperatura	F.T
(⁰ C)	
0 a 30	1.00
31 a 40	0.82
41 a 45	0.71
46 a 50	0.58
51 a 55	0.41

A continuación se expone mediante una expresión como se determina la corriente que puede suponerse circulando por el conductor (I_C) en caso de que existan condiciones críticas de operación, a los efectos de una adecuada selección del mismo:

$$I_c = \frac{1.25 * I_{carga}}{F.T * F.C}$$

 $I_{c \arg a} o$ Corriente que circula a través del conductor hacia la carga, (A).

 $FT \rightarrow$ Factor de temperatura, (tabla).

 $F.C \rightarrow$ Factor de número de cables por un conducto, (tabla).

1.25 → Factor que brinda un 25 % como margen de seguridad a favor del conductor.

1.2.4.3 Selección del calibre del conductor por caída de voltaje.

Al diseñar los circuitos; la carga y la longitud del tendido y las distancias entre salidas deben relacionarse a la caída de tensión y la necesidad de proporcionar una capacidad libre (extra) en el circuito para el futuro aumento de la carga. Cada dispositivo de utilización en el circuito se diseñó para el mayor rendimiento a la tensión particular de funcionamiento. Aunque estos dispositivos operarán a cualquier valor dentro de su extensión de tensión, por encima o por debajo de su valor de diseño, habrá generalmente efectos adversos debido a la operación a tensiones menores que el valor especificado, o a valores muchos mayores que el valor máximo determinado para su tensión extendida.

La caída de tensión en los conductores y en los circuitos de corriente alterna se debe a la resistencia de los mismos al paso de la corriente y a la reactancia (inducción). El calor desarrollado por la disipación de la potencia en el alambre, deteriora el aislamiento del conductor, por lo que para evitar un pobre rendimiento y los otros malos efectos, los conductores de los circuitos deben de seleccionarse para que mantengan la caída de tensión en dicho circuito dentro del 3%.

Aunque al cargar el circuito al 60% (recomendación) ofrece una protección sustancial contra la caída de tensión excesiva, el tamaño o la sección del conductor para tendidos largos debería siempre determinarse cuidadosamente para asegurar la estipulación de la capacidad libre que se ha tenido en cuenta. Los conductores usados en los tendidos largos, deben de seleccionarse sobre la base de mantener la caída de tensión dentro de los límites establecidos con la máxima carga posible.

A continuación se exponen a través de la tabla 1.4 las fórmulas para el cálculo de la sección de los conductores, caída de tensión y pérdida de potencia:

Tabla 1.4 Fórmulas para el cálculo de la selección de los conductores, caída de tensión y pérdida de potencia.

Clase de	Sección	Caída de tensión	Pérdida de
corriente			potencia
Continua	Conocida la	Conocida la intensidad	
у	intensidad	$_{a}$ = $2L*I*\cos\varphi$	n- 200P*L
alterna	$S = \frac{2L * I * \cos \varphi}{\gamma * e}$	$e = \frac{2L * I * \cos \varphi}{\gamma * s}$	$p = \frac{200P \cdot L}{\gamma \cdot s \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$
monofásica	$\gamma * e$		
(para cc			
$cos \varphi = 1)$			
	Conocida la	Conocida la intensidad	
	intensidad	$e = \frac{\sqrt{3}L * I * \cos \varphi}{\sqrt{3} * S}$	
	$S = \frac{\sqrt{3}L * I * \cos \varphi}{\gamma * e}$	$e = {\gamma * s}$	
	γ^*e	Conocida la	100P*L
Trifásica	Conocida la	Potencia	$p = \frac{100P * L}{\gamma * s * U^2 * \cos^2 \varphi}$
	Potencia	P*L	
	P*L	$e = \frac{P * L}{\gamma * s * U}$	
	$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U}$	Conocida la resistencia y	
		reactancia de la línea	
		$e = \sqrt{3} * I * (r \cos \varphi + xsen \varphi)$	

 γ = Conductividad: 56 para Cu y 35 para Al.

e = Caída de tensión en la línea (V).

I = Intensidad de corriente total (A).

L = Longitud sencilla de la línea (m).

 $r = Resistencia de la línea (<math>\Omega$).

 $x = Reactancia de la línea (\Omega).$

Cos φ = Factor de potencia en el extremo de la línea.

P = Potencia activa (W) tomada de la línea.

p = Pérdida de potencia en la línea (W).

s = Sección del conductor de fase (mm²).

U = Tensión (V). Para corriente trifásica es la tensión entre fases.

1.2.4.4 <u>Selección del calibre del conductor por estabilidad térmica a la</u> corriente de cortocircuito.

Para la selección de la sección térmicamente estable de los conductores del cable, es necesario saber por medio del cálculo correspondiente la corriente estable de cortocircuito y el tiempo posible de ocurrencia de esta corriente a través del cable.

El tiempo se determina por la calibración de la protección que tenga mayor dominio del tiempo (si es que hay varias formas de protección).

La determinación de la sección por estabilidad térmica se realiza por la fórmula siguiente:

$$S_{et-c} = a * I_{\infty} * \sqrt{t_r}$$

Donde:

 α = Coeficiente de cálculo determinado por la limitación de la temperatura Admisible de calentamiento del cable.

El valor del coeficiente de cálculo α y los límites admisibles de la temperatura de calentamiento de los cables ante la presencia de la corriente de Cortocircuito (CC) son expuestos en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Valores del coeficiente de cálculo α y límites admisibles de temperatura de calentamiento para cables ante la presencia de la corriente de corto circuito (c.c).

Material de los conductores del cable	Coeficiente	Temperatura
	(α)	Admisible (⁰ C)
Cables con conductores de cobre, voltaje	7	250
hasta 10 kV		
Cables con conductores. de aluminio,	12	250
voltaje hasta 10 kV		

En la confección de la tabla 1.8 fue considerada la condición de que el cable, antes

del surgimiento del cortocircuito, no tenía una temperatura superior a la normal.

Prácticamente, los cables trabajan siempre con cierta subcarga (excepto en los

regímenes anormales) y por ello en la selección de la sección del cable por

estabilidad térmica se debe adoptar la sección estándar inmediata menor.

1.2.5 Dispositivo de protección.

La energía consumida por los conductores durante un cortocircuito es tal, que

pueden calentarse hasta el extremo de fundirse o volatizarse. Es por esto que los

circuitos alimentadores, deben ser adecuadamente protegidos contra sus

perjudiciales efectos.

Los Breakers o disyuntores son interruptores automáticos utilizados como

dispositivos de protección contra cortocircuitos, los cuales son conectados

directamente a las líneas.

1.2.5.1 <u>Interruptores Automáticos</u>

Cuando se presentan muchos fallos en las redes protegidas por fusibles, el tiempo

de restauración depende de la demora en cambiar el fusible o al menos la lámina

fusora y en ocasiones, fundamentalmente en las redes de distribución industriales, el

costo de las desconexiones suele ser elevado y, por tanto, se precisa de tiempos

cortos de reenergización.

El interruptor automático puede reponerse, por lo general, de forma muy rápida

mediante la acción mecánica luego de una actuación contra un cortocircuito.

Además, suelen fabricarse con mayor capacidad y desde uno a tres polos en un

mismo dispositivo.

Los interruptores automáticos a diferencia del fusible, se pueden encontrar con

variantes ajustables o no ajustables. Es decir, en muchos casos sólo se debe

seleccionar el dispositivo deseado, pero en otros casos algunos de los parámetros

que caracteriza su actuación pueden configurarse.

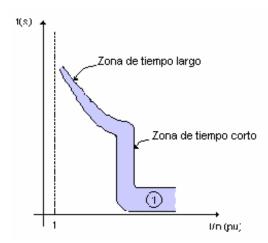


Fig.1.3. Característica hipotética de temporización de los interruptores.

En la figura 1.3 se muestra la curva del comportamiento del tiempo de acción algunos interruptores automáticos, aunque se conocen muchos tipos de curvas en dependencia de la tecnología y el fabricante.

Los interruptores automáticos a diferencia de los fusibles, en su gran mayoría tienen varias zonas de operación. En la figura 1.3, se muestra la zona de tiempo largo o de acción lenta que suele ser de tiempo inverso y la zona de tiempo corto, que puede ser instantánea o no. En muchos interruptores estas zonas de tiempo corto pueden estar divididas en: zona de tiempo corto y zona instantánea (figura 1.4).

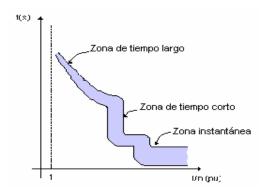


Fig.1.4. Característica hipotética de un interruptor con varias zonas de operación.

Estas zonas de operación por lo general pueden ajustarse ya sean en la magnitud de la corriente o del tiempo. En ciertos interruptores sólo se puede ajustar algunos de estos parámetros, pero en cambio en otros, el fabricante permite la configuración total de las características o zonas de operación (figura 1.4), pero por lo general suelen ser más caros.

Principalmente por la irregularidad de sus características de operación, la coordinación entre interruptores o entre un interruptor y otro dispositivo de tiempo inverso suele ser más compleja que en los fusibles, y se haga necesario la utilización de programas de computación o la manipulación gráfica de sus características (t vs. i)

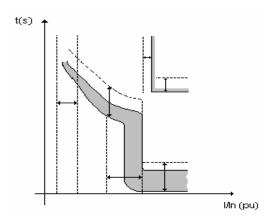


Fig.1.5 Parámetros de ajustes de un interruptor hipotético de varias zonas de operación.

Algunos interruptores automáticos combinan en su interior, componentes de acción contra las fallas monofásicas a tierra, para lo que utilizan la secuencia cero. En la actualidad se están incorporando dispositivos de acción diferencial que poseen mucha sensibilidad y la demanda irá en ascenso.

Otros interruptores son capaces de indicar el tipo de acción que efectuó, si fue por la zona de tiempo corto o instantáneo (provocado por cortocircuitos) o por la zona de tiempo largo (provocado por sobrecorrientes debidas a sobrecargas, etc.) lo que permite mayor velocidad en la detección de la avería.

1.2.5.2 Selección del interruptor (breaker).

Los breakers son dispositivos diseñados para interrumpir las corrientes de fallas producidas en el sistema eléctrico que no excedan aquellos niveles para los que se espera que los mismos accionen exitosamente. Estos dispositivos deben ser seleccionados bajo dos criterios:

- 1) Corriente en régimen de operación normal.
- 2) Nivel máximo de corriente que debe ser capaz de interrumpir en condiciones de falla en el sistema (capacidad de interrupción). El breaker seleccionado debe poseer

una capacidad de interrupción de corriente igual o superior a la mayor corriente de

falla que pueda producirse en el punto del sistema en el cual se encuentre ubicado.

A continuación se pone a consideración valores de corriente de operación con que

se fabrican las protecciones convencionales contra cortocircuitos de circuitos

eléctricos:

Breakers (A): 15, 20, 30, 40, 50, 63, 70, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 300, 350, 400,

500, 600, 700 y 800.

1.2.6 Banco de transformadores monofásicos.

Los bancos de transformadores monofásicos son utilizados en sistemas eléctricos

trifásicos como sustitución de un transformador trifásico. Por ejemplo, en el

transporte a largas distancias de la energía eléctrica. Así mismo, el banco de

transformadores monofásicos también sirve para poder cambiar el número de fases

del sistema, es decir, un sistema trifásico lo podemos convertir en un sistema

bifásico, de 6 fases, de doce fases, etc.

Por lo que respecta a las bobinas primarias y secundarias, las podemos conectar de

varias formas, teniendo cuatro posibles casos: Y/Y, Y/Δ , Δ/Y , Δ/Δ . Es decir,

podemos conectar las bobinas primarias en estrella o en triángulo al igual que las

bobinas secundarias. Dependiendo como lo hagamos tendremos unas

características técnicas u otras. De esta forma, la relación de las tensiones de

entrada y de salida no solamente dependerá de la relación de vueltas (espiras) de

las bobinas primarias y secundarias, sino que también dependerá de cómo estén

conectadas las bobinas primarias y las bobinas secundarias.

La conexión estrella/triángulo (Y/Δ) .

Con este tipo de conexión la corriente en el devanado de las bobinas secundarias es

de un 58% de la corriente carga. La distorsiones de las tensiones de salida no

resultan tan severos como en una conexión Y/Y. También tenemos que señalar que

existe un desplazamiento de fase entre las tensiones de entrada y de salida de 30 °.

Este tipo de conexión se puede utilizar en aplicaciones de reducción.

Conexión estrella no aterrada – delta: Cuando existen altas cargas trifásicas y bajas cargas monofásicas (Fig.1.6)

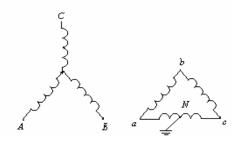


Fig.1.6 Conexión estrella no aterrada- delta.

Las limitaciones de esta conexión radican en que si se abre un primario del banco puede dañar los motores sin protección de sobre corriente, aunque se puede reconectar el banco y seguirá prestando servicio trifásico y monofásico con una capacidad menor.

Conexión Y- A con derivación central:

La conexión **y-** Δ de transformadores trifásicos se muestra en la figura 1.7. En esta conexión, el voltaje primario de línea esta relacionado con el voltaje primario de fase por $Vlp=\sqrt{3}V\phi p$, mientras que el voltaje secundario de línea es igual al voltaje secundario de fase $Vls=V\phi s$. La relación de voltajes de cada fase es $\frac{V\phi p}{V\phi s}=a$, de modo que la relación total entre el voltaje de línea en el lado primario del banco y el voltaje de línea en el lado secundario es $\frac{Vlp}{Vls}=\frac{V\phi p\sqrt{3}}{V\phi s}$ entonces $\frac{Vlp}{Vls}=\sqrt{3a}$, y/Δ

La conexión **Y**/ Δ no tiene problemas por componentes de tercera armónica en sus voltajes ya que ellas son consumidas en una corriente circulante en el devanado delta. Esta conexión es también más estable cuando hay cargas desbalanceadas puesto que la delta redistribuye parcialmente cualquier desbalance que ocurra.

Este arreglo tiene sin embargo un problema. Debido a la conexión, el voltaje

secundario esta desfasado 30° con relación al voltaje primario del transformador. El

hecho de que ocurra un defasaje puede causar problemas en la puesta en paralelo

de los secundarios de dos bancos de transformadores. Los ángulos de fase de los

secundarios de los transformadores deben ser iguales si van a ser puestos en

paralelo, lo cual significa que se debe poner atención a la dirección en que ocurre el

defasaje de 30°en cada banco de transformadores que va a ser puesto en paralelo.

1.2.7 Generalidades de La Energía Eléctrica.

1.2.7.1 <u>La Energía.</u>

¿Qué es la energía?

Se puede concebir como el nivel de capacidad que tiene un cuerpo en un

determinado instante para realizar un trabajo.

Una ley fundamental enuncia que "la energía no se crea ni se destruye, únicamente

se transforma". Esto significa que, la suma de todas las energías sobre una

determinada frontera siempre permanece constante.

La energía es el alimento de toda actividad humana: mueve nuestros cuerpos e

ilumina nuestras casas, desplaza nuestros vehículos, nos proporciona fuerza motriz

y calor, etc.

1.2.7.2 Energía activa

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía

eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se mide en kWh y

se denomina energía activa. Los receptores que absorben únicamente este tipo de

energía se denominan resistivos.

1.2.7.3 Energía reactiva

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores...) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.

El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos. Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (fig.1.7), provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

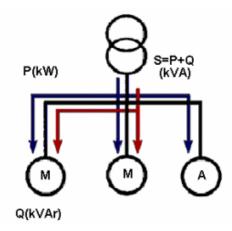


Fig.1.7 El consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente

1.2.7.4 Potencia activa (P).

Es la potencia útil, capaz de producir calor o trabajo, la que se aprovecha en forma efectiva en un aparato calefactor, en un motor, etc.

De manera general: P = V * I

En corriente alterna las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico: $P = V^*I^* \cos \varphi$

Sistema trifásico: $P = \sqrt{3} V I \cos \varphi$

Donde φ es el ángulo de defasaje entre la tensión y la corriente.

1.2.7.5 Potencia reactiva (Q).

Es la potencia necesaria para establecer el campo magnético en las máquinas eléctricas construidas con elementos inductivos.

Las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico: $Q = V^*I^* sen\varphi$

Sistema trifásico: $Q = \sqrt{3} V I sen \varphi$

1.2.7.6 Potencia aparente (S).

Es la suma fasorial de las potencias activa y reactiva.

 $S = (P^2 + Q^2)^{1/2}$

Sistema monofásico: $S = V^*I$

Sistema trifásico: $S = \sqrt{3} V * I$

1.2.8 Elementos lineales.

En los circuitos eléctricos se tienen los siguientes elementos:

Elementos resistivos

Resistivo: R en ohm.

Elementos reactivos

Capacitivo: $X_C = 1/2 \pi f C$ en ohm.

Inductivo: $X_L = 2\pi f L$ en ohm

f - frecuencia

C - capacitancia

L – inductancia

1.2.8.1 Tipos y Fuentes de Corriente

Continua.- Pilas convencionales, baterías, generadores de corriente continua.

Alterna.- Generadores sincrónicos de las centrales eléctricas, las mismas que pueden ser hidráulicas, térmicas, eólicas,

1.2.8.2 Principales relaciones.

Potencia en C.C: $P = I^*V$

Potencia en C.A.:

• Monofásico: $P = I^*V^*\cos\varphi$

Trifásico:

Pot. Activa: $P = 1.73 I^*V^* \cos \varphi$ (W).

Pot. Reactiva: $Q = 1.73 I^*V^* sen \varphi$ (VAr).

Pot. Aparente: $S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ (VA).

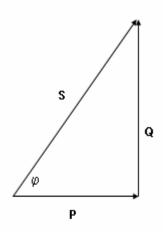


Fig. 1.8 Triángulo de potencia.

1.2.8.3 Consumos lineales.

Los consumos lineales se clasifican como:

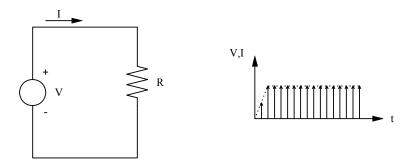


Fig.1.9 Resistivos: planchas, hornillas, calentadores, ollas eléctricas, lámparas incandescentes.

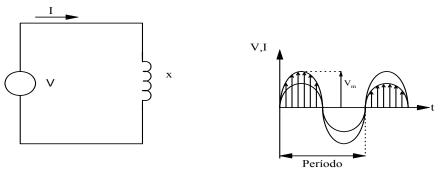


Fig. 1.10 Inductivos: motores, lámparas fluorescentes.

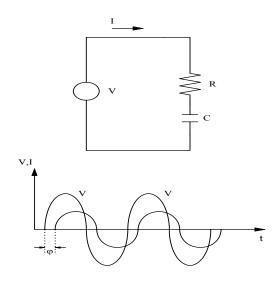


Fig. 1.11 Capacitivos: condensadores

1.2.8.4 Consumos no lineales.

- Equipos basados en dispositivos de la electrónica de potencia, como diodos, transistores, tiristores.
- Computadoras
- Sistemas de control
- Artefactos electrodomésticos
- Sistemas de regulación
- Generan armónicos en la red eléctrica.

1.2.9 ¿Qué es el factor de potencia?

Se define factor de potencia, FP, de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, S, o bien como el coseno del ángulo que forman los fasores de la intensidad y el voltaje, designándose en este caso como $\cos \varphi$, siendo φ el valor de dicho ángulo. De acuerdo con el triángulo de potencias de la figura **I.2.1:**

1.2.9.1 <u>Importancia del factor de potencia.</u>

Para comprender la importancia del factor de potencia se van a considerar dos receptores con la misma potencia, 1000 W, conectados a la misma tensión de 230 V, pero el primero con un Fp alto y el segundo con uno bajo $\cos \varphi_2 = 0, 25$.

Primer receptor

$$I_1 = \frac{P_1}{V\cos\varphi_1} = \frac{1000}{230 \cdot 0,96} \simeq 4,53A$$

 $S_1 = VI_1 = 230 \cdot 4,53 \simeq 1.042VA$

Segundo receptor

$$\begin{split} I_2 &= \frac{P_2}{V\cos\varphi_2} = \frac{1000}{230\cdot 0, 25} \simeq 17,39A \\ S_2 &= VI_2 = 230\cdot 17, 39 \simeq 4.000VA \end{split}$$

Comparando ambos resultados, se obtienen las siguientes conclusiones:

 Un Fp. bajo comparado con otro alto, origina, para una misma potencia, una mayor demanda de intensidad, lo que implica la necesidad de utilizar cables de mayor sección.

 La potencia aparente es tanto mayor cuanto más bajo sea el Fp lo que origina una mayor dimensión de los generadores.

1.2.9.2 ¿Por qué existe un bajo factor de potencia?

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

Un gran número de motores.

Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Una sub.-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.

Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva.

1.2.10 Medición de potencia activa.

En nuestros días el ahorro es muy necesario. Por esto, el estudio de las mediciones de estas magnitudes es de vital importancia, pues de dicho ahorro se puede lograr a través del ajuste, del control y de la optimización de los equipos y aparatos que intervienen en los procesos productivos, para lo cual se requiere medir potencia o energía. La medición de las magnitudes antes mencionadas se realiza en forma directa o indirecta, y para su ejecución se emplean diversos instrumentos y esquemas que dependen de las condiciones de la medición.

1.2.10.1 Medición de potencia activa en los circuitos trifásicos.

La medición de la potencia activa en los circuitos polifásicos se realiza al emplear uno o más wattímetros monofásicos que posea más de un mecanismo. El número de estos a utilizar en cualquier circuito lo da el teorema de Blondel, cuyo enunciado es: la potencia de un circuito de n líneas se puede medir con n wattímetros dispuestos de modo que cada una de las n líneas contenga una bobina de corriente, estando conectadas las correspondientes bobinas de tensión entre cada línea y un punto común.

1.2.10.2 Medición de potencia en sistemas a tres hilos.

Para profundizar más en este método se realizará su análisis sobre la base del diagrama vectorial de la carga, considerando que está constituida por una carga trifásica desbalanceada conectada en delta.

En el esquema mostrado en la figura 1.12 se observa:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{13}i_1\cos\beta_1 + U_{23}I_2\cos\beta_2$$

Donde P_1 y P_2 son las potencias medidas por los wattímetros 1 y 2, respectivamente.

De acuerdo con el diagrama vectorial de la carga se tiene

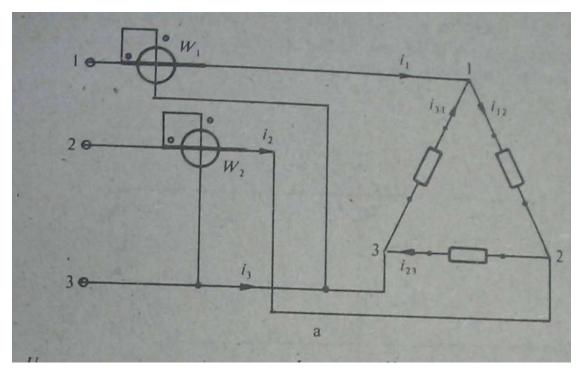
$$I_1 + \cos \beta_1 = I_{12} + \cos(60 - \varphi_{12}) - I_{23} + \cos(180 - \varphi_{31})$$

$$I_2 + \cos \beta_2 = I_{23} + \cos(60 - \varphi_{23}) - I_{12} + \cos(180 - \varphi_{12})$$

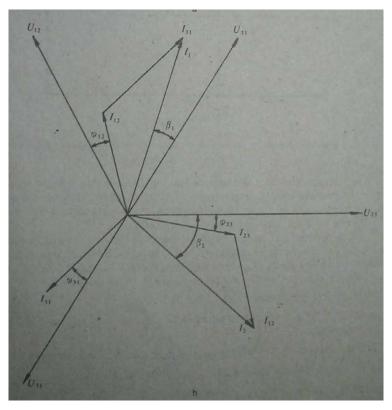
Como la fuente es simétrica $|U'_{13}| = |U'_{23}| = U'_{f}$

Si se sustituye todo lo anterior se obtiene:

$$P = U_f \left[I_{12} \cos(60 - \varphi_{12}) - I_{12} \cos(120 - \varphi_{12}) + I_{12} \cos(\varphi_{23}) + I_{31} \cos(\varphi_{31}) \right]$$



a) Esquema



b)Diagrama Vectorial

Fig.1.12 Para medir corriente trifásica

Pero:

$$I_{12}\cos(60-\varphi_{12})-I_{12}\cos(120-\varphi_{12})=I_{12}\cos\varphi_{12}$$

Luego, si sustituimos en la ecuación (5.52 se obtiene:

$$P = U_f (I_{12}\cos\varphi_{12} + I_{23}\cos\varphi_{23} + I_{31}\cos\varphi_{31})$$

De donde se concluye que: $P = P_{3\varphi}$

Si se mide solamente una carga trifásica balanceada, como el ángulo entre las corrientes de línea y de fase es de 30° entonces:

$$\begin{split} \beta_1 &= 30 - \varphi_{12} \\ \beta_2 &= 30 + \varphi_{23} \\ \left| U_{12} \right| &= \left| U_{23} \right| = U_L \varsigma \\ \left| I_1 \right| &= \left| I \right| = \left| I_L \right| \\ \varphi_{12} &= \varphi_{23} = \varphi_{31} = \varphi \end{split}$$

Por tanto

$$P = U_L I_L \cos(30 - \varphi) + U_L I_L \cos(30 + \varphi)$$
$$p = \sqrt{3}U_3 I_L \cos \varphi$$

Lo anterior demuestra que este método se puede emplear el mismo para medir la potencia de cargas balanceadas pero estas indicaciones de los instrumento no son proporcionales a la potencia de ninguna de las fases y pueden ser positiva o negativa en dependencia del factor de potencia de las cargas, φ =+-60, la indicación de los dos wattímetro son iguales pero uno de los instrumentos indicará cero y el otro la potencia total de la carga. La indicación de los wattímetros según el factor de potencia de la carga se muestra en la figura 1.12. Este gráfico se emplea este método la potencia en la carga la suma algebraica de las indicaciones de los

wattímetros, y que el factor de potencia de carga se puede determinar a partir de las indicaciones de los instrumentos.

Este método es el mas usado y sobre la base de el se construyen wattímetros y contadores trifásicos.

1.2.11 Eficiencia energética en los sistemas de bombeo.

Un sistema de bombeo se compone de bomba, motor, tubería y accesorios. La energía eléctrica consumida depende de la potencia, el tiempo en que funciona la bomba y de la eficiencia del sistema. Esta última es la relación entre la potencia que suministra la bomba al fluido y la potencia eléctrica consumida. La potencia suministrada por la bomba, está en función del gasto y la carga.

Si cualquiera de los elementos del sistema, ha sido mal seleccionado en su tipo, capacidad o material, si el motor no está funcionando correctamente, si alguno de los accesorios está obstruido o si la tubería está deteriorada, aumentará el consumo de energía eléctrica total del sistema.

Se recomienda diseñar el sistema para que entregue el gasto con la presión requerida. Una mayor presión, ocasiona un desperdicio de energía y el incremento del consumo de energía eléctrica.

1.2.11.1 Potencia y rendimiento.

La potencia que las máquinas le entregan al fluido se denomina Potencia útil.

$$Nu = \frac{\rho * g * \mathcal{G} * H}{1000} = \frac{\mathcal{G} * \rho * P}{1000} (kW)$$

Donde:

 \mathcal{G} - Gasto real que entrega la máquina (m³/s).

H - Carga real que entrega la máguina (m).

ho - Densidad del fluido (Kg. /m³).

g - Aceleración de la gravedad (m/s²).

P – Presión creada por la máquina (Pa).

La relación entre la potencia útil y la que es necesaria entregarle al eje de máquina Ne se denominan se denominan rendimiento (η) y se expresa:

$$\eta = \frac{Nu}{Ne} ; Ne = \frac{\rho * g * \vartheta * H}{1000\eta}$$

Rendimiento de la instalación: (η_{ins}) .

Se define como la relación de la potencia útil y la potencia consumida por el motor (Nm).

$$\eta_{ins} = \frac{Nu}{Nm}$$

Este criterio lleva implícito el rendimiento del motor definido como:

$$Nm = \frac{Ne}{Nm}$$
 Por lo tanto, $\eta_{ins} = \eta * \eta_m = \frac{Nu}{Ne} * \frac{Ne}{Nm}$

1.2.12 Conclusiones del Capítulo 1.

En este capítulo se realizó una descripción detallada de todas las temáticas a desarrollar en la investigación, se estudiaron trabajos precedentes sobre el tema. También se hace referencia al breaker como dispositivo de protección contra corrientes de cortocircuito y se precisa en el tema relacionado con el cálculo de conductores, así como la selección del calibre del conductor atendiendo a las condiciones de calentamiento, caída de voltaje y a la estabilidad térmica al paso de la corriente de cortocircuito.

Capítulo II Materiales y Métodos

2.1 Introducción.

Partiendo del análisis bibliográfico de otros trabajos relacionados con el tema. Se ha profundizado en el conocimiento del comportamiento de las principales magnitudes eléctricas y estructura, que han caracterizado el comportamiento del sistema eléctrico de distribución del área de Residencia Estudiantil. Para proponer medidas que mejoren el sistema y lograr una mayor racionalización del consumo de energía. Se realizó un levantamiento energético general del sistema de suministro eléctrico de los edificios 1, 2, 3 y 4, edificio de postgrado (hotelito), el área de cocina – calderas, casa de bomba y oficinas de economía ya que estos se alimentan del circuito estudiado, para tener una noción de las condiciones técnicas reales y de consumo del sistema. Este comprendió las mediciones de las principales magnitudes eléctricas de los paneles generales de cada edificio y del panel principal del banco de transformadores, permitiendo evaluar el comportamiento de las mismas.

Se tomaron lecturas diarias al contador de energía del banco, lo cual permitió analizar el comportamiento del nivel de carga existente en las distintas áreas y en el nodo principal, además se reconfeccionó la base de datos con todas las mediciones y se conformaron las acciones a desarrollar aplicando los conocimientos para la obtención de excelentes resultados en los objetivos propuestos.

2.2 Generalidades del sistema de distribución del área de residencia.

2.2.1 Características del banco de transformadores del área de residencia.

Está compuesto por tres transformadores monofásicos, dos de 50 kVA y uno de 75 kVA, este banco está alimentado por una línea primaria de 13.2 kV y entrega por el secundario 0.24 kV con una conexión en estrella – delta con derivación central.

42

Este suple los edificios 1, 2, 3 y 4 de la Residencia Estudiantil, además de los edificios de postgrado, cocina - comedor, economía, casa de bombas, áreas deportivas y alumbrados exteriores.

Se pudo observar que solo una de los transformadores de 50kVA suple toda la carga monofásica de dicha área. Como se muestra en el esquema físico de la figura.2.1.

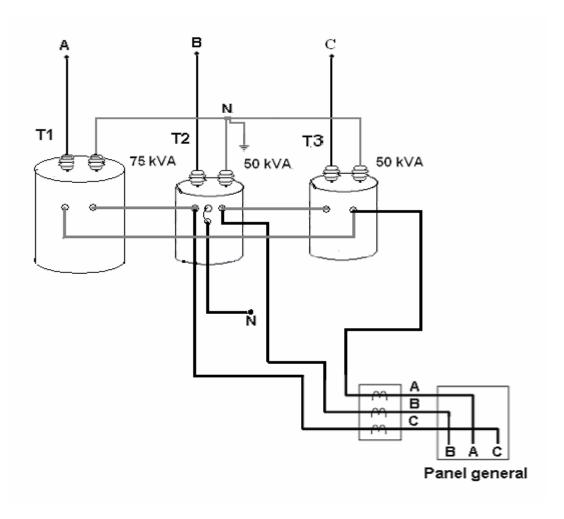


Fig. 2.1 Esquema físico del sistema de alimentación al área de residencia

2.2.2 Conexión de los transformadores del banco de residencia.

La conexión actual de los transformadores del banco residencia está constituida por una conexión estrella aterrada – delta aterrada (figura.2.2) la delta aterrada nos permite dar servicio de dos niveles de tensión. Este banco presta los servicios de 240 V y 120 V, la mayor parte de la carga asociada al mismo es monofásica, aunque alimenta una carga trifásica de mucho peso para el circuito.

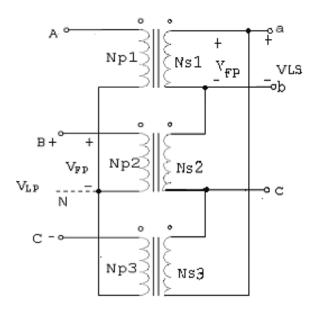


Fig. 2.2 Esquema eléctrico de la conexión de los transformadores del banco residencia

2.2.3 Descripción de los principales paneles.

Procedimiento de actualización de planos eléctricos.

- Exploraciones al sistema eléctrico de alimentación actual perteneciente a cada uno de las áreas.
- Levantamiento por área, determinándose los principales componentes del circuito eléctrico.
- Se detectó área por área de cada edificio las modificaciones en la infraestructura actuales existentes.
- Panel general.

La distribución de la energía en el área de la residencia esta diseñada a partir del panel principal que se encuentra en un local ubicado a la salida del banco de transformadores, en el pasillo principal del Edif. #2. Este panel está formado por 8 cuchillas. Las pizarras de cada panel son metálicas y le proporcionan un buen soporte a los dispositivos de protección. Las cuchillas en su mayoría no están en un estado técnico adecuado por que muchas de ellas están oxidadas y otras muy quemadas por la ocurrencia de corto circuitos que no han sido controlados por la incorrecta selección de fusibles (utilización de alambres de cualquier calibre). La cuchilla 1 (mirando de derecha a izquierda frente a las pizarras), ver figura.2.3, es la que controla la parte de cocina- comedor y calderas, la cuchilla 2 alimenta los motores de bombeo de agua, la cuchilla 3 alimenta la residencia estudiantil (Edif. #1,Edif. #2, Edif. #3 y Edif.#4 cada uno con cuatro plantas, las cuales llamaremos p1, p2, p3, p4) ,después se encuentran las cuchillas 4,5,6,7 que alimentan particularmente los edificios 1,2,3,4, respectivamente y por ultimo la cuchilla 8 que alimenta la residencia de postgrado. Ver Anexo10

Nota: Este panel general tiene varias modificaciones hechas por los eléctricos del Instituto. Estas se describen a continuación:

El área de las oficinas de economía se alimenta de la pizarra de cocina - caldera pero por una tendedera que se encuentra tomada debajo de dicha pizarra.

El edificio #1 que tiene su pizarra independiente, está conectado del edificio #3, porque la instalación de este edificio se quemó debido a la sobre carga.

Del panel general de la pizarra de cocina y caldera va hacia la segunda planta del edificio #2 una tendedera que alimenta las computadoras de las oficinas de beca.

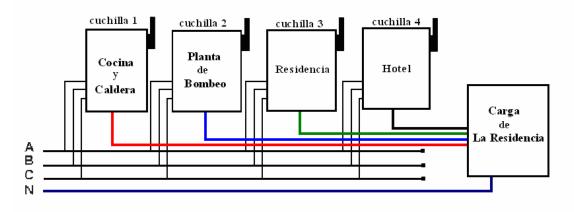
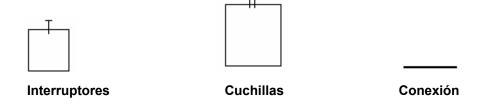


Fig.2.3 Esquema del panel general del circuito de la residencia

2.2.3.1 Descripción de los paneles generales por edificio.

Para la descripción se estableció la siguiente leyenda.



Edificio 1:

En el edificio1 que es la residencia de hembras hay un sistema de protección que está estructurado por una cuchilla general que está ubicada en el primer piso (cuarto 114) ver Anexo16, la cual controla el edificio desde la segunda hasta la cuarta planta, en cada planta por individual hay una cuchilla que alimenta los pisos particularmente. La primera planta esta conectada directamente al panel general, es decir que esta no responde a la cuchilla general del edificio 1. Este edificio se alimenta del mismo circuito del edificio #3. El circuito esta estructurado como se muestra en la figura.2.4

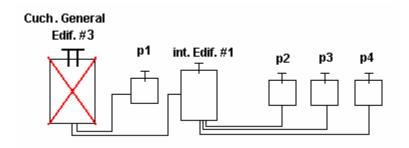


Fig.2.4 Estructura General actual del edificio #1

A continuación se muestran algunas de las características de los interruptores y conductores por planta del Edif. #1

p1, p2, p3, p4: Interruptores de 60A, 250V

Interruptor general del Edif. #1 100A.

Los conductores: Eleka alambre TW 2,6mm 600V

Edificio 2:

El panel principal se encuentra localizado en el pasillo central del primer piso y esta configurado por 3 cuchillas y 4 breaker, no se indica a que local corresponden cada dispositivo de protección. Esta pizarra tiene cuatro interruptores después del interruptor general que alimentaban particularmente a la enfermería, oficial de guardia, librería, y el otro alimentaba pasillo y parque. Pero estos no están funcionando por el mal estado de los interruptores. Las plantas p3 y p4 no tienen sistema de alimentación. En la figura 2.5 se muestra la estructura general actual.

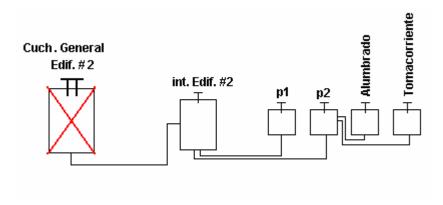


Fig.2.5 Estructura General actual del edificio #1

Las características principales de los interruptores y conductores del Edif. #2 se describe a continuación:

El interruptor general del edificio es de 60A, 250V, la planta 1 se alimenta de un solo interruptor. En la planta 2 tiene otro sistema de alimentación, este tiene un interruptor general del piso de 60A, 250V y dos interruptores de 20A, 250V que protegen al sistema de iluminación y toma corriente respectivamente.

Edificio 3

El edificio no tiene ningún panel que proteja su sistema, ya que está conectado directamente al panel general, esto es un problema que debe resolverse rápidamente tomando en cuenta que la carga de este edificio va a aumentar con la incorporación de las plantas superiores. Este tiene en la planta 1 en el local de la cafetería un interruptor de 100A, y una cuchilla que alimenta al horno. El sistema de este Edificio esta estructurado como se muestra en la figura.2.6

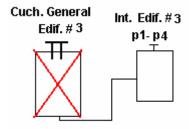


Fig.2.6 Estructura General actual del edificio #3.

Edificio 4:

En el edificio #4 existen otras características en cuanto a la distribución de la energía, porque los interruptores se ubican en lugares diferentes y alimentan 2 áreas distintas, el breaker que alimenta este edificio se encuentra en la pizarra general, la fase 1 alimenta los pisos 3 y 4, y la fase 2 alimenta los pisos 1 y 2, (ver figura.2.7). Existe un breaker general que se encuentra en el cuarto 415 que alimenta los 4 pisos, pero del ala derecha del edificio 4 (frente al edificio) que abarca desde los cuartos 415₁/445₄ hasta el 413₁/443₄. Este se encuentra en muy mal estado, no presenta ningún tipo de soporte y los conductores se encuentran defectuosos con

peligro de que ocurra cortocircuito producto de la humedad que existe en el área por las filtraciones continuas que allí ocurren. El otro es una cuchilla que se encuentra en el cuarto 412 que alimenta desde los cuartos 412₁/442₄ hasta los cuartos 411₁/441₄. Esta se encuentra en un estado técnico crítico, sin soporte, los contactos están en muy malas condiciones al punto de que no se puede maniobrar prácticamente por el peligro de incendio a causa de un corto circuito.

El sistema de protección por pisos del edificio en general esta prácticamente inactivo, ninguno de los paneles tiene protección y solo se encuentran los cables empalmados. Además se pueden encontrar muchas desviaciones eléctricas hechas por los estudiantes. Este sistema esta estructurado como se muestra en la figura.2.8.

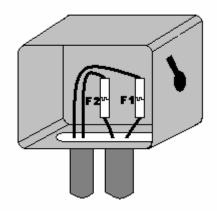


Fig.2.7 Representación de las fases 1 y 2 del panel general del edificio #4.

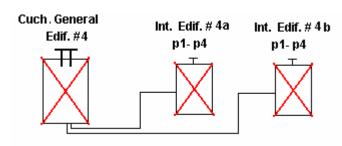
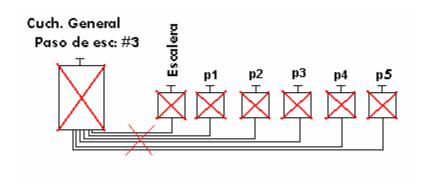


Fig.2.8 Estructura General actual del edificio #4.

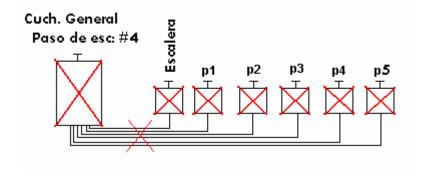
El interruptor de la parte derecha del Edif. #4 es de 500A, 600V y el de la parte izquierda de 100A.

Residencia de postgrado.

En esta área, el panel principal se encuentra localizado en la cocina. Este está configurado por una cuchilla general que domina todo el sistema y 10 interruptores, los cuales están distribuidos para proteger la parte de iluminación, toma corriente, los ventiladores de techo y horno respectivamente. De esta pizarra se alimentan los otros paneles que se encuentran localizados en al primer piso, en la parte derecha de cada paso de escalera. Estos paneles están constituidos por un interruptor general y 6 interruptores, que alimentan los pisos desde la primera hasta la 5ta planta respectivamente. Los fusibles son alambres de cualquier calibre, la instalación de estas pizarras están hechas con diferentes alambres o cables con incorrectos empalmes. Los pasos de escalera 1 y 2 tienen otro sistema de alimentación, en estos paneles hay un interruptor por cada habitación y uno que alimenta a todos los acondicionadores de aire por separado. A continuación se muestran los paneles de los pasos de escalera 3 y 4 figura.2.9. a) y b).



a) Paso de esc: #3



b) Paso de esc: #4

Fig.2.9 Estructura General actual de los pasos de escalera 3 y 4 de la residencia de Postgrado.

Oficinas de economía.

Las oficinas de economía se alimentan directo de la pizarra del área de cocinacaldera. Esta área no tiene interruptores que domine su sistema de alimentación por separado.

Cocina - Caldera.

Caldera.

En la caldera se encuentra un interruptor general de 100A, que alimenta al alumbrado y a las calderas 1 y 2, que están dominados por dos interruptores (ver figura.2.10) a los cuales no se les identifican sus datos nominales.

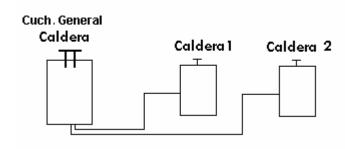


Fig.2.10 Estructura General actual (cocina caldera).

Cocina

 desconoce a qué parte del área alimenta cada uno de estos interruptores, porque no es confiable maniobrarlos para ver la zona que alimenta.

A continuación se muestra algunas de las características de los interruptores y cuchillas de la pizarra:

- Interruptor general: 250V, 400A.
- ➤ 4 interruptores de: 30A.
- 8 interruptores que no se detectan sus características.
- 2 cuchillas de 200A.

Esquema monolineal.

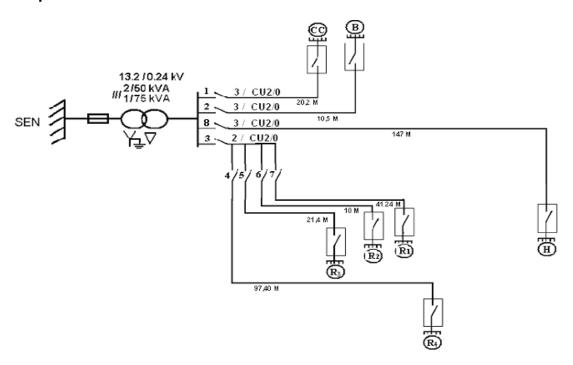


Fig.2.11. Esquema monolineal del área de residencia.

La Figura.2.11 muestra el esquema monolineal correspondiente al área de residencia del ISMM. A través del esquema podemos demostrar como se encuentra distribuido el sistema de alimentación a las distintas áreas, en su comienzo desde el sistema electro-energético nacional alimentando al banco de transformadores del área de residencia, el cual presenta una conexión estrella aterrada-delta aterrada y se encuentra protegido por un drop-out y constituido por dos transformadores de 50 kVA y uno de 75 kVA, alimentándose por la línea primaria de 13.2 kV y

Diagnóstico Energético en el área de residencia del ISMM.

suministrando por el secundario 0.24 kV. A partir del banco de transformadores son

alimentadas las cuchillas generales (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8) correspondientes al panel

principal del área, las cuales alimentan las siguientes áreas:

Cuchilla 1: Alimenta los locales de cocina-calderas y comedor.

Cuchilla 2: Alimenta los motores de bombeo de agua.

Cuchilla 3: Alimenta las cuchillas de los paneles principales de los edificios de la

residencia 1 (R1), residencia 2 (R2), residencia 3 (R3) y residencia 4 (R4).

Nota: La cuchilla 3 alimenta las cuchillas 4, 5, 6 y 7 que van hacia los locales R4,

R3, R2 y R1.

Cuchilla 8: Alimenta la cuchilla del panel general de la Residencia de postgrado (H).

Se muestra además el número de conductores, el calibre y la distancia a la que se

encuentran cada cuchilla general del panel principal.

2.3. Equipos.

Contador digital.

Se realizaron mediciones diarias de Pa y Qr, para las que se utilizó el contador

digital, que presenta las siguientes características.

Unidad de medida: kWh

Modelo: CIRWATT

Fabricado en: España

Coeficiente de transformación: 120 / 120 V TT

> 600 / 5 A ΤI

3 x 58 / 100 v - - - - - - - - - - - 230 / 240 v

50 / 60 Hz

El esquema eléctrico de la conexión de los transformadores de corriente del

contador de energía es representado a continuación mediante la figura.2.12:

53

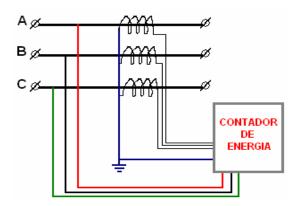


Fig.2.12 Conexión de los transformadores del contador.

También se realizaron mediciones con el amperímetro de gancho metrix MX 1140 el cual posee las siguientes características:

Amperímetro de gancho metrix MX 1140 Auto rango

Batería 9V NEDA 1604 6F22 006P

Analizador programable de redes.

Para realizar esta investigación se ha empleado como base para tomar estas mediciones un analizador de redes con las siguientes características.

Analizador de redes: Ver Anexo21

NORTHWOOD

DATA* LOGGER

Modelo: Interlogger

Serial # IL000

Fabricado en: Canadá

2.4 Métodos.

2.4.1 Métodos de medición empleados.

Se realizaron mediciones de corriente de fase y tensión de línea en cada cuchilla del panel principal del banco de transformadores, al igual que a las cuchillas principales de cada panel principal correspondiente a cada uno de los edificios.

Se tomaron lecturas diarias al contador de energía del banco docente en el horario de las 9:00 AM, donde se realizó un análisis del comportamiento de la energía consumida en el banco, estas se detuvieron solo dos ocasiones.

Se ejecutaron mediciones de las principales variables eléctricas tales como corriente, voltaje, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia y otras importantes. Estas mediciones se efectuaron en el panel general y en las distintas cuchillas individuales de los edificios 1(Mujeres), 2, 3, 4(Hombres), residencia de postgrado, casa de bomba y cocina – caldera, en un periodo de dos semanas. El analizador de redes nos permitió hacer mediciones continuas cada 10 minutos durante 36 horas aproximadamente en cada panel.

Se determinaron las pérdidas en los alimentadores teniendo en cuenta los valores de resistencias de cada conductor por edificio, a través de la siguiente expresión:

$$P = I^2 * R$$

Características del alimentador:

Calibre CU2 / 0 R $(\Omega / m) = 0.000218 \Omega / m$

Diámetro = 13.26 mm

Ancho del forro = 3 mm

Corriente nominal= 450 A

- Valores de resistencia del alimentador por edificio:

R (edificio 1) = 0.009Ω

R (edificio 2) = 0.0022Ω

R (edificio 3) = 0.0047Ω

R (edificio 4) = 0.0021Ω

R (res.posg) = 0.032Ω

2.4.2 Método de cálculo de la corriente de cortocircuito para la selección del dispositivo de protección (breaker).

El cálculo de la corriente de cortocircuito es realizado con la finalidad de determinar la capacidad de los dispositivos de protección que van hacer conectados en las líneas de distribución que alimenta el área docente del ISMM. Para la determinación de esta magnitud nos apoyamos en el método de sistema de unidades relativas (por unidad).

Todas las magnitudes que intervienen en el cálculo de las corriente de cortocircuito pueden ser expresadas en unidades concretas (kVA, A, V, Ω) o en unidades relativas (en fracciones o en por ciento de la magnitud base elegida).

Para la expresión de todas las magnitudes en unidades relativas se deben establecer las magnitudes o condiciones básicas.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito partimos del siguiente razonamiento:

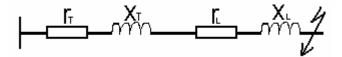


Fig. 2.13 Esquema del tramo de una fase cortocircuitada en un punto de la línea.

 $r_{\tau} \rightarrow \text{Resistencia del transformador.}$

 $r_r \rightarrow \text{Resistencia de la línea.}$

 $x_T \rightarrow \text{Reactancia del transformador.}$

 $x_L \rightarrow \text{Reactancia de la línea.}$

Estas magnitudes son obtenidas por datos de chapa del transformador, y por catálogos de conductores.

Partiendo de los datos obtenidos fueron seleccionadas las magnitudes bases las cuales son, potencia base S_b y el voltaje base V_b A partir de estas magnitudes podemos determinar la corriente de cortocircuito, para lo cual partimos de las expresiones que son mostradas a continuación:

$$S_b = \sqrt{3} * V_b * I_b$$

$$Z_b = \frac{V_b fase}{I_b fase}$$

Procedemos a determinar:

$$r_{T^*} = \frac{r_T}{z_B}$$
 ; $x_{T^*} = \frac{x_R}{z_B}$; $r_{L^*} = \frac{r_L}{z_B}$; $x_{L^*} = \frac{l_L}{z_B}$

Con estos resultados determinamos la I_{cc} en valores por unidad, a partir de una serie de expresiones que son mostradas a continuación:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{cc}} \longrightarrow Z_{cc} = \sqrt{r_{cc}^2 + x_{cc}^2}$$

Donde (V) está expresado en valores por unidad, y equivale a (1 pu).

$$r_{CC} = r_T + r_L$$
 ; $x_{CC} = x_T + x_L$

El resultado obtenido de la I_{cc} se encuentra expresado en valores por unidad, por lo que para llevarlo a (A) se debe multiplicar por la corriente base (I_b).

 S_B Potencia aparente base.

Zb Impedancia base.

 r_{T^*}, x_{T^*} Resistencia y reactancia del transformador expresadas en unidad relativa, referidas a las condiciones bases.

 r_{L^*}, x_{L^*} Resistencia y reactancia de la línea expresadas en unidad relativa, referidas a las condiciones bases.

 $r_{\rm CC}$, $x_{\rm CC}$ Resistencia y reactancia de cortocircuito.

 Z_{CC} Impedancia de cortocircuito.

 I_{cc} Corriente de cortocircuito.

2.4.3 Método de cálculo del calibre del conductor.

Para determinar el método ideal de cálculo del calibre de los conductores necesarios para el área docente del ISMM, realizamos un análisis profundo de cada método independiente y considerando las magnitudes de trabajo que se tenían a disposición, determinamos un método mediante el cual se determinará la sección del calibre de los conductores en caso que sea necesario la sustitución de un conductor por no cumplir con las condiciones de trabajo requeridas. A continuación se exponen los métodos que se tenían a disposición (Capítulo 1 epígrafe 1.2.4), y se identifica el método escogido.

Métodos:

- Por calentamiento.
- Por caída de voltaje.
- Por estabilidad térmica a la corriente de cortocircuito.

Método escogido:

Se determinó la selección del calibre del conductor atendiendo a las condiciones de calentamiento, y este método se encuentra argumentado en el Capítulo 1 <u>epígrafe</u> 1.2.4.2.

2.4.4 Métodos de cálculo del caudal de la bomba.

Se tomaron mediciones cada 15min, Para la misma se cuenta con los siguientes datos:

- Capacidad del tanque: 208m³.
- Capacidad de la cisterna: 937.5m³.
- Dimensiones de la cisterna:

Largo 30m, Ancho 12.5m, Profundidad 2.5m

Según (Agencia INTERMAR).

Para mayor fiabilidad se utilizó una cinta de 50m y una vara métrica de 5m para medir el caudal.

2.5 Conclusiones del Capítulo 2.

En este capítulo se describe detalladamente la metodología utilizada para la realización de la investigación. Se exponen los equipos, materiales y métodos de mediciones empleados, así como la caracterización actual en que se encuentran los objetos de estudio en el área de residencia como lo son: banco de transformadores, paneles eléctricos, planos y circuitos eléctricos.

Además de explicarse la técnica experimental que fue empleada para llegar a los resultados que se ha propuesto en el objetivo del trabajo.

Capítulo III Resultados y Discusión.

3.1 <u>Levantamiento del estado técnico.</u>

Realizando la descripción de los principales paneles del área de residencia del ISMM se han detectado un grupo de problemas en los paneles eléctricos y sus componentes.

- Pizarras eléctricas deterioradas.
- Cuchillas en mal estado técnico.
- Puertas protectoras de los paneles eléctricos deterioradas.
- Conexiones defectuosas.
- Sobrecalentamientos en los conductores.
- Tendederas eléctricas.
- Fusible hecho con cualquier calibre.

Ver Anexos del 11 al 19

Después de haber analizado la infraestructura del sistema del área de residencia se hará la propuesta para mejorar el sistema de alimentación, para lograr una mayor eficiencia y protección, en las áreas.

Panel General

En el panel General se debe separar la alimentación del edificio #1 del edificio #3 ya que estos están alimentados de la misma cuchilla, lo que esto trae como consecuencia que haya sobrecalentamiento en los conductores.

Edificio #1

En el edificio1, se recomienda, eliminar la alimentación directa desde el panel general, del piso 1. Figura .3.1.

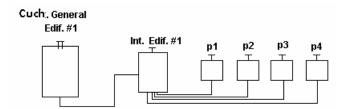


Fig.3.1Estructura General propuesta para el edificio #1

Edificio #2

La pizarra de este edificio, solo alimenta dos pisos. Se recomienda cambiar los interruptores y toda la instalación eléctrica de este sistema.

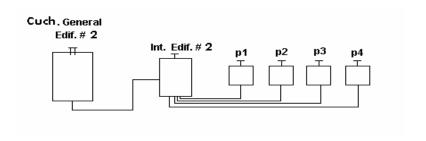


Fig.3.2 Estructura General propuesta para el edificio #2

Edificio #3

El edificio #3 se debe dejar independiente en su circuito ya que le van a instalar cargas nuevas. Además se le debe realizar un nuevo sistema de alimentación y una pizarra que domine a este edificio. Ver figura.3.3

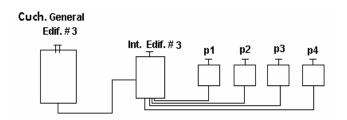


Fig.3.3 Estructura General propuesta para el edificio #3.

Edificio #4

Al edificio # 4, se le propone cambiar todo su sistema, poner interruptores automáticos por piso, figura.3.4. Como este edificio está estructurado en dos partes, de la forma mencionada anteriormente, se le deben conectar interruptores que dominen el sistema de cada ala del edificio por separado. Se plantea cambiar todo su sistema de cableado por otros de más calibre.

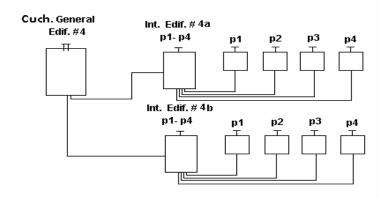


Fig.3.4 Estructura General propuesta para el edificio #4.

Residencia de posgrado:

En la residencia de postgrado se recomienda cambiar las pizarras de los pasos de escaleras 3 y 4. Ya que estos están completamente deteriorados y los interruptores y fusibles no tienen un buen estado técnico.

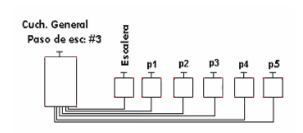


Fig.3.5 Estructura general propuesta, paso de esc: #3

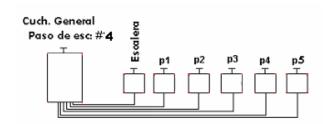


Fig.3.6 Estructura general propuesta, paso de esc: #4

Propuesta de alimentadores para el sistema.

Para lograr una alimentación eficiente del sistema, se propone cambiar los alimentadores del edificio #1 por uno con las características que se muestran a continuación:

Tabla.3.1 Características del conductor escogido.

Voltaje	Calibre	Cantidad	Corriente	Aislamiento
kV	AWG	# de hilos	Α	(TW)
35	2/0	4	295	

3.2 Determinación de la de la potencia instalada.

En búsqueda de las principales fuentes de consumo en el área de residencia del ISMM, se llevó a cabo un levantamiento en los edificios 1, 2, 3 y 4, Residencia de posgrado, cocina – caldera, oficinas de economía, incluyendo además la casa de bomba. Estos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.2 Potencia instalada en el área de las oficinas de economía

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (18 W)	8	0.14
Lámpara (32 W)	14	0.44
Computadora	17	5.1
Aire acondicionado	1	0.56
Impresora	5	1.375
Escáner	1	0.014
Ventilador	5	0.26
Fotocopiadora	1	1.075
Total	52	8.959

Tabla 2.33 Potencia instalada en la cocina - calderas.

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)	Hora / Día
Lámpara (18 W)	20	0.36	7
Lámpara (32 W)	45	1.4	7
Computadora	1	0.25	8
Neveras	4	0.152	24
Ventilador	1	0,40	6
Motor de bombeo a la caldera 1 (3ϕ)	1	1.5	8
Motor de bombeo a la caldera 2 (3ϕ)	2	2.3	8
Motor de la caldera (3ϕ)	2	3.0	8
Motor de área de refrigeración (3ϕ)	2	4.8	24
Ventilador del área de refrigeración (3ϕ)	1	0.462	24
Ventilador	1	0.040	6
Total	73	15.08	

Tabla 3.4 Potencia instalada en la residencia de posgrado (hotelito).

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)	Hora / Día
Lámpara (18 W)	175	3,1	7
Lámpara (32W)	8	0,25	7
Computadora	7	0,5	8
Televisor	34	4.08	8
Plancha	9	9	0.16
Equipo de música	2	0,11	5
Laptop	2	0,155	6
Acondicionadores de aire	23	12.88	12
Ventiladores	50	4,065	6
Hornilla eléctrica	30	30	6
Arroceras	21	10.5	1
Olla reina	11	8,8	1
Lavadora	5	0,635	0.16
Refrigerador	30	6,72	24
Horno (3ϕ)	1	2,3	0.16
Nevera	2	0,76	24
Calentador	8	9.6	0.25
Bombillo incandescente	2	0,12	8
Motor de bombeo (1ϕ)	1	1.5	4
Total	418	105.075	

Tabla 3.5 Potencia instalada en el edificio 3

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (18 W)	2	0.036
Lámpara (32 W)	22	0.70
Horno	1	3.00
Nevera	1	0.38
Televisor (panasonic)	1	0.20
video	1	0.12
Ventilador (techo)	2	0.36
Total	30	4.79

Tabla 3.6 Potencia instalada en edificio 2.

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (18 W)	7	0.126
Lámpara (32 W)	21	0.67
Computadora	4	1
Refrigerador (haier)	1	0.085
Ventilador	1	0.024
Ventilador (techo)	1	0.18
Nevera	1	0.38
Total	36	2.465

Tabla 3.7 Potencia instalada en los motores de bombeo.

Consumidores	Potencia (kW)	Hora / día
Bomba 1	22	4
Bomba 2	5,00	4
Bomba 3	0.17	4
Total	27.17	

Tabla 3.8 Potencia instalada en el edificio 4.

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)	Horas / Día
Lámpara (18W)	165	2.97	7
Lámpara (32W)	2	0.064	7
Arroceras	34	17	1
Olla presión	15	12	1
Hornilla eléctrica	54	59.4	1
TV (panda)	14	1.19	8
TV(tienda)	10	0,650	8
Plancha	4	4,0	0.16
Equipo de música	6	1,0	5
Computadora	7	2,1	8
Laptop	29	2,465	8
Refrigerador (haier)	7	1,12	24
Refrigerador (tienda)	2	0.3	24
Nevera	1	0,25	24
Calentador	29	34.8	0.25
Ventilador (órbita)	63	2.6	6
Ventilador (tienda)	100	3.6	6
Total	542	145.509	

Tabla 3.9 Potencia instalada en el Edificio 1

Equipos	Cantidad	P (kW)	Hora / día
Lámpara (18 W)	104	1.87	8
Lámpara (32W)	1	0.032	8
Arroceras	33	16.5	1
Olla presión	12	9.6	1
Ventiladores	59	1.487	6
Hornillas eléctricas	39	42.9	1
TV	22	2.42	8
Calentador	18	21.62	0.25
Plancha	2	2.0	0.16
Computadora	1	0.35	8
Total	276	98.76	

Tabla 3.10 Potencia instalada total por área.

Área	Pot.Inst (kW)
Oficinas de Economía	8,69
Cocina - Caldera	15,08
Hotelito	105,07
Edificio 1	98,76
Edificio 2	2,46
Edificio 3	27,17
Edificio 4	145,51
Motores de la Bomba	27,17
Total	429.9

Potencia Instalada

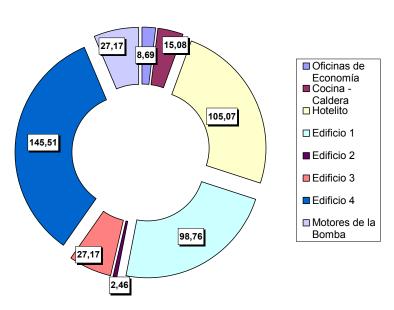


Fig.3.7 Representación de la potencia instalada por área en (kWh).

En la figura.3.7 se muestra que el área de mayor potencia instalada es el edificio 4 y edificio de postgrado respectivamente.

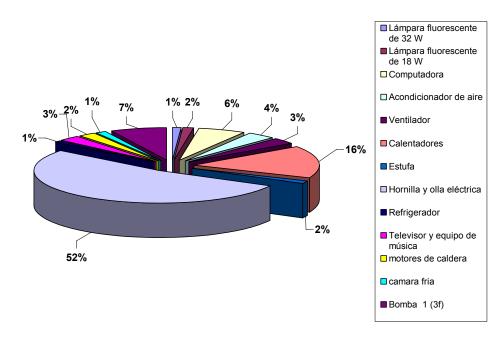


Fig.3.8 Por ciento que representa cada equipo.

Analizando el gráfico de pastel de la figura anterior, se muestra que el mayor peso de la potencia instalada se encuentra en los equipos electrodomésticos de cocina, con un 52% de la potencia instalada del banco y con un 16% los calentadores que cada uno de ellos tienen un consumo de 1100 W. de manera general los calentadores son equipos que se conectan alrededor de las 6:00pm por 15min, un solo calentador conectado consume 16kWh en solo 15min, en un mes consume 495kWh. Si se multiplica esta suma por la cantidad de calentadores daría una suma de 27MWh. Estos valores realmente no se comportan de esta manera, ya que estos no son puestos todos el mismo día y no son utilizados en todas las estaciones del año, pero si hay que tenerlos en cuenta como altos consumidores.

3.3 Evaluación del comportamiento de las potencias y del consumo de energía eléctrica en el área de residencia.

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación y los análisis correspondientes a cada tarea realizada con el propósito de dar respuesta a los objetivos propuestos en la realización del trabajo.

Partiendo de los resultados correspondientes a cada tabla o gráfico obtenido, nos permite tener un conocimiento más profundo sobre los problemas relacionados con la determinación del comportamiento del consumo de energía eléctrica en el área de residencia, sobre la cual está basado todo el análisis que se relaciona a continuación.

Tabla3.11, muestra el consumo de energía histórico del banco de transformadores del área de residencia, correspondiente a los meses del año 2005 hasta el mes de mayo del 2009, además del consumo total por año.

Tabla 3.11 Consumo de energía histórico del banco de transformadores del área de residencia.

Consumo de energía mensual (MWh) por año					
Mes	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	29,64	31,08	20,28	18,84	30,03
Febrero	29,52	29,04	20,04	18,66	25,59
Marzo	31,32	36,24	21,72	20,16	33,71
Abril	30,00	31,56	19,2	19,5	32,42
Mayo	28,44	27,24	19,2	19,5	31,49
Junio	27,24	20,88	19,44	30,18	
Julio	23,52	18,96	17,64	28,57	
Agosto	24,00	15,00	15,84	22,66	
Septiembre	27,84	20,76	19,68	5,47	
Octubre	31,08	22,32	21,36	25,99	
Noviembre	30,36	24,36	19,56	9,89	
Diciembre	30,48	20,64	18,48	27,85	
Total	343,44	298,08	232,44	247,33	153,24

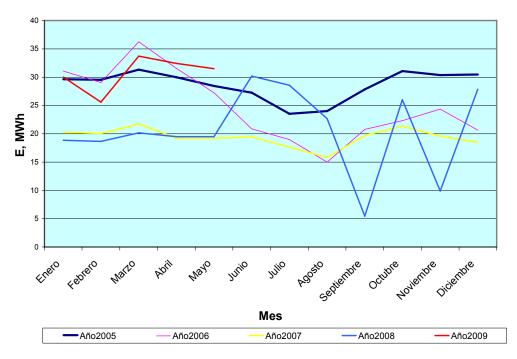


Fig.3.9 Comportamiento del consumo de energía eléctrica por mes en los últimos años en Residencia.

Mediante la representación de la figura.3.9 nos permite obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del consumo de energía eléctrica por meses en los últimos años en el área de residencia del ISMM.

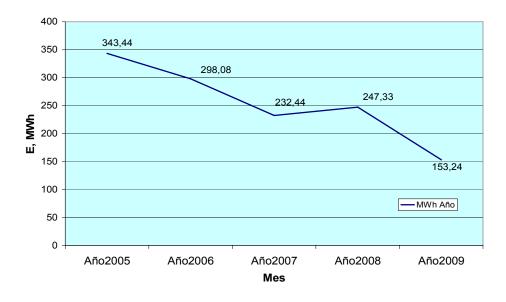


Fig.3.10 Comportamiento del consumo de energía eléctrica en el área residencia por años.

La figura.3.10 muestra el comportamiento del consumo de energía eléctrica del área de residencia desde el año 2005 hasta el 2008 y se muestra el consumo del año 2009 hasta el mes de mayo. Se manifiesta como ocurrió una disminución del consumo hasta el año 2007 y se observa la tendencia a aumentar a partir del 2008.

A continuación es mostrada la tabla 3.12, la cual está constituida por el consumo diario de energía eléctrica del banco de transformadores del bloque de residencia en el año 2009 desde el 1ro de enero hasta el 31 de mayo. Estos consumos fueron determinados a partir de las lecturas tomadas en el horario de 9:00 AM a 9:30 AM todos los días de la semana.

Tabla 3.12 Consumo de energía eléctrica diario del banco de transformadores del área de residencia en el año 2009.

		Consumo diari		kWh)	
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	722	1033	1053	1066	
2	706	261	1253	976	
3	711	1092	1280	1148	
4	725	1036	920	1067	
5	207	1114	1106	1068	Pase
6	981	829	1107	1068	
7	981	860	1159	1173	
8	749	876	1131	1173	
9	1048	715	1029	1185	
10	1098	776	1182	1115	
11	1139	720	1169	1116	702
12	1095	759	1088	1103	847
13	1050	1023	1040	1190	1024
14	1125	801	1198	1198	1026
15	1102	499	1198	1212	966
16	1048	920	1262	1175	1000
17	1098	1204	1309		1014
18	1139	996	1193		1052
19	690	1122	1038		1172
20	1139	1011	1085		1201
21	1172	1175	1086		1257
22	1160	1000	1114		1145
23	1082	1105	1130	Agricultura	1064
24	1081	1048	1175		964
25	1112	1248	1187		1158
26	1097	1191	1084		1056
27	1107	1180	966		990
28	1230		967		1018
29	1235		965	989	995
30	1201		1243		1041

Las tablas3.13 a) y b) recogen los datos del consumo de energía eléctrica mensual registrada en el contador de energía que pertenece al banco de transformadores del bloque residencia, correspondientes a los meses de enero hasta mayo del año 2009. Este consumo es mostrado a partir de la lectura diaria realizada al contador de energía. En la tabla se detecta el mes de febrero como el de menor consumo, y el mes de marzo como el de mayor hasta el momento en el año 2009, estableciendo una comparación con los datos del 2008, se puede analizar que hay un gran aumento del consumo de energía en este banco y que este tiende aumentar.

Tabla 3.13 a) Consumo de energía eléctrica por mes año 2008.

Mes	Consumo de energía activa (kWh)
Enero	18840
Febrero	18660
Marzo	20160
Abril	19500
Mayo	19500
Junio	30180
Julio	28570
Agosto	22660
Septiembre	5470
Octubre	25990
Noviembre	22115
Total	231645

Tabla 3.13 b) Consumo de energía eléctrica por mes en el año 2009.

Consumo de energía activa (kWh)
30030
25594
33717
32420
31498



Fig. 3.11 Comportamiento del consumo promedio de energía eléctrica por días del mes de Marzo.

A través de la figura.3.11 es mostrado el comportamiento del consumo promedio de energía eléctrica por días de la semana del mes de (Marzo). Donde se observa un consumo promedio diario de 1MWh por día.

La tabla que recoge los datos del consumo de energía eléctrica por días de la semana (kWh) en el banco de transformadores del área residencia, correspondiente a los días medidos desde el mes de enero hasta mayo, es mostrada a continuación.

Tabla 3.14 Consumo de energía eléctrica (kWh) del área de residencia.

Mes	Día	L	Día	M	Día	M	Día	J	Día	V	Día	S	Día	D
Enero							01-ene	722	02-ene	706	03-ene	711	04-ene	725
	05-ene	207	06-ene	981	07-ene	981	08-ene	749	09-ene	1048	10-ene	1098	11-ene	1139
	12-ene	1095	13-ene	1050	14-ene	1125	15-ene	1102	16-ene	1048	17-ene	1098	18-ene	1139
	19-ene	690	20-ene	1139	21-ene	1172	22-ene	1160	23-ene	1082	24-ene	1081	25-ene	1112
	26-ene	1097	27-ene	1107	28-ene	1230	29-ene	1235	30-ene	1201				
Febrero	02-feb	261	03-feb	1092	04-feb	1036	05-feb	1114	06-feb	829	07-feb	860	06-feb	829
	09-feb	715	10-feb	776	11-feb	720	12-feb	759	13-feb	1023	14-feb	801	13-feb	1023
	16-feb	920	17-feb	1204	18-feb	996	19-feb	1122	20-feb	1011	21-feb	1175	20-feb	1011
	23-feb	1105	24-feb	1048	25-feb	1248	26-feb	1191	27-feb	1180			27-feb	1180
Marzo	02-mar	1280	03-mar	920	04-mar	1106	05-mar	1107	06-mar	1659	07-mar	830	08-mar	830
	09-mar	1182	10-mar	1169	11-mar	1088	12-mar	1040	13-mar	1198	14-mar	1198	15-mar	1262
	16-mar	1309	17-mar	1193	18-mar	1038	19-mar	1085	20-mar	1086	21-mar	1114	22-mar	1130
	23-mar	1175	24-mar	1187	25-mar	1084	26-mar	966	27-mar	967	28-mar	965	29-mar	1243
4.7. 17	30-mar	1243												
Abril					01-abr	1066	02-abr	976	03-abr	1148	04-abr	1067	05-abr	1068
	06-abr	1068	07-abr	1173	08-abr	1173	09-abr	1185	10-abr	1115	11-abr	1116	12-abr	1103
	13-abr	1190	14-abr	1198	15-abr	1212	16-abr	1176	17-abr	1025	18-abr	1025	19-abr	1025
,	20-abr	1025	21-abr	1025	22-abr	1025	23-abr	1025	24-abr	1025	25-abr	1025	26-abr	1025
	27-abr	1025	28-abr	1025	29-abr	1025	30-abr	989						
mayo									01-may	1005	02-may	1005	03-may	1005
	04-may	1005	05-may	1005	06-may	1005	07-may	1005	08-may	1005	09-may	1005	10-may	1005
	11-may	1005	12-may	702	13-may	847	14-may	1024	15-may	966	16-may	1914	17-may	1150
,	18-may	1052	19-may	1172	20-may	1201	21-may	1257	22-may	1145	23-may	1064	24-may	964
	25-may	1158	26-may	1056	27-may	990	28-may	1018	29-may	995	30-may	1041		

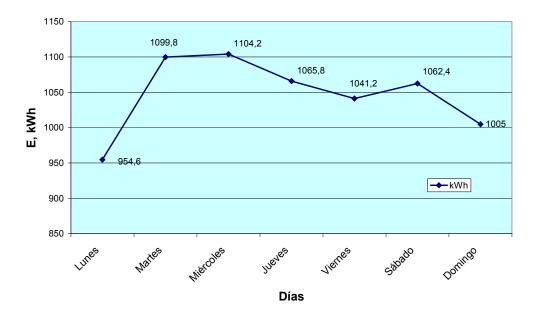


Fig. 3.12 Comportamiento del consumo de energía eléctrica diario durante 2009.

Con la representación de la figura.3.12 se muestra el gráfico del comportamiento diario promedio de los días de la semana, a partir de las mediciones tomadas en el banco de transformadores del bloque residencia, desde el mes de enero hasta mayo del 2009. Este gráfico demuestra que los miércoles son los días de mayor consumo en el área de residencia del ISMM. Este comportamiento es debido a que los miércoles es el día que mayor cantidad de estudiantes y profesores hay en el ISMM. Ver Anexo3.

La tabla 3.15 mostrada recoge los consumos (kWh) promedios por días de la semana, correspondiente al mes de mayor consumo (Marzo), y del valor medio desde Enero hasta el mes de Mayo del 2009.

Tabla 3.15 Consumo promedio por día de la semana del mes de Abril y del 2009.

Mes	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
Marzo	1126	1132	1139	1133	1126	1095	1126
2009	954.6	1099.8	1104.2	1065.8	1041.2	1062.4	1005

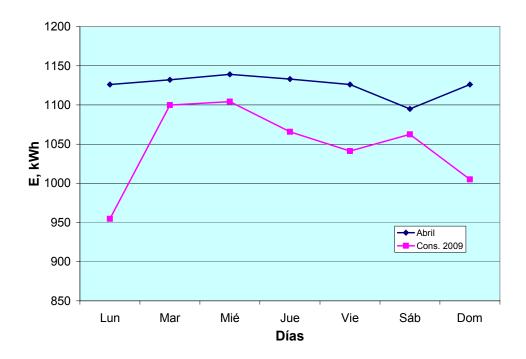


Fig. 3.13 Comportamiento del consumo promedio de los días de la semana del mes de marzo con respecto a la media del 2009.

Con la figura.3.13 se muestra el comportamiento del consumo por días de la semana del mes de Marzo con respecto al valor medio consumido hasta el mes de Mayo del 2009. Queda determinado que todos los días del mes de Marzo existieron consumos de energía eléctrica por encima de los valores medios.

Mediante la tabla 3.16 se muestra los valores del consumo promedio por hora determinado desde las 6:00am hasta las 11:00pm de la semana, para observar cual es el comportamiento de la Ea y Er de 6:00am a 10:00am, de 10:00am a 3:00pm y de 3:00pm a 11:00pm.

Tabla 3.16 Consumo de energía horaria del banco.

t, h	Ea(T) promedio	Er(T) promedio
6:00am – 10:00am	260.52	127.33
10:00am – 3:00pm	270.30	135.87
3:00pm – 11:00pm	421.73	169.57

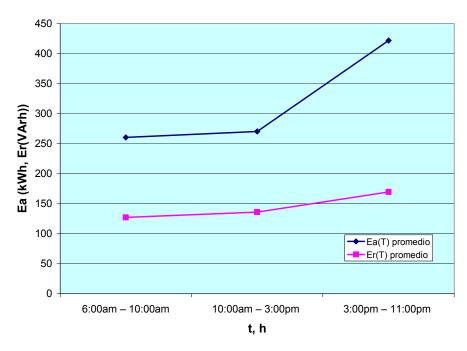


Fig. 3.14 Comportamiento del consumo promedio.

La figura.3.14 muestra el comportamiento de la demanda horaria promedio del área residencia en distintos horarios de la semana. Se pudo determinar a través del gráfico que el horario de menor consumo es de las 6:00am a 10:00am y luego se nota un incremento del consumo en el área, de 10:00am a 3:00pm. El mayor consumo de energía se muestra a partir de las 4:00pm hasta las 11:00pm, ya que este es el horario que mayor cantidad de estudiantes y profesores hay en esta área.

A continuación la figura.3.15 muestra el comportamiento del consumo de Ea y Er de los miércoles, en el Anexo2 se muestra el comportamiento de los días de semana. Estos datos se obtuvieron realizando mediciones diarias por hora de 6:00am a 11:00pm en el contador del banco de residencia durante 3 semanas. Se escogió este día por ser el de mayor consumo.

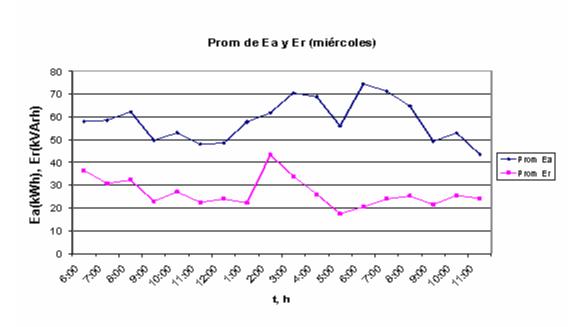


Fig.3.15 Comportamiento del consumo promedio por horas miércoles.

En la figura mostrada se puede observar cuales son las horas de mayor consumo de Ea y Er. De 6:00am a 9:00am y de 2:00pm a 4:00pm se muestra un aumento de la Er., este comportamiento es debido a que es el horario que se conecta la bomba.

El mayor pico en la curva de Ea es de 5:00pm a 10:00pm, es el horario que se conectan los equipos de cocina en la residencia (Hornillas, calentadores, ollas arroceras, ollas reina, otros).

La figura.3.16 muestra el gráfico del comportamiento de los valores medios por días de las potencias que se obtuvo a partir del análisis de las mediciones diarias en el área de residencia del ISMM. En este se observa claramente el estado de sobrecarga al que está expuesto el transformador que brinda el servicio monofásico en el banco de transformadores del área de residencia. Esto es determinado teniendo en cuenta que el trabajo efectivo de un transformador es aproximadamente el 75 % de su potencia nominal, por lo que el transformador que brinda servicio monofásico es de 50 kVA, para lo que debía trabajar por debajo de los 37.5 kVA, este transformador trabaja por más de 10 horas por encima de este valor.

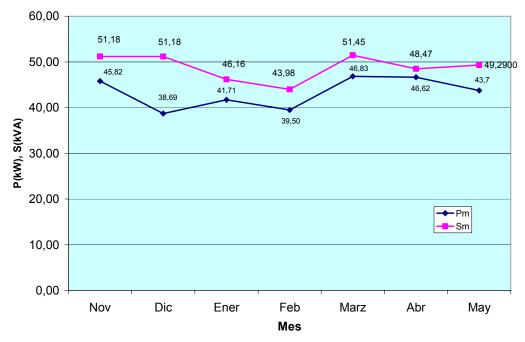


Fig.3.16 Demanda promedio de P y S del banco de transformadores de residencia.

A continuación se representa la Tabla a través de la cual se muestra una comparación entre el transformador de 50kVA que alimenta la carga monofásica y el transformador de 75 kVA que completa el servicio trifásico. En la que se muestra claramente que se debe sustituir el transformador de 50 kVA por el de 75 kVA, ya que este último es el indicado para soportar la demanda de la carga.

El transformador de 75 kVA está trabajando en régimen subcargado todo el tiempo, esto es demostrado partiendo de los resultados de las mediciones.

Tabla 3.17 Comparación del estado de sobrecarga de los transformadores de 50 y 75 kVA.

	So	obrecarga	en residencia	1			
Meses	S	%50kVA	sobrecarga	%	%75kVA	sobrecarga	%
noviembre	45,82	91,6	si	16,65	61,1	no	0
diciembre	38,69	77,4	si	2,38	51,6	no	0
enero	41,71	83,4	si	8,42	55,6	no	0
febrero	39,50	79,0	si	3,99	52,7	no	0
marzo	46,83	93,7	si	18,66	62,4	no	0,0
abril	46,62	93,2	si	18,25	62,2	no	0,0
mayo	43,7	87,5	si	12,49	58,3	no	0,0

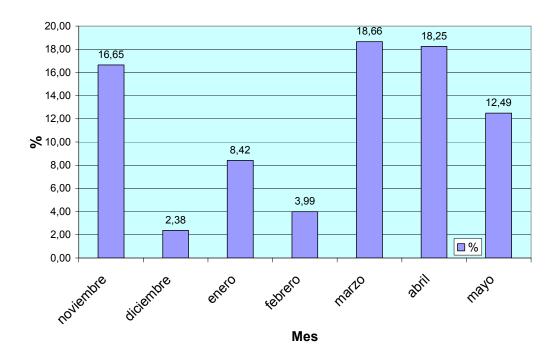


Fig.3.17 Comportamiento de la carga de los Transformadores de a) 50kVA.

La figura.3.18 Muestra el comportamiento de la S, P y Q del transformador de 50 kVA. Donde se representa las demandas máximas de las potencias.

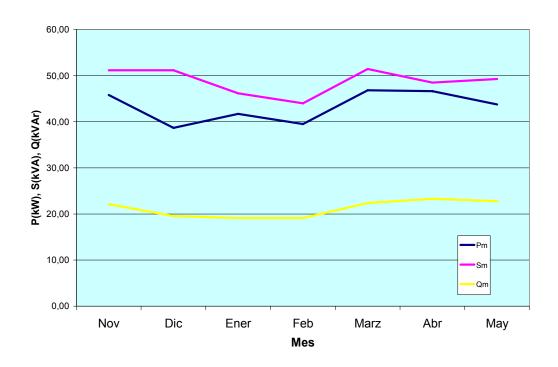


Fig.3.18 Comportamiento de la demanda de P, Q, S del transformador de 50kVA.

Con la figura.3.19 se muestra el gráfico de valores de potencias cada 10 minutos que se obtuvo a partir del análisis de las mediciones realizadas a la residencia de postgrado. Este gráfico permitió determinar la potencia activa media en el horario de mayor demanda, la cual es de 25.32kW. El mayor comportamiento del consumo de potencia activa que se puede observar a través del gráfico, es a partir de las 5:22pm horario en que en la residencia de postgrado (hotelito) se empiezan a conectar, los equipos electrodomésticos de alto consumo (Hornilla, calentadores, ollas eléctricas y otros).

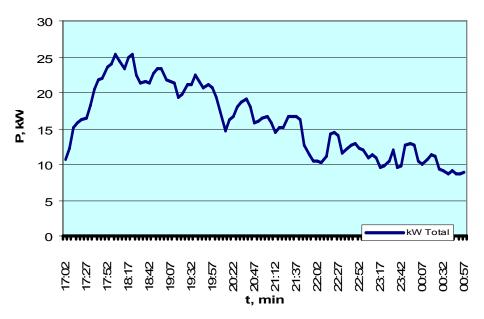


Fig.3.19 promedio de Potencia activa hotelito en el horario de mayor consumo.

La figura 3.20 muestra el comportamiento de la potencia aparente (S), donde se puede observar que el valor de este aumenta a partir de las 6:00pm, hasta obtener valores mayores que 40 kVA, es un valor significativo ya que en ese instante solo la carga del hotelito representó el 80% de la potencia (S) del transformador. Estos valores se mantuvieron por encima de los 30 kVA, por más de 3 horas, representando este valor el 30%.



Fig.3.20 Promedio de potencia aparente hotelito.

Como se puede observar en la figura 3.21, la fase 1 toma valores de corriente superiores a los 140 A, llegando a valores superiores a los 180 A. Este comportamiento es debido a que de 6:00pm a 10:00pm, es el horario de mayor consumo.

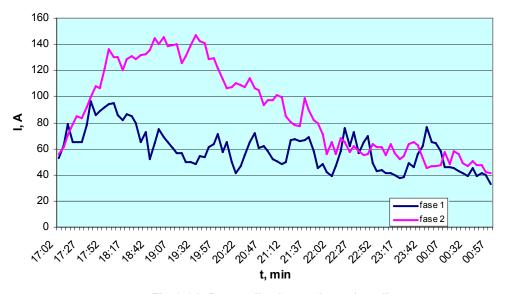


Fig.3.21 Promedio de corriente hotelito.

La figura 3.22 muestra el comportamiento de la bomba de agua, donde se puede ver que esta mantiene una potencia 27kW, por 3 horas y que luego baja a 23kW en el momento en que se desconecta la bomba que llenan los tanques del comedor.

La potencia promedio de la Bomba es de 25.48kW, esta trabaja unas 5h al día por lo que consume una energía diaria de 127.4kWh, la potencia promedio diario consumida en esta área es de 1.045M por lo que la bomba representa el 12% de la energía consumida del banco.

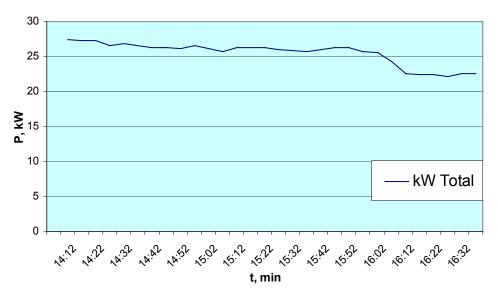


Fig.3.22 Comportamiento de la bomba en el horario de la tarde.

La gráfica de la figura 3.23 que se representa a continuación muestra el comportamiento de la potencia activa (P) del edificio #4 en el horario de mayor consumo, donde se puede observar que en ocasiones tiene valores superiores a los 20 kW. A partir de las 6:00pm es el horario que se conectan los equipos electrodomésticos que son los mayores consumidores de esta área.

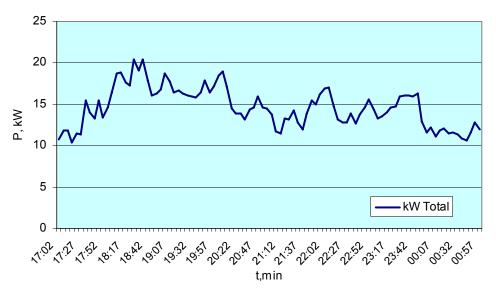


Fig.3.23 Promedio de Potencia activa Edificio #4 en el horario de 5:00pm a 1:00am.

La figura 3.24 representa el consumo de corriente de las dos fases del circuito que alimentan al edificio4, como se mencionó anteriormente la fase 1 alimenta los pisos 3 y 4, y la fase 2 los pisos 1 y 2. En el gráfico se puede apreciar que la fase 1 siempre está por encima de la fase 2. En las planta 3 y 4 es donde más extranjeros hay albergados, y estos son los de mas potencia instalada. Por este motivo la fase1 tiene valores de corriente más altos que la 2.

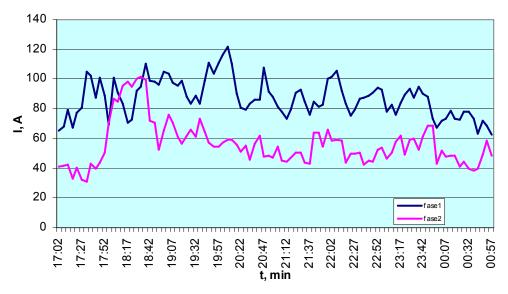


Fig.3.24 Promedio de corriente Edificio #4 en el horario de mayor consumo.

El comportamiento de la potencia aparente (figura 3.25) se puede ver que se mantienen casi todo el tiempo con valores mayores de los 15 kVA llegando a alcanzar los 20 kVA, estos valores se alcanzan en el horario de 6:00pm a 10:00pm. Analizando las figuras 3.24 y 3.26 se puede ver como las potencias activa y reactiva casi se igualan a partir de las 6:00pm, este comportamiento es debido a todas las cargas resistivas que hay conectadas como (Hornillas, Ollas Eléctricas, Calentadores, Otros). El factor de potencia se muestra en el anexo22.

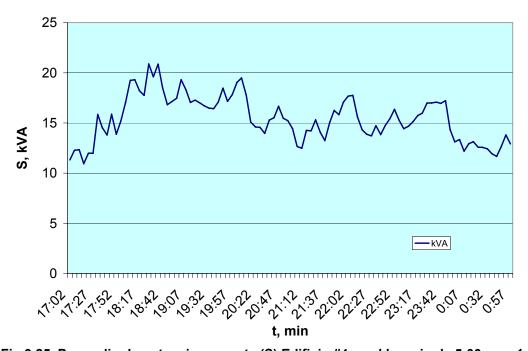
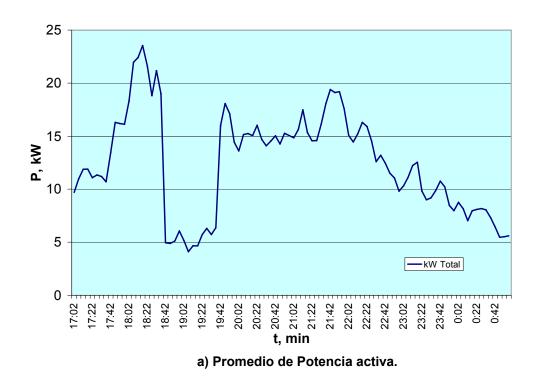
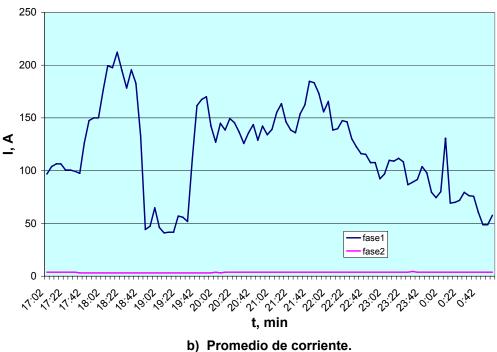


Fig.3.25 Promedio de potencia aparente (S) Edificio #4 en el horario de 5:00pm a 1:00am.

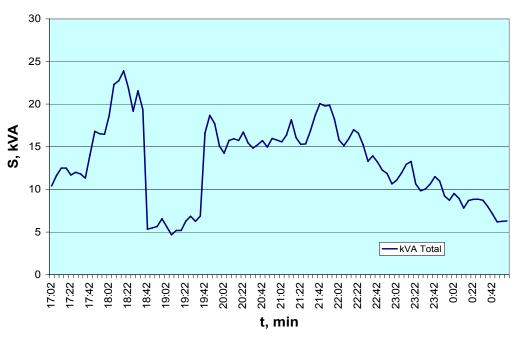
Los edificios 1 y 3 tienen forma de conexiones atípicas, como estas se alimentan de la misma pizarra, el edificio 1 se alimenta de la fase 1 y el tres de la fase 2. Lo que trae como consecuencia que la fase 1 siempre esté sobrecargada. Las gráficas de las figuras 3.26 a), b) y c), muestran el comportamiento de la P, S y I. Como se observa en el horario que se tomaron las mediciones se desconectaron los pisos del 2 al 4 en el horario de 6:40pm a 7:35pm, donde se puede ver como se comporta estas variables en el primer piso.



En el gráfico de corriente se observa que hay un bajo valor de corriente en la fase 2 que pertenece al edificio #3 y que este se mantiene constante en 3.8 A, debido a que esta área tiene muy poca carga instalada.



86



c) Promedio de potencia aparente.

Fig.3.26 Promedio de a) P, b) I, c) S de los Edificios # 1 y 3 en el horario de 5:00pm a 1:00am.

Los valores de la potencia aparente mostrada en la figura anterior se mantienen por encima de los 15 kVA llegando a alcanzar los 20 kVA. Estos indicadores comienzan a disminuir a partir de las 10:30pm. El valor promedio de (S) es de 13.3 kVA, lo que representa un 26.2% de la potencia del transformador.

Las figuras 3.27 y 3.28 muestran las potencias activa y aparente del área de cocina y caldera, en el horario de las 12:00pm hasta las 12:00pm del otro día. Donde se puede apreciar como se comportan las cargas en 24 horas. Esta es una zona donde existen varias cargas trifásicas y todas se conectan a partir de de las 6:00 de la mañana. En las gráficas se puede observar las variaciones de las potencias en el momento que se conecta la mayor parte de la carga de esta zona.

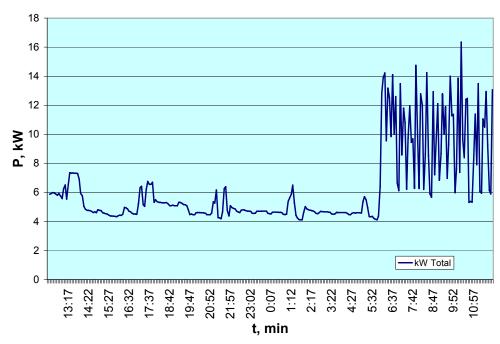


Fig.3.27 Comportamiento de la potencia activa del área cocina - caldera en 24 horas (de 12:00pm a 12:00pm).

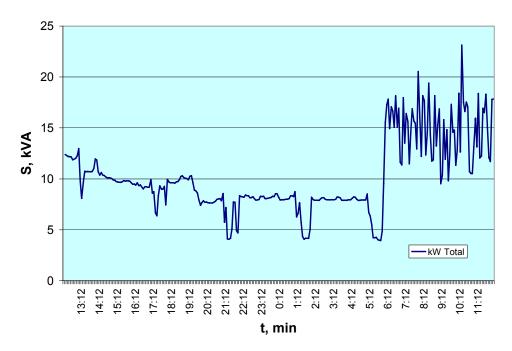


Fig.3.28 Promedio de potencia aparente del área cocina - caldera en 24 horas (de 12:00pm a 12:00pm).

En el <u>anexo23</u> se puede ver el comportamiento de estos dos gráficos en conjunto.

A continuación se muestran las variaciones de la potencia activa en la salida del transformador, en un período de 24 horas (de 5:00pm a 5:00pm del día siguiente).

Donde se muestra que de 6:00 de la tarde a 10:00 de la noche es el horario de mayor consumo, de 8:00am a 5:00pm se ve una disminución de la potencia, este comportamiento es debido a que a esta hora se desconectan todas las cargas de la zona de los dormitorios y residencia de postgrado (hotelito). Ver figura 3.29.

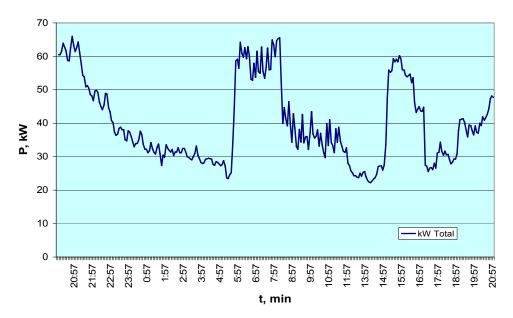


Fig.3.29 Promedio de potencia activa en el nodo en 24 horas.

En la gráfica de 3.30 muestra altos valores de corriente, superiores a los 250 A, aunque hay que señalar que estos indicadores en ocasiones son mucho mayores.

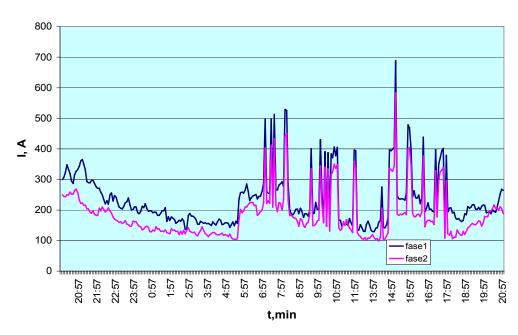


Fig.3.30 Corriente nodo en el horario (de 5:00pm a 5:00pm).

La figura 3.31 muestra los valores de la potencia aparente, tomadas con el analizador de redes a la salida del transformador del banco de residencia, en un período de 24 horas.

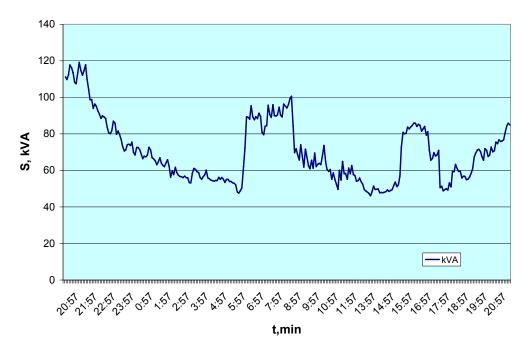


Fig.3.31 Promedio de potencia aparente en el nodo en 24 horas (de 5:00pm a 5:00pm).

En el <u>Anexo 8</u> se muestra el comportamiento de las tensiones en cada una de las áreas.

La tabla muestra el consumo medio diario por Área, donde se puede apreciar que la residencia de postgrado (hotelito) y el edificio 4 son los consumidores más significativos.

 Área
 Consumo de energía activa (kWh)
 %

 Residencia
 1045
 100

 Hotelito
 334,83
 32,04

 Edificio 4
 250,1
 23,9

 Edificio 1
 177,5
 17,03

145,19

127,41

10

Tabla3.18 Consumo medio diario por área.

Cocina-Caldera

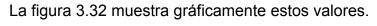
Bomba

Otros

13,89

12,19

0,95



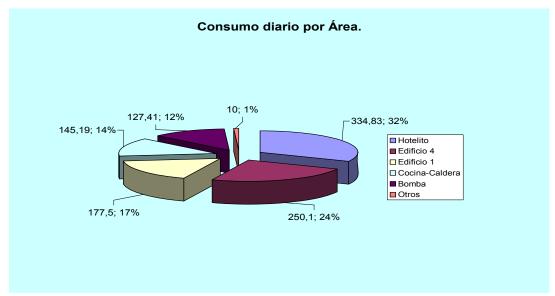


Fig.3.32 Consumo diario, por área en el banco de residencia.

La tabla3.19 muestra los valores de potencia en (kW), en el área de residencia.

Tabla3.19 Potencia en kW.

Área	P(kW)
Residencia	62,36
Hotelito	13,01
Edificio 4	10,42
Edificio 1	7,49
Cocina-Caldera	6,04
Bomba	25
Otros	0,4

La figura.3.33 muestra gráficamente estos valores de potencia donde se muestra el peso de la carga instalada en la casa de bomba.

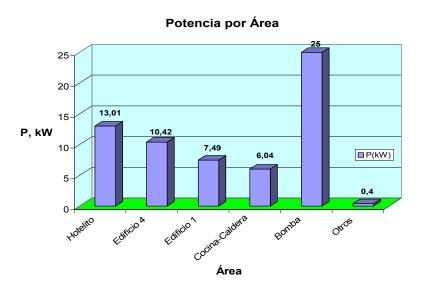


Fig.3.33 Banco de residencia.

3.4 Propuestas de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema, con el ahorro energético.

Partiendo del análisis del estado de carga actual del bloque de residencia, nos referimos a un estudio detallado en vista de evaluar las posibilidades reales de búsqueda de alternativas para mejorar el servicio del banco de transformadores del área de residencia, partiendo del conocimiento del estado de sobrecarga del transformador que ofrece servicio monofásico. A continuación se hará un análisis de la propuesta de medida para mejorar el servicio del banco.

3.4.1 Sustitución del transformador que ofrece servicio monofásico por otro de mayor capacidad.

Para llevar a cabo esta medida es necesario conocer el estado de sobrecarga del transformador. Partiendo del análisis del comportamiento medio de la potencia aparente (fig.3.8), y teniendo en cuenta el 75% de la potencia nominal, este

transformador trabaja a 11.5% por encima de 37.5 kVA que es el valor necesario para que este trabaje eficientemente.

La tabla 3.7 muestra una comparación entre el transformador de 50 kVA y el de 75 kVA donde se muestra que este transformador puede suplir la demanda del servicio monofásico.

Por lo que:

❖ Se propone sustituir el transformador de 50 kVA que ofrece servicio monofásico en el área de residencia por el de 75 kVA que completa el servicio trifásico.

Ventaja

Un eficiente trabajo del banco de transformadores del área docente.

Desventaja

Persiste el servicio trifásico a través de tres transformadores de diferentes potencias.

3.4.2 Reducción de una hora de bombeo:

El siguiente análisis demuestra que con solo tres horas de bombeo es suficiente para satisfacer las necesidades de los estudiantes y profesores del área de residencia estudiantil.

La tabla3.20 muestra el caudal de la bomba en L/s.

Tabla.3.20Caudal en L/s y Volumen en m^3 de la Bomba.

Hora	Medición(m)	Volumen(m^3)	Caudal(L/s)		
7:46	2,293	859,9	21		
8:01	2,248	843,0	17		
8:16	2,228	835,5	21		
8:31	2,175	815,6	20		
8:46	2,12	795,0	21		

Según la tabla anterior por cada medición equivale a 19.5m³ de agua bombeada en 15min, esto llevado a L, se puede conocer que la turbina bombea 19500L en 15min. Considerando lo antes expuesto, podemos llegar al siguiente análisis.

La cisterna en 4 horas bombea 312000L de agua. Teniendo en cuenta que en el horario de la mañana la bomba trabaja por 2 horas a la cual se le suministra 156000L, donde se le distribuye agua al docente y residencia estudiantil. Luego a partir de las 2:00pm a 4:00pm, en este horario no es necesario suministrar agua a la zona docente. Por lo que la parte de residencia dispondrá de 156000L de agua.

La siguiente tabla muestra la cantidad de estudiantes y profesores en el área de residencia por días.

Días **Estudiantes Trabajadores** Total de consumidores **lunes** 439.3 133.3 579.8 504,5 130,3 641,1 martes miércoles 519,9 134,7 659.6 474,7 135,6 616,0 jueves 471,9 130,3 611.0 viernes 121,3 sábado 352,3 486,0 367,1 118,6 493,0 domingo

Tabla3.21 Cantidad de estudiantes y profesores.

El total representado también incluye a los estudiantes de CPT.

En la Tabla3.22 se mostrará el Índice de consumo de Agua y electricidad por cada albergado, si se sabe que el consumo promedio por mes en lo que va de año es de 1045kWh.

Residencia	Residencia	Total	Indice	Índice
Postgrado	Estudiantes		(kWh/persona)	Agua(L/persona)
135	520	660	1,58	236

Tabla3.22 Índice de consumo.

Aplicando este mismo concepto para un índice de 50L a 60L de agua por persona, para lograr este Índice se deben bombear 41050L, por lo que se pierden 114950L que es utilizada innecesariamente, este valor equivale a 1 hora y 29min de trabajo de la bomba. Teniendo en cuenta que la bomba que le suministra agua al tanque elevado consume 22 kWh, este ahorra en 1hora y 30min 33kWh y 1023kWh al mes. La tabla muestra el índice de consumo por área, donde se determina el alto índice de consumo de los profesores de la residencia de postgrado.

Tabla 3.21 Índice de consumo por área.

Área	Cantidad	Consumo(kWh)	Índice(kWh/personas)
Res.Postgrado	135	334	2,47
Res.Estudiantes	520	677	1,3

3.4.3 Utilización de solo una nevera en el área de refrigeración.

El área de cocina – comedor tiene una potencia promedio de 6.24kWh, unos de los mayores consumidores de esta zona es la cámara fría que esta tiene dos motores de 2.4kW, estos motores trabajan aproximadamente 24 horas y su potencia consumida es de 115.2kWh al día lo que esto representa el 79% de la potencia consumida de esta área.

Utilizando solo una de las cámaras frías se consumirían 57.6kWh al día y se ahorraría al mes 1.7MWh.

Partiendo de este análisis a continuación son mostradas las distintas propuestas de medidas para garantizar una explotación más eficiente del sistema eléctrico.

- Que se lleve a cabo la propuesta de medida para mejorar el servicio del banco de transformadores del área de residencia.
- Cambiar todas las cuchillas del panel general del área de residencia, y de los paneles eléctricos principales de cada edificio por dispositivos de protección automático (breaker).
- > Remodelación de todos los paneles eléctricos del área de la residencia.
- Que se lleve a cabo la propuesta de quitar una de las cámaras frías mientras no sea necesaria usarla.
- Conexión de contadores de energía en los paneles principales de cada edificio del área de la residencia, con el fin de racionalizar el consumo de energía eléctrica por área.
- El circuito de alimentación del edificio 1 (residencia actual de mujeres), proviene del edificio 3 (sala de video, cafetería, almacén, carpintería); proponemos el restablecimiento de la línea que se averió del circuito de alimentación de el edificio 1 que s es la autentica, y además permitiría liberar

el edificio 3 de sobrecargas excesivas que en unos meses pueden encontrarse con la incorporación de los pisos 3 y 4.

- Establecer periódicamente el control de la carga instalada en general y por edificios en función de la capacidad del banco de transformadores del área residencia.
- Establecer periódicamente conferencias sobre la importancia del ahorro de la energía.
- Eliminar los salideros y las tendederas hidráulicas, los cuales están deteriorando gravemente el cableado de los edificios.
- Cambiar el transformador de 50kVA por el de 75 kVA, para así evitar que este trabaje sobrecarga.
- Poner en funcionamiento el arreglo de tuberías, y salideros en los baños, para reducirle una hora de bombeo en el horario de la tarde.
- Realizar un proyecto para suministrarle agua a la residencia de postgrado por gravedad.

3.5 Valoración Económica.

Es necesario realizar un estudio económico para dar solución a los problemas existentes en el sistema eléctrico del área docente. Analizando la propuesta de cambiar todas las cuchillas del panel general del área docente y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breakers), se realizó un estudio y análisis de selección óptima, de modo que se determinaron las características técnicas establecidas para una operación eficiente de estos dispositivos.

La tabla 3.22 representada a continuación muestra los tipos de dispositivos de protección (breakers) con sus determinadas características y precios, existentes actualmente en el mercado interno.

96

Tabla 3. 22 Precios de los dispositivos de protección (breakers).

In (A)	Costo (CUC)	Costo (CUP)	Polos
320	773	436,34	3
250	507,08	128,21	3
200	456	259,37	3
160	190,4	114,29	3
125	144,45	82,68	3
100	129,81	74,16	3
80	116,56	70,04	3
63	111,62	60,13	3
40	96,29	54,96	3
32	15,88	8,54	2

Mediante la tabla 3.23 son representadas las características de los breakers seleccionados para el área docente del ISMM, así como el costo general en CUC y CUP.

Tabla 3.23 Características y costos de los (breaker) seleccionados para las distintas áreas.

	Cuchill				Propue	sta (E	Breaker)	
	a							
Panel	In (A)	Can	In	lcc	Scc	Р	Costo	Costo
		t	(A)	(A)	(kVA)		(CUC)	(CUP)
General	-	1	320	550	130	3	773	436.34
	-	1	250	550	130	3	507.08	128.21
	-	1	160	550	130	3	190.4	114.29
	-	1	100	550	130	3	129.81	74.16
Edif 1	200	1	125	550	130	3	144.45	82.68
	60	4	40	550	130	3	761.6	457.16
	30	2	32	550	130	3	31.76	17.08
Edif 2	100	1	100	550	130	3	129.81	74.16
	60	3	63	550	130	3	223.24	120.26
	30	3	32	550	130	3	389.43	222.48
	20	4	32	550	130	3	63.52	34.16
Edif 3	200	1	200	550	130	3	456	259.37
•	100	2	100	550	130	3	259.62	148.32
•	60	3	63	550	130	3	223.24	120.26
•	30	2	32	550	130	3	31.76	17.08
Edif 4	400	1	200	550	130	3	456	259.37
•	100	2	100	550	130	3	259.62	148.32
•		8	40	550	130	3	254.08	136.64
Hotel(Esc:1y	400	1	320	550	130	3	773	436.34
2)	200	2	200	550	130	3	912	518.74
•	100	6	100	550	130	3	778.86	444.96
	60	1	63	500	130	3	111.62	60.13
•	30	4	40	550	130	3	761.6	457.16
Costo Total							8621.5	4767.67

Ahorro en Consumo de Energía.

Teniendo en cuenta las propuestas de mejoras en el área de Residencia puede

ahorrarse:

En el Anexo5 se muestra las Facturas por electricidad del 2009, donde se puede

observar el Importe que paga la universidad por este indicador en el área de

residencia. El precio pagado por cada (kWh) es de \$0.10.

Por la reducción de una hora de Bombeo se Ahorran 1023 kWh y una suma de

\$102.3 y quitando uno de los motores de la cámara fría se ahorran en consumo

1728 kWh y \$172.8. Estos valores que parecen pocos significativos suman al año

\$3301.2.

3.6 Conclusiones del Capítulo 3.

En este capítulo se definieron los siguientes resultados:

Se evaluaron los principales problemas del sistema de distribución del área,

donde se plantearon un grupo de propuesta para cambiar el estado de estas.

Se evaluó el comportamiento de las potencias y del consumo de energía

eléctrica de cada edificio, permitiéndonos establecer el balance de potencia

para cada área del bloque de residencia del ISMM.

Se realizó el levantamiento de la potencia instalada en los edificios 1, 2, 3, 4,

área de bombas, cocina – caldera, oficinas de economía y la residencia de

postgrado.

Se plantean una serie de medidas en vista de garantizar una explotación más

racional del sistema eléctrico del área residencial, con un consiente ahorro

energético.

Definimos la valoración económica de la propuesta de cambiar todas las

cuchillas del panel general del área de la residencia y de los paneles

principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos

(breakers), la cual tiene un costo de 8621.5 CUC más 4767.67 CUP.

98

Conclusiones generales.

- 1. Del análisis del sistema se determinó que el panel general del área de residencia y los paneles principales de cada edificio están técnicamente en estado crítico y requieren sustitución, así mismo se identificó en el edificio 1, que debe aislarse del edificio 3 par evitar sobrecargas innecesarias en los conductores.
- 2. Se determinó la potencia activa instalada en los edificios 1(Mujeres), 2 (Beca), 3(Cafetería), 4(Hombres), Residencia de postgrado, cocina caldera. Oficinas de economía y casa de bomba, correspondiente al área de residencia. Donde se demostró que Edif. #4 y Residencia de postgrado son los de mayor potencia instalada con 145.5kW y 105.07kW respectivamente.
- 3. Se plantearon un conjunto de medidas, que permiten el control de la Energía en estas áreas de manera más eficiente.
- 4. Definimos la valoración económica de la propuesta de cambiar todas las cuchillas del panel general del área de la residencia y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breakers), la cual tiene un costo de 8621.5 CUC más 4767.67 CUP.

Recomendaciones

- Aplicar las medidas de ahorro.
- Continuar profundizando mediante los Trabajos de Diplomas, sobre este tema.
- Que se lleve acabo la separación del edificio 1, del circuito del edificio 3 para evitar sobrecargas innecesarias.
- Realizar un proyecto para llenar la cisterna de agua de la residencia de postgrado por gravedad, para garantizar un mayor ahorro de energía.

Bibliografía

- AMADOR MARTINEZ, Esteban. *Electrotecnia Básica*. La Habana: Pueblo y Educación. [S.a.].
- D. GUTIÉRREZ BARRERA, M; OCHOA PEÑA, M. *Diagnóstico Energético Ambiental del ISMM.* Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2005.
- D. LARAMORE, R, McPHERSON, G. An introduction to electrical machines an transformer. [S.l.]: [s.n.], [s.a.]. 315 p.
- ESPINOSA NIEVES, G. *Redes Eléctricas*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988. 97 p.
- FEODOROV, A; RODRÍGUEZ LÓPEZ, E. Suministro eléctricos de empresas industriales. La Habana: I Pueblo y Educación, 1980. 189 p.

INTERMAR Agencia de Confianza.

- KOSTENCO, M; PIOTROVSKY, L. *Máquinas Eléctricas*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982. 522 p.
- LORENZO MUSTELIER, A. *Mediciones Eléctricas*: *Mediciones eléctricas de los parámetros eléctricos*. La Habana: ENPES, 1987. 435 p.

Manual Estándar del Montador Electricista

PACHECO MARTES, D. Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área docente del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.

101

PÉREZ LABAÑINO, I. Uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2003.

PRIETO MILLÁN, D. Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área de la residencia del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.

SMOLENSKI, I. Máquinas Eléctricas. [S.I.]: [s.n.], [s.a.].

PÉREZ MUSTELIER, A; TORRES NOA, Y. Evaluación del Sistema de Gestión Energética de ISMM y determinación de los indicadores de consumo del portador electricidad y agua. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2006.

VOLDEK, A. I. Máquinas Eléctricas. [S.I.]: [s.n.], [s.a.].

M.I.T, Circuitos magnéticos y Transformadores [on line]. Buenos Aires: Reverté, 1981. [Consultado marzo 2009]. Disponible en: < http://transformadortrifásico.mth >

Software.

Paquete de Office

Anexos Anexo 1 Mediciones de Energía activa.

Mediciones diarias en el contador (mes de enero).

Mes	Enero	Lectura	Cons(kWh)
día	1-Jan	177902	722
	2-Jan	178624	706
	3-Jan	179330	711
	4-Jan	180041	725
	5-Jan	180766	207
	6-Jan	180973	981
	7-Jan	181954	981
	8-Jan	182935	749
	9-Jan	183684	1048
	10-Jan	184732	1098
	11-Jan	185830	1139
	12-Jan	186969	1095
	13-Jan	188064	1050
	14-Jan	189114	1125
	15-Jan	190239	1102
	16-Jan	191341	1048
	17-Jan	192389	1098
	18-Jan	193487	1139
	19-Jan	194626	690
	20-Jan	195316	1139
	21-Jan	196455	1172
	22-Jan	197627	1160
	23-Jan	198787	1082
	24-Jan	199869	1081
	25-Jan	200950	1112
	26-Jan	202062	1097
	27-Jan	203159	1107
	28-Jan	204266	1230
	29-Jan	205496	1235
	30-Jan	206731	1201
	31-Jan	207932	
Total			30030
Em			1001
Pm			41.7083
Sm	46.1279		
I	121.0543		
Fp	0.904189		

Autor: Yandisnier González Julián

Departamento de Ing. Eléctrica
ISMM de Moa 2009.

Mediciones diarias en el contador (mes de febrero).

Mes	Febrero	Lectura	Cons(kWh)
día	1-Feb	209162	1033
	2-Feb	210195	261
	3-Feb	210456	1092
	4-Feb	211548	1036
	5-Feb	212584	1114
	6-Feb	213698	829
	7-Feb	214527	860
	8-Feb	215387	876
	9-Feb	216263	715
	10-Feb	216978	776
	11-Feb	217754	720
	12-Feb	218474	759
	13-Feb	219233	1023
	14-Feb	220256	801
	15-Feb	221057	499
	16-Feb	221556	920
	17-Feb	222476	1204
	18-Feb	223680	996
	19-Feb	224676	1122
	20-Feb	225798	1011
	21-Feb	226809	1175
	22-Feb	227984	1000
	23-Feb	228984	1105
	24-Feb	230089	1048
	25-Feb	231137	1248
	26-Feb	232385	1191
	27-Feb	233576	1180
	28-Feb	234756	
Total			25594
Em			947.9259259
Pm			39.4969
Sm	43.8877		
I	115.1753		
Fp	0.899954		

Departamento de Ing. Eléctrica ISMM de Moa 2009. ii

Mediciones diarias en el contador (mes de marzo).

Mes	Marzo	Lectura	Consumo(kWh)
día	01-mar	235805	1053
	02-mar	236858	1253
	03-mar	238111	1280
	04-mar	239391	920
	05-mar	240311	1106
	06-mar	241417	1107
	07-mar	242524	1659
	08-mar	244183	830
	09-mar	245013	830
	10-mar	245843	1182
	11-mar	247025	1169
	12-mar	248194	1088
	13-mar	249282	1040
	14-mar	250322	1198
	15-mar	251520	1198
	16-mar	252718	1262
	17-mar	253980	1309
	18-mar	255289	1193
	19-mar	256482	1038
	20-mar	257520	1085
	21-mar	258605	1086
	22-mar	259691	1114
	23-mar	260805	1130
	24-mar	261935	1175
	25-mar	263110	1187
	26-mar	264297	1084
	27-mar	265381	966
	28-mar	266347	967
	29-mar	267314	965
	30-mar	268279	1243
	31-mar	269522	
Total			33717
Em			1123,9
Pm			46,8292
Sm	51,9126		

iii

Mediciones diarias en el contador (mes de abril).

Mediciones diarias en el contador (mes de mayo).

Mes	Mayo	Lectura	Cons(kWh)
día	1-May	302932	
			Ener prom diario
			1080.6
			Cons semana
	Pase de	las madres	10806
	11-May	313738	702
	12-May	314440	847
	13-May	315287	1024
	14-May	316311	1026
	15-May	317337	966
	16-May	318303	1000
	17-May	319303	1014
	18-May	320317	1052
	19-May	321369	1172
	20-May	322541	1201
	21-May	323742	1257
	22-May	324999	1145
	23-May	326144	1064
	24-May	327208	964
	25-May	328172	1158
	26-May	329330	1056
	27-May	330386	990
	28-May	331376	1018
	29-May	332394	995
	30-May	333389	1041

iv

	31-May	334430	
Total			31498
Em			1049.9
Pm			43.7

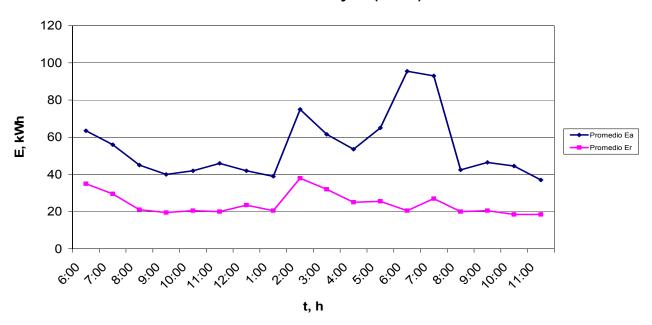
Comportamiento de la potencia en la bomba.

Time	kW Total
14:07	27,48
14:12	27,23
14:17	27,28
14:22	26,57
14:27	26,85
14:32	26,6
14:37	26,22
14:42	26,32
14:47	26,21
14:52	26,6
14:57	26,11
15:02	25,72
15:07	26,3
15:12	26,31
15:17	26,33
15:22	26,01
15:27	25,86
15:32	25,69
15:37	26,05
15:42	26,22
15:47	26,25
15:52	25,77
15:57	25,52
16:02	24,34
16:07	22,57
16:12	22,45
16:17	22,41
16:22	22,09
16:27	22,55
16:32	22,57

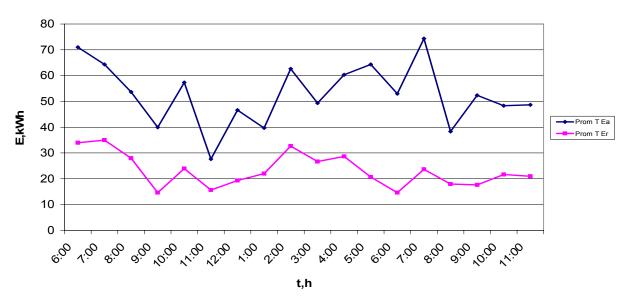
Anexo 2

Comportamiento del consumo de energía por días de la semana.

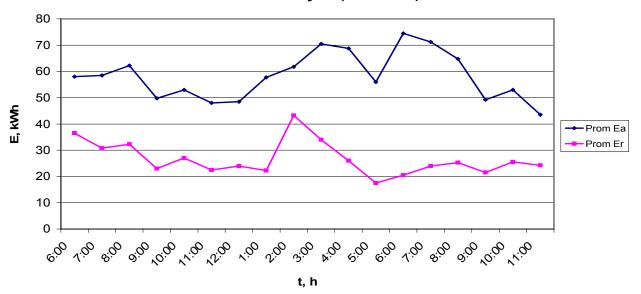
Promedio de Ea y Er (lunes).



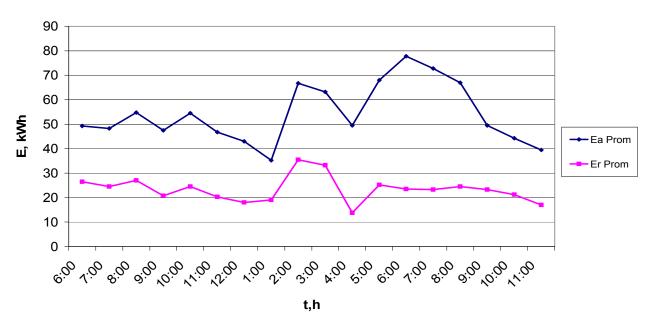
Prom de Ea y Er (martes).



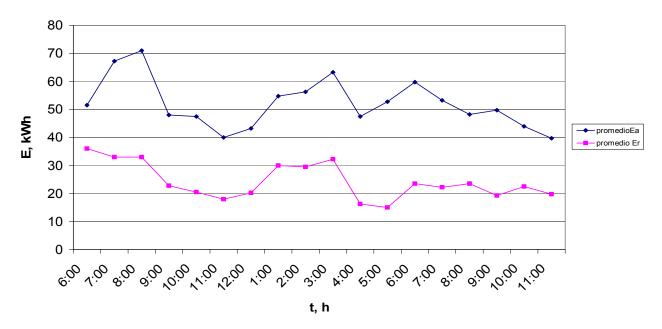
Prom de Ea y Er (miércoles)



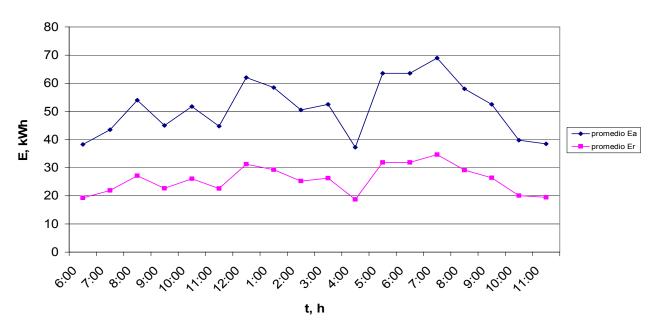
Prom de Ea y Er (jueves)



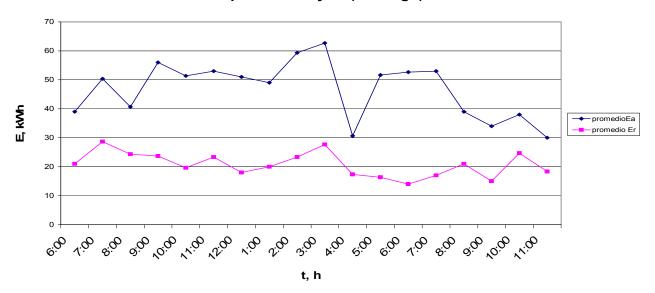
Prom de Ea y Er (viernes)



Prom de Ea y Er (sábado)



prom de Ea y Er (domingo)



Anexo 3

Cantidad de Estudiantes y profesores por día en la parte de residencia.

Día	fecha	Becado	Trab	CPT	DPL	total
lunes	04/05/2009	453	133			586
lunes	11/05/2009	107	142			249
lunes	18/05/2009	406	134			540
lunes	25/05/2009	591	137			728
lunes	01/06/2009	519	131			650
lunes	08/06/2009	488	131			619
lunes	15/06/2009	511	132	13	19	675
lunes	22/06/2009	439	126	8	18	591
	promedio	439,25	133,25	10,5	19	579,75

Día	fecha	Becado	Trab	CPT	DPL	total
martes	05/05/2009	481	136			617
martes	12/05/2009	383	126			509
martes	19/05/2009	584	145			729
martes	26/05/2009	575	124			699
martes	02/06/2009	534	127			661
martes	09/06/2009	523	143			666
martes	16/06/2009	527	113	9	19	668
martes	23/06/2009	429	128	7	16	580
	promedios	504,5	130,25	8	18	641,13

Día	fecha	Becado	Trab	CPT	DPL	total
miércoles	06/05/2009	374	136			510
miércoles	13/05/2009	361	134			495
miércoles	20/05/2009	598	145	5		748
miércoles	27/05/2009	624	118			742
miércoles	03/06/2009	566	141			707
miércoles	10/06/2009	593	136			729
miércoles	17/06/2009	523	133	9	21	686
	promedio	519,86	134,71	7	21	659,57

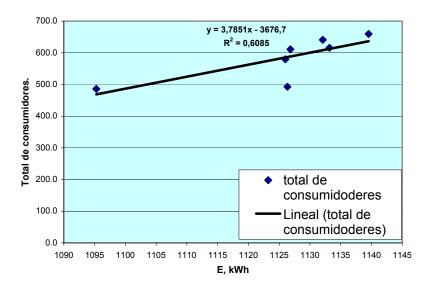
Día	fecha	Becado	Trab	CPT	DPL	total
viernes	01/05/2009	345	124	5		474
viernes	08/05/2009	97	101			198
viernes	15/05/2009	447	131	11		589
viernes	22/05/2009	888	135	8		1031
viernes	29/05/2009	497	136	4		637
viernes	05/06/2009	526	128	9		663
viernes	12/06/2009	509	142	12		663
viernes	19/06/2009	466	145	6	16	633
	promedio	471,88	130,25	7,86	16	611

Día	fecha	becado	trab	CPT	DPL	total
sábado	02/05/2009	327	127	7		461
sábado	09/05/2009	83	84			167
sábado	16/05/2009	377	126	9		512
sábado	23/05/2009	488	127	10		625
sábado	30/05/2009	377	126	8		511
sábado	06/06/2009	396	136	8		540
sábado	13/06/2009	427	135	15		577
sábado	20/06/2009	343	109	21	22	495
	promedio	352,25	121,25	11,1	22	486

Día	fecha	becado	trab	CPT	DPL	total
domingo	03/05/2009	351	119	5		475
domingo	10/05/2009	88	85			173
domingo	17/05/2009	379	134	8		521
domingo	24/05/2009	514	113	9		636
domingo	31/05/2009	398	126			524
domingo	07/06/2009	416	128			544
domingo	14/06/2009	432	119	13		564
domingo	21/06/2009	359	125	9	14	507
		367,13	118,63	8,8	14	493

Total de huéspedes Hotelito.

Mes	Total
Enero	18
Febrero	9
Marzo	21
Abril	60
Mayo	35



Total de Consumidores vs. E, kWh.

Anexo 5

Tabla: Factura pagada por Electricidad.

Banco	Mes	Fact K	Cons.Tot(kWh)		Penalización \$	Bonif \$	Total \$	Costo por (kW)
Res	ene-09	1,9202	29890	3025,31	0	0	3025,31	0,1012
Res	feb-09	2,5857	30882	4013,47	0	0	4013,47	0,1300
Res	mar-09	2,6152	28201	3695,85	60	0	3755,85	0,1332
Res	abr-09	2,7335	35438	4577,53	150	0	4727,35	0,1334

Anexo 6

Tabla de los interruptores de la mejora propuesta.

Área	Cuch General(A)	Interr General(A)	p1	p2	рЗ	p4	р5
Edificio 1	200	125	40	40	40	40	
Edificio 2	200	125	40	40	40	40	
Edificio 3	225	125	40	40	40	40	
Edificio 4	200	100	40	40	40	40	
Hotelito	225	60	30	30	30	30	15

Tabla: Corriente por fase en la bomba.

Corriente por fase de la Bomba.								
fecha	hora	fase1 (A)	fase2(A)	fase3(A)				
4 de mayo	2:10	100.5	78.5	66				
4 de mayo	2:15	56.6	70.9	66.6				
4 de mayo	2:57	55.6	70.6	66.1				
4 de mayo	3:10	97.5	74.7	63.4				

Anexo 8

Voltaje por Área.

Voltaje Cocina caldera.

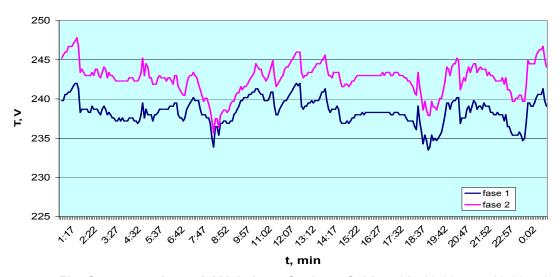


Fig. Comportamiento del Voltaje en Cocina – Caldera (de 12:00pm a 12:00pm).

Voltaje Residencia de Posgrado.

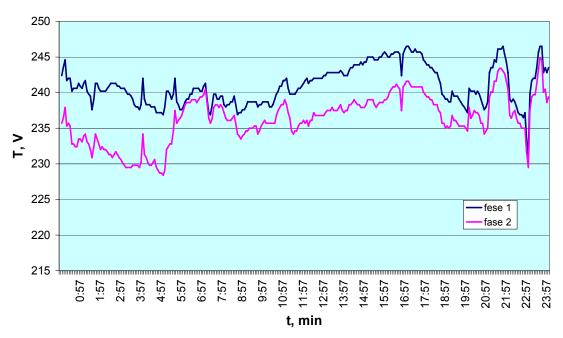


Fig. Comportamiento del Voltaje en Residencia de Posgrado (de 12:00pm a 12:00pm).

Voltaje Edificio #4

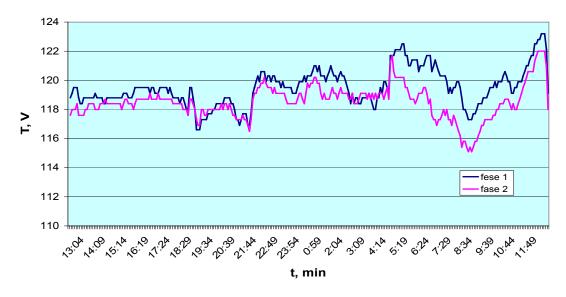


Fig. Comportamiento del Voltaje en Edificio #4 (de 12:00am a 12:00am).

Voltaje Casa de Bomba.

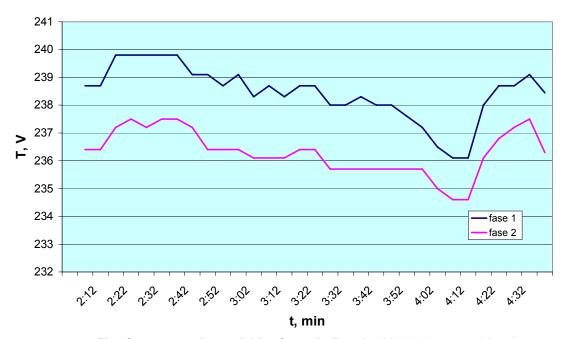


Fig. Comportamiento del La Casa de Bomba (de 2:02pm a 4:32pm).



Banco de Transformadores



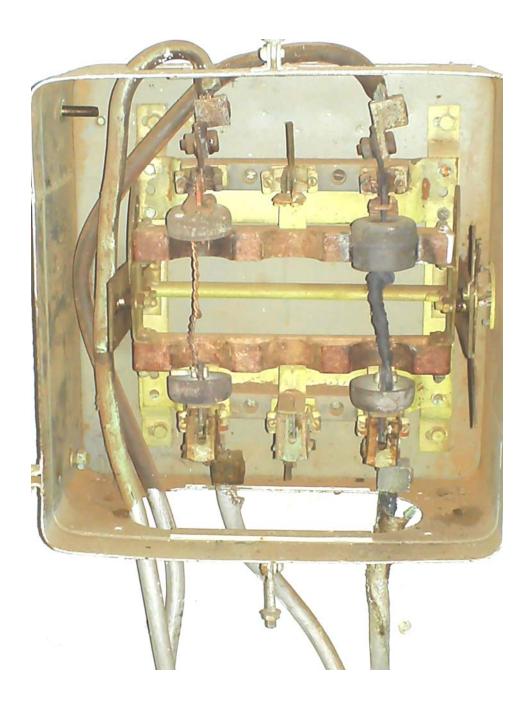
Panel general de la residencia



Cuchilla general del hotelito



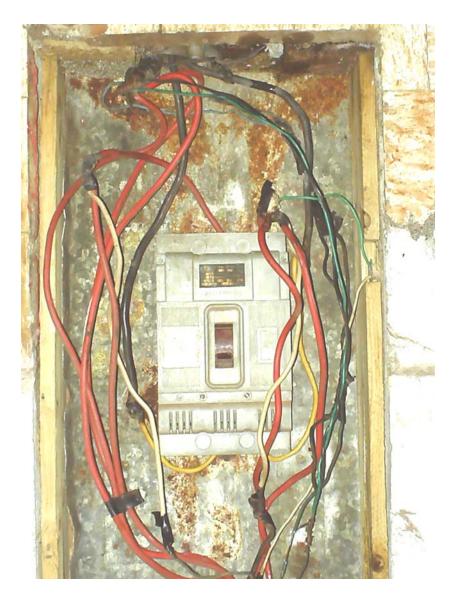
Cuchilla general edificio 3



Panel general edificio 4



Cuchilla que alimenta la residencia estudiantil.



Breaker general del edificio 4



Panel general edificio 1



Muestra de uno de los cableados en el panel general a la salida del banco de transformadores.



Cuchilla que alimenta los motores de bombeo de agua.



Cuchilla que alimenta el área de cocina – caldera.



Contador digital.

Analizador de redes usado en las mediciones.



Fig.8 Analizador de Redes de NORTHWOOD DATA LOGGERS LTD.

Anexo 22
Tabla Factor de potencia edificio 4.

Time	FP 1	FP2	FP Total
5:04	0.94	0.96	0.95
5:14	0.96	0.94	0.96
5:24	0.95	0.94	0.95
5:34	0.97	0.95	0.97
5:44	0.97	0.94	0.96
5:54	0.96	0.95	0.96
	0.95		
6:04		0.98	0.96
6:14	0.95	0.99	0.97
6:19	0.94	0.99	0.97
6:24 6:29	0.94	0.98 0.98	0.96
	0.96		0.97
6:34	0.96	0.98	0.97
6:39	0.97	0.97	0.97
6:44	0.97	0.96	0.96
6:49	0.96	0.93	0.95
6:54	0.96	0.92	0.95
6:59	0.96	0.94	0.95
7:09	0.97	0.96	0.96
7:19	0.96	0.95	0.96
7:29	0.96	0.96	0.96
7:39	0.96	0.95	0.96
7:49	0.97	0.95	0.96
7:09	0.97	0.96	0.96
7:19	0.96	0.95	0.96
7:29	0.96	0.96	0.96
7:39	0.96	0.95	0.96
7:49	0.97	0.95	0.96
7:59	0.97	0.93	0.96
8:09	0.98	0.95	0.97
8:19	0.97	0.94	0.96
8:29	0.95	0.94	0.95
8:39	0.94	0.93	0.94
8:49	0.96	0.92	0.95
8:59	0.96	0.92	0.95
9:09	0.94	0.89	0.92
9:19	0.94	0.9	0.93
9:29	0.96	0.87	0.93
9:39	0.91	0.87	0.9
9:49	0.95	0.95	0.95
9:59	0.94	0.95	0.95
10:09	0.96	0.95	0.96
10:19	0.93 0.93	0.89 0.91	0.92 0.92
10:29	0.94		0.92
10:39		0.88	
10:49	0.96	0.91	0.94
10:59	0.94	0.93	0.93
11:09	0.94	0.89	0.92
11:19	0.93	0.91	0.92
11:29	0.94	0.92	0.93
11:39	0.96	0.9	0.94
11:49	0.94	0.95	0.94
11:59	0.9	0.86	0.88
12:09	0.91	0.9	0.91

Volver

Anexo 23

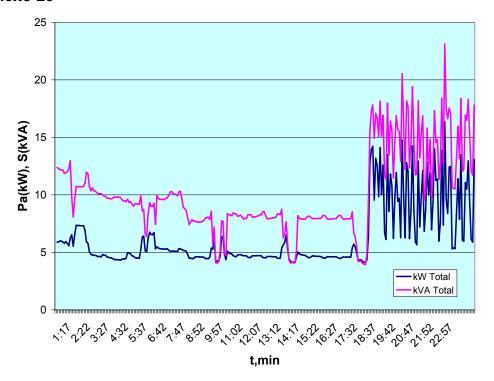


Fig. Comportamiento de las Pa y S de la Cocina – Caldera.