

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa*

Yetsy Silva Cala

ysilva@ismm.edu.cu

Especialidad: Ingeniería eléctrica.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba)

Resumen: Se realizó un análisis al estado actual del banco de transformadores del área docente en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Se analizan variables del sistema de suministro de distribución teniendo en cuenta los datos aportados por las mediciones y los levantamientos de las cargas que se han realizado. Se proponen soluciones referidas a las medidas técnico-organizativas relacionadas al respecto para lograr la determinación de las pérdidas eléctricas existentes.

Palabras clave: sistema de suministro; carga eléctrica; pérdida eléctrica; transformador eléctrico.

* Recibido: 3 febrero 2018/ Aceptado: 22 agosto 2018.

Calculation of electrical losses in the bank of the teaching area of the Minametalurgical Superior Institute of Moa

Abstract: In the present work an analysis is made to the current state of the transformer bank of the teaching area in the Higher Metallurgical Mining Institute of Moa (ISMMM). Variables of the distribution supply system are analyzed taking into account the data provided by the measurements and the surveys of the loads that have been made. And solutions are also proposed referring to the technical-organizational measures with respect to the subject to achieve the determination of the existing electrical losses.

Key Words: supply system; charges; losses.

Introducción

Por los indicadores de consumo de energía se juzga en la actualidad el desarrollo alcanzado en la industria, la agricultura y el nivel de vida de cualquier nación. La energía y la electricidad son esenciales para satisfacer las necesidades básicas de la humanidad en cuanto a alimentación, agua, salud, transporte, entre otras, y es uno de los factores básicos en la estabilidad económica y social. El desarrollo y la evolución de la sociedad humana han estado muy influidos por la forma de empleo de la energía primaria de los recursos energéticos que la naturaleza ha puesto a disposición del hombre, y por el desarrollo de los medios de transporte para poder disponer de esos recursos en el momento y lugar deseados. A lo largo de su historia el hombre pasó sucesivamente de la leña al empleo de la energía hidráulica, el carbón, el petróleo, el gas, la energía nuclear; actualmente inicia el uso intensivo de otras fuentes energéticas primarias alternativas a partir de recursos energéticos renovables, pero las bases de la sociedad industrial actual fueron establecidas cuando el hombre fue capaz de convertir la energía primaria de los portadores energéticos en energía eléctrica

En el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) los responsables de la brigada de mantenimiento y especialistas en la materia operan en la red eléctrica del banco de transformadores del área docente sin conocer datos necesarios de parámetros eléctricos. Por eso no todos los cambios y mejoras que se realizan en la red perteneciente a este banco traen como resultado lo esperado satisfactoriamente, provocando confusiones y demoras con la posibilidad de ocurrencia de posibles accidentes y dificulta, de cierto modo, la preparación de los estudiantes en los locales y laboratorios en horario vespertino, preferentemente. Las pérdidas de energía en este banco es un factor fundamental a tener en cuenta ya que con un análisis y determinación de estas se podría evitar falsear en cuanto a consumo y eficiencia.

En el ISMM se desconoce el valor actual de las pérdidas de energía en el banco de transformadores del área docente. En este trabajo se determinan las pérdidas de energía en los principales circuitos de suministro eléctrico en el área docente bajo nuevas condiciones, permitiendo elaborar medidas que contribuyan a disminuir los índices de consumo de energía sin afectar las actividades docentes. Para esto se caracteriza el sistema de distribución del banco de transformadores del área docente; se determina, mediante mediciones, el consumo de energía y el comportamiento con respecto a los planes establecidos y, por último, se proponen nuevas medidas que contribuyan a un

adecuado balance de cargas en los principales circuitos de suministro eléctrico bajo nuevas condiciones. Acorde con las actividades que se desarrollan en el área se determinan las pérdidas de energía.

Conductores eléctricos

El cable de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un Sistema Eléctrico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula. El material más indicado para la fabricación de un cable conductor representa un compromiso entre un bajo valor de resistividad y el costo del mismo. El cobre ofrece hoy en día la mejor solución, ya que cumple con los principales factores que se tienen que tener en cuenta para una buena selección como son el material, su flexibilidad y la configuración, así sea circular compacto, anular u otros (Frau & Gutiérrez, 2005).



Figura 1. Conductores de cobre.

Resistencia de un conductor

La resistencia eléctrica de un material conductor está dada por la expresión:

$$R=(\rho.L)/A$$

Donde ρ (rho) representa el valor de resistividad lineal (W.m), L es el largo del conductor (m), y A es el área de la sección del mismo (mm²). El valor de ρ depende de dos variables: el material conductor y la temperatura de trabajo que este alcanza. La expresión indica que para un material conductor dado y temperatura (ρ constante), si el valor del área A permanece constante, el valor de la resistencia aumenta con su longitud.

De igual manera puede deducirse que si ρ y L permanecen fijos, la resistencia del conductor se reduce si el área de su sección aumenta.

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 estos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinta tensión puedan hacer contacto entre sí. 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, entre otras. 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 neopreno y el nylon.

Dimensionamiento de conductores eléctricos

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

- Variaciones de tensión
- Variaciones de frecuencia
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas y otros.

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.

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 a:

- 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.

Banco de transformadores monofásico

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 se puede convertir en un sistema bifásico, de seis fases, de doce fases, entre otras. Por lo que respecta a las bobinas o primarias y secundarias, se pueden conectar de varias formas, teniendo cuatro posibles casos: Y/Y , Y/Δ , Δ/Y , Δ/Δ (Pérez, 2001; González & de Armas, 2009). Es decir, se pueden conectar las bobinas primarias en estrella o en delta al igual que las bobinas secundarias. Dependiendo de cómo se realice se obtienen 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 (Pérez, 2001).

Materiales y métodos

Se pueden determinar las pérdidas de energía en bancos de transformadores de varias formas. En este trabajo se realiza un análisis físico y real dependiendo del tipo de conexión del banco de transformadores del área tomada como objeto de estudio, así como la carga instalada. Siempre valorando las pérdidas actuales y las que se obtienen

a partir de un balance adecuado de carga. Se realizan mediciones en diferentes horarios durante una semana desde las 6:00 a.m. hasta las 11:00 p.m. de un mes del curso escolar, teniendo en cuenta que no varía la carga instalada, obteniendo valores de tensión y corriente en los totalizadores principales 1 y 2, respectivamente.

En el panel 1 se puede apreciar cómo existen valores picos de corriente de 115,8 A en el horario de las 11:00 a.m. y 116,5 A registrado a las 2:15 p.m. En el horario de almuerzo, comprendido entre las 11:00 a.m. y la 1:30 p.m., estos valores descienden a causa del resultado de las medidas del plan de ahorro, la relevancia de esto es que mientras las corrientes I1 e I3 mantienen altos valores, respectivamente iguales, la I2 se mantiene completamente nula en el transcurso de toda la medición, comportándose la misma como una de las principales causas del desbalance. En cuanto a la tensión se pueden observar las caídas de tensión de 5 V a 10 V provocado por el alto nivel de carga.

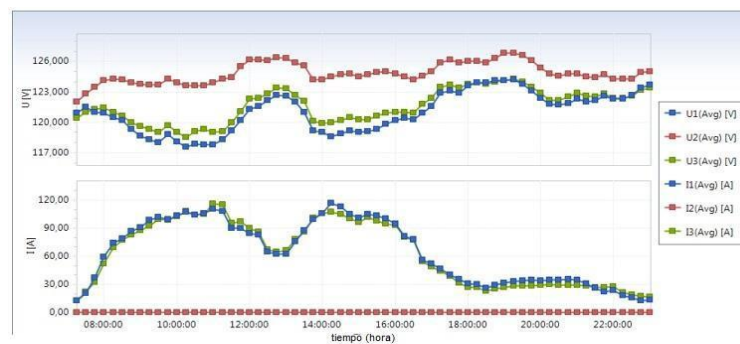


Figura 2. Mediciones realizadas en el panel 1.

En el desconectivo 2 se puede ver cómo las cargas conectadas al mismo no están cumpliendo con las medidas de ahorro implementadas, ya que los valores no descienden significativamente y en el caso de la fase A, el mayor pico es a las 12:00 p.m.

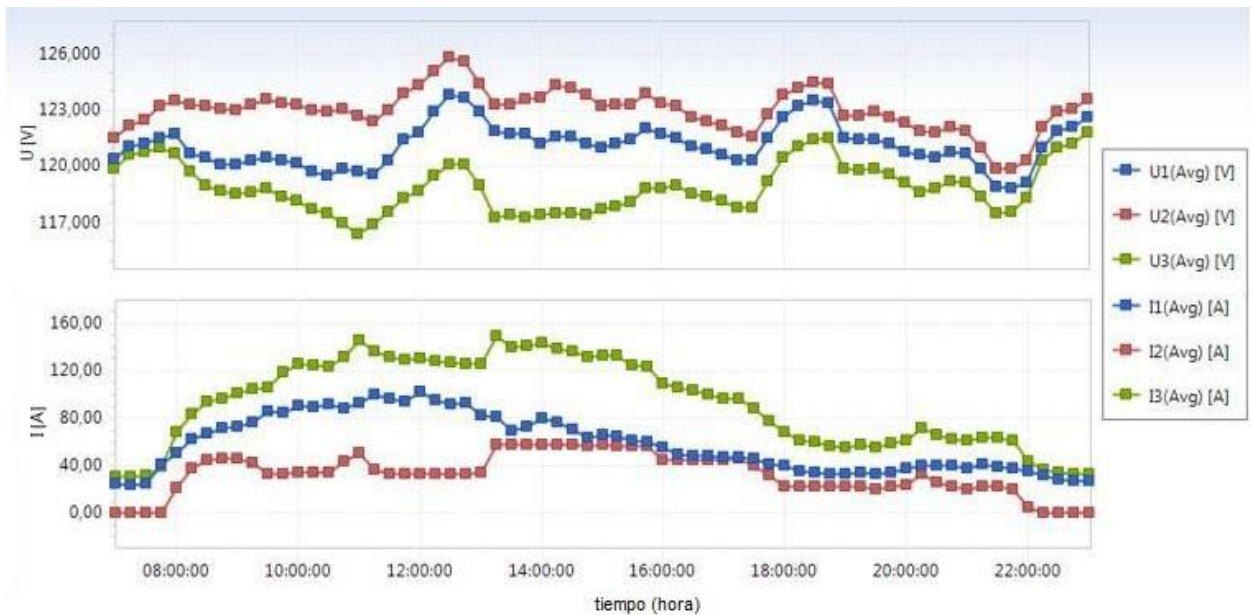


Figura 3. Mediciones realizadas en el desconectivo 2.

El edificio 2 (Metalurgia-Electromecánica) representa la mayor carga, alcanzando un valor de 35,27 kW a las 10:25 a.m. El totalizador 1 muestra relativamente la misma potencia porque el edificio 2 es la única carga conectada a este desconectivo. Seguidamente se encuentra el docente 4, docente 3 y docente 1 con potencias de 20,43 kW; 9,65 kW y 9,32 kW en los horarios de las 10:55 am, 11:15 a.m. y 10:27 a.m., respectivamente.

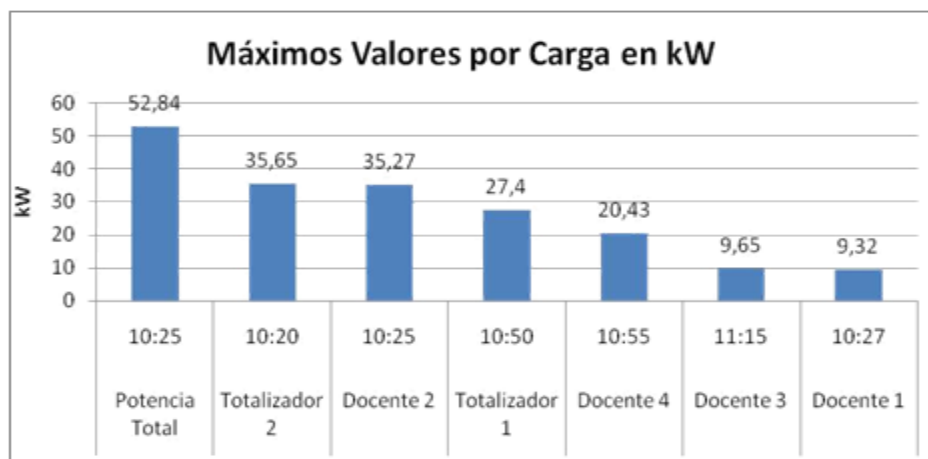


Figura 4. Relación de los valores por carga en el edificio 2.

En el totalizador número 2 persiste la mala distribución de las cargas; en la fase A el promedio de potencia es de 6,44 kW, representando un 31,07 % de la potencia total.

La fase B, con 3,42 kW, aporta un 16,5 % y la fase C, con 10,85 kW, es el mayor valor con un 52,34 % del total.

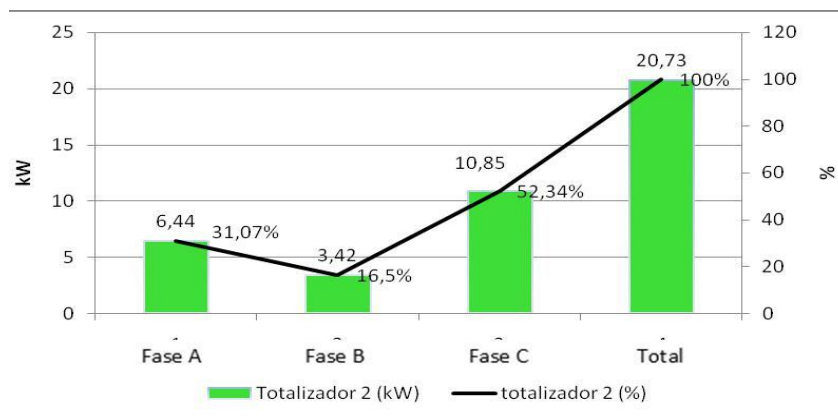


Figura 5. Relación de la distribución por fases en el totalizador 2.

Estado técnico del sistema de suministro

El sistema de suministro eléctrico del área docente del ISMMM se encuentra en un estado precario, esto atenta directamente en los índices de consumo. Seguidamente se comenta el estado en que se hallan algunos componentes del sistema.

Conductores

Los conductores eléctricos se encuentran en mal estado. Se evidencia la presencia de conductores sulfatados así como cables quemados por las altas temperaturas a que son sometidos por un mal acomodo de las cargas. El bajo nivel de aislamiento y empalmes son abundantes, lo que provoca gran número de fallas a tierra y ocasiona pérdidas significativas.

Desconectivos

El caso de los desconectivos es problema casi generalizado en el área, ya que se evidencia un abundante número de breakers completamente inoperables que dejan pasar a la red altos índices de corriente ante la ocurrencia de un cortocircuito en un local, provocando daños irreversibles en los conductores. Por otra parte, existen alambres sustituyendo los fusibles y ausencia de la tapa que los cubre; muchos se encuentran quemados por cortocircuitos y las altas corrientes circulantes.

Paneles eléctricos

En el área docente del ISMMM los paneles eléctricos se encuentran en estado crítico. Los problemas más significativos detectados se relacionan a continuación:

- El principal no cuenta con puerta de acceso, iluminación, manta dieléctrica.
- Los paneles por edificio no tienen iluminación.
- La puerta de acceso del panel del docente 4 se halla en mal estado.
- El panel del docente 3 es de difícil acceso ya que radica dentro de un laboratorio que permanece cerrado; es el panel que se encuentra en peor estado en el área.

Cálculo de las pérdidas eléctricas

Para el cálculo de las pérdidas eléctricas se parte de las mediciones puntuales que se realizaron en cada edificio del área docente en los horarios comprendidos entre las 10:00 a.m. y las 11:45 a.m., que es el horario de mayor consumo, donde se pueden apreciar los valores de tensión y corriente, además del número de fases de cada desconectivos y la ubicación de las fases a la entrada de los mismos (izquierda a derecha). Las mediciones en cada edificio del área docente se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1. Mediciones puntuales realizadas en el edificio 1

No.	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)	Ua-b(V)	Ub-c(V)	Uc-a(V) Loc
1	Principal	2Ø	a-c	44,7	-	39,1	116,3	-	113,3	-	-	203,5
2	Primer piso, alumbrado y climatización	2Ø	a-c	0	-	0,9	116,1	-	113	-	-	202,8
3	Segundo piso	2Ø	a-c	2,7	-	1,3	122,6	-	110,3	-	-	201,1
4	Tercer piso	2Ø	a-c	0	-	0,6	114,2	-	110,5	-	-	205
5	Cuarto piso	2Ø	a-c	0	-	0	116,3	-	113,3	-	-	203,5
6	Pasillo y parque	2Ø	a-c	0	-	0	116,1	-	110,3	-	-	202,8
7	Climatización y pizarra	2Ø	a-c	16,1	-	15,6	111,4	-	118,2	-	-	199,7
8	Aula Magna	1Ø	a	1	-	-	111,5	-	-	-	-	-
9	-	2Ø	a-c	0	-	0	114,2	-	113,3	-	-	203,5

Tabla 2. Mediciones puntuales realizadas en el edificio 2

Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)	Ua-b(V)	Ub-c(V)	Uc-a
Principal	3Ø	c-b-a	107,2	46,9	80,6	110,7	107,2	118	207,4	208	202
-	3Ø	c-b-a	101,4	37,6	59,8	110,6	117,9	120,1	209,9	209,1	202
-	2Ø	c-a	13,2	-	24,1	108,8	-	119	-	-	20
-	3Ø	a-b-c	0	0	0	110,6	117,9	120,1	209,9	209,1	202
tercer piso	3Ø	a-b-c	14,4	0,9	11,9	123	124,9	110,6	208	208,3	20
tercer piso	3Ø	a-b-c	0	0	1,1	123	124,9	110,6	208	208,3	20

Brigada Especializada	2Ø	a-c	0,8	-	2	108,9	-	120,6	-	-	20
Micro electrónica	3Ø	a-b-c	0,6	0	0	120,3	122	109,5	204,1	205,7	199
Circuito Biblioteca	3Ø	c-b-a	12,2	0	16,2	120,3	122	109,5	204,1	205,7	199
Mediciones Eléctricas	2Ø	a-c	0	-	12,2	108,9	-	118,3	-	-	202
Alumbrado	2Ø	c-a	22	-	3,8	108,9	-	118,3	-	-	202
-	3Ø	c-b-a	25,1	0,6	4,9	111,6	125,1	122,6	209,2	208,2	202
-	3Ø	c-b-a	2,2	12,4	1,9	110,6	117,9	120,1	209,9	209,1	202
-	3Ø	c-b-a	0,6	0	0	110,7	107,2	118	207,4	208	202
-	3Ø	c-b-a	10,1	10,4	0	108,9	110,6	118,3	204,1	205,7	202
Centro de Red	2Ø	c-a	16,5	-	11,1	108,9	-	120,6	-	-	20

Tabla 3. Mediciones puntuales realizadas en el edificio 3

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)	Ua-b(V) Ub-c(V)	Uc-a(V)	Localización	
1	Principal	3Ø	a-b-c	44	0	39,3	117	128,3	110	205	208	202	-
2	PA1, PA2 y PA3	3Ø	c-b-a	33,4	0	19,4	117	128,3	110	205	208	202	-

En el caso del edificio 3 no se continuó con el análisis porque realizar las mediciones en este panel es extremadamente riesgoso por las condiciones en que se encuentra.

Tabla 4. Mediciones puntuales realizadas en el edificio 4

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)	Ua-b(V)	Ub-c(V)
1	Principal	3Ø	a-b-c	103,3	0	95,7	108,1	119,8	115	207,1	205,2
2	-	3Ø	a-b-c	6,6	0	5,7	108,1	118	117,2	207,4	205,8
3	-	3Ø	a-b-c	27,8	0	25,9	109,5	119	116,3	205,2	205,1
4	Segundo piso	3Ø	a-b-c	5,4	0	3	108,6	117	118	207,1	205
5	-	2Ø	a-c	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	2Ø	a-c	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Tercer piso	3Ø	a-b-c	0	0	0,9	108,8	117,7	116,9	206,7	206
8	Cuarto piso	2Ø	c-a	32	-	26,2	108,2	118,5	115,9	207,1	206,6
9	Primer piso	2Ø	a-c	1,3	-	3,2	110,9	117,3	117,4	206,4	205,9
10	-	3Ø	a-b-c	0	0	0	112,1	120	116,9	208	207
11	-	3Ø	a-b-c	0	0	0	113	119,6	116,3	207,8	207,1
12	-	3Ø	a-b-c	9,1	0	9,4	115	120,5	117	207,9	206,9
13	-	3Ø	a-b-c	0	0	0	114,3	119,3	117,8	207,1	207,1
14	-	3Ø	a-b-c	-	-	-	-	-	-	-	-

Se determinó el calibre de los conductores teniendo como resultado que el área es de 132,7 mm² y a partir de ahí se calcularon todas las pérdidas eléctricas. Luego se analizó la propuesta de reestructuración de las cargas y se calcularon nuevamente las pérdidas eléctricas para observar el comportamiento del antes y después de las pérdidas. Esto se realiza considerando la resistividad de los conductores instalados en cada uno de los edificios alimentados por el banco de transformadores.

Pérdidas eléctricas antes del balance de carga

Teniendo en cuenta las ecuaciones elementales para este tipo de trabajo se determinaron las pérdidas eléctricas antes y después de haber propuesto un posible balance de carga. Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6 antes y después del balance de carga, respectivamente.

Tabla 5. Valores de pérdidas totales por fase antes del balance de carga

Fase de Conexión	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Pérdidas (W)	6 583,905	333,7138	4 750,909	11 668,53

Tabla 6. Valores de pérdidas totales por fase después del balance de carga

Fase de Conexión	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Pérdidas (W)	5 685,248	646,538	4 205,319	10 537,11

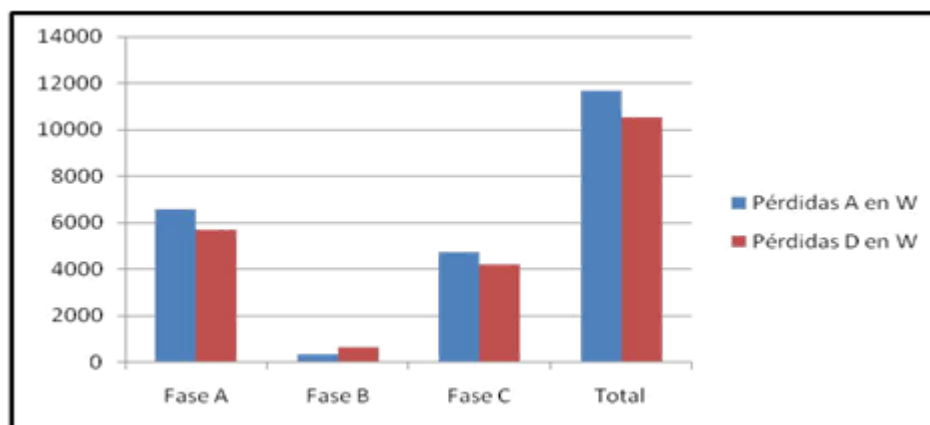


Figura 6. Relación de las pérdidas por fase antes y después del balance de carga.

La figura anterior muestra una comparación de las pérdidas antes (A) y después (D) del balance de cargas por fase. Como se puede observar en la tabla anterior después del correcto balance de carga se reduce un porcentaje considerable del número de pérdidas eléctricas en el sistema de suministro eléctrico del área docente en el ISMMM.

Resultados y discusión

Se confecciona el esquema monolineal como resultado del levantamiento realizado en el área. Este se llevó a cabo a razón de la inexistencia de una representación actualizada en las oficinas de inversiones del centro que abarcara las cargas conectadas a cada panel, los esquemas anteriores solo lo hacían hasta nivel de edificio. Los mismos no se encuentran en formato digital, esto lo hace engorroso a la hora de chequearlos para realizar alguna acción por parte de la brigada de mantenimiento. A través del esquema se puede percibir cómo se encuentra distribuido el sistema de distribución eléctrica a las distintas áreas, con su comienzo desde el Sistema Energético Nacional (SEN) alimentando al banco de transformadores del área docente. Del banco de transformadores se alimentan los interruptores no automáticos generales (1, 2, 3 y 4) correspondientes al panel principal.

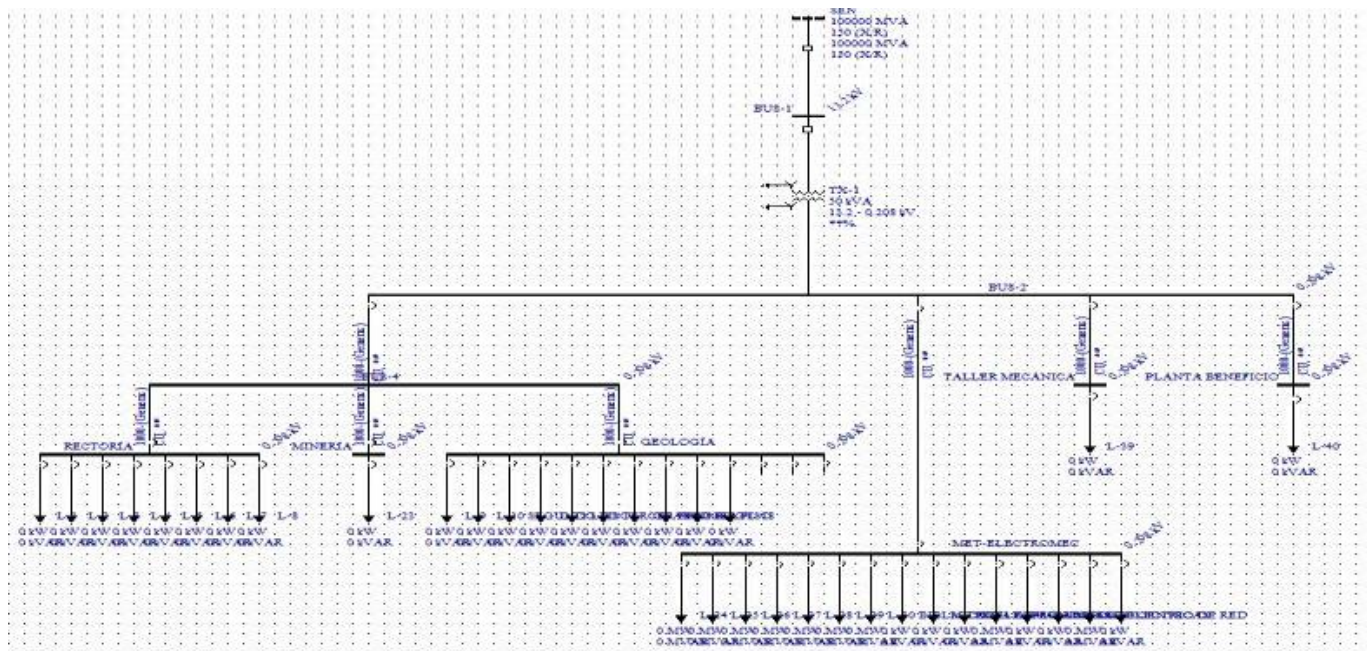


Figura 7. Esquema monolineal propuesto.

Principales deficiencias

En el área existen numerosas deficiencias, seguidamente se hará énfasis las más significativas detectadas en los estudios realizados a partir de la realización del trabajo.

Banco de transformadores

El estudio agrupa, además, los valores de tensión de línea-línea del banco en un horario de máximo consumo, donde se pueden apreciar las caídas de tensión provocadas por el alto nivel de carga existente en este horario; también se puede percibir el efecto que provoca el alto desbalance en las cargas en los transformadores. Estos voltajes influyen directamente en la eficiencia de los equipos eléctricos del área.

Pérdidas por calentamiento

Son considerablemente notables las altas temperaturas presentes en conductores y desconectivos, trayendo consigo numerosas pérdidas por calentamiento, además del deterioro gradual del aislamiento de los conductores y ruptura de los dispositivos de protección que provocan la disminución del tiempo de vida útil de los elementos que componen la red eléctrica.

Desconectivos

Existe un gran número de desconectivos en mal estado técnico en el sistema de suministro eléctrico del docente del ISMMM, además, muchos se encuentran puenteados o con alambres sin calibración, sustituyendo los fusibles y ocasionando que ante la ocurrencia de una falla o cortocircuito sean incapaces de operar y así aislar un local determinado del suministro eléctrico y evitar que la falla se incremente y ocasione daños irreversibles en conductores, equipos (cargas), entre otros.

Posibles soluciones

Posteriormente a ser ejecutada la reestructuración de las cargas por la situación de las caídas constantes de tensión se debe coordinar con la Empresa Eléctrica para revisar el cambia tap de los transformadores para elevar los niveles de voltaje, en caso de que el problema persista o no se pueda llevar a cabo esta acción por algún motivo se recomienda sustituir el banco colocando tres nuevos transformadores de 220/120 V, es decir con tensiones de 220 V de línea-línea y 120 V de línea-neutro. En cuanto a los desconectivos, urge en el menor tiempo posible, realizar un mantenimiento a escala global, es decir, a cada desconectivo que componen el sistema eléctrico del área docente, desde los interruptores por local hasta los totalizadores ubicados en el panel principal y tener en cuenta fundamentalmente los siguientes aspectos:

1. Estado técnico de los desconectivos (en caso de ser necesario remplazarlo con uno nuevo o en buen estado que se adecúe a las corrientes nominales que circulan por el mismo).
2. Conductores con bajo o nulo nivel de aislamiento.
3. Prestarle la debida atención a los conductores sulfatados y corregir esta situación.
4. Sustituir los fusibles en mal estado y los alambres sin calibración por fusibles que se ajusten a cada área.
5. Revisar los soportes de los paneles.
6. Notificar las cargas conectadas a cada desconectivo.
7. Realizar una reparación capital al panel del edificio de Minería que, por su estado (crítico), se encuentra en juego el suministro de esta área y las cargas conectadas a él.

Propuesta para una reestructuración de las cargas

Esta reestructuración se realizaría teniendo en cuenta los nombres de los desconectivos recopilados en el levantamiento físico del área tomada como objeto de estudio y son el resultado de un análisis ejecutado posteriormente de ser realizadas las mediciones, cabe aclarar que los valores de corrientes son en el horario de mayor consumo.

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

Si existiera una conciencia de ahorro de energía, tanto por el personal docente como no docente, no habría los elevados índices de consumo en el horario laboral representados en el capítulo 2. Partiendo de este análisis a continuación son mostradas las distintas propuestas de medidas para garantizar una explotación más eficiente del sistema eléctrico.

1. No violar los horarios establecidos para la conexión y desconexión de los equipos eléctricos.
2. Aprovechar al máximo la luz solar como forma de iluminación.
3. Colocar horarios para la conexión de cargas potentes, distribuyéndolas a lo largo del horario docente para lograr que el menor número de ellas se encuentren conectadas al unísono.
4. Respetar el horario de almuerzo, desconectando el mayor número de cargas conectadas innecesariamente.

5. En el horario nocturno no dejar locales encendidos si no se trabaja en ellos.
6. Conexión de contadores de energía en los paneles principales de cada edificio del área, con el fin de racionalizar el consumo de energía eléctrica.
7. Utilizar formas de generación eléctricas alternativas con el objetivo de reducir el consumo de energía del SEN.

Medidas técnicas organizativas para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación

1. Continuar con el uso de lámparas de bajo consumo (de ser posible instalar lámparas led).
2. Utilización de pantallas reflectoras en las lámparas de 32 W.
3. Cambiar la ubicación de luminarias dentro de los nervios del techo, dentro de estos se pierde el 20 % de flujo luminoso, aproximadamente 400 lúmenes.
4. Desconexión completa de lámparas o proyectores fundidos.
5. Pintar paredes, techos y columnas de colores claros.
6. Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos, mediante fotoceldas para control luminoso, especialmente donde puede aprovecharse la luz natural.
7. Implementación de programas de encendido y apagado del alumbrado en oficina después de la jornada laboral en el área docente.

Valoración económica

Las labores de reestructuración de las cargas en los paneles correspondientes al circuito eléctrico, perteneciente al área docente del ISMMM y de mantenimiento de los desconectivos existentes son libres de costos, ya que pueden llevarse a cabo por los técnicos electricistas y especialistas de la brigada de mantenimiento del instituto pues cuentan con el conocimiento necesario para esta tarea. En ocasiones, estos podrían ser apoyados por el departamento de Ingeniería eléctrica de la facultad Metalurgia Electromecánica del centro. A pesar de no haberse determinado una valoración económica como tal se pueden relacionar ciertas ventajas que traería como resultado este tipo de reestructuración.

1. Se eliminaría, en su mayor parte, el calentamiento en los conductores y desconectivos de los registros.
2. Se reduce el consumo, ya sea por pérdidas producto al mal estado de los conductores y desconectivos de los registros.

3. Mejoraría el factor de potencia del banco de transformadores.
4. Disminuirían las caídas de tensión en las fases.
5. Se facilita el trabajo del técnico o especialista encargado de manipular los desconectivos de los paneles eléctricos para realizar operaciones necesarias.
6. El funcionamiento estable del sistema de suministro eléctrico estará dado a partir de un correcto balance de carga.
7. Se evitarían posibles roturas de medios o equipos en los locales como computadoras, equipos de laboratorio y climatización, entre otros.
8. Permitiría elaborar un plan de consumo de energía más real.
9. El índice de consumo sería más racional para poder cumplir el plan.

Para llevar a cabo la propuesta de instalación del tercer alimentador en el edificio #1 se necesitan 130 m de conductores calibre 6, con un diámetro de 13,3 mm. En el mercado interno, el precio del tipo de conductor seleccionado es de 0,89 CUC/m, por tanto, el importe total es de 115,70 CUC.

Conclusiones

Se estableció la base teórica para el desarrollo del trabajo realizado.

Del análisis del sistema se determinó que el panel general del área docente y los paneles principales de cada edificio están técnicamente en estado crítico y requieren de mantenimiento y muchos de sustitución.

Se determinó que el nivel de las pérdidas eléctricas actuales supera a las posteriores de la variante analizada.

Se pudo determinar que el balance de carga es la variante más factible desde el punto de vista técnico-económico, ya que se obtiene una reducción de pérdidas eléctricas.

Se elaboró un conjunto de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético.

Referencias bibliográficas

FRAU, J. I. & GUTIÉRREZ, J. 2005. Transporte de energía eléctrica en corriente continua: HVDC. *Automática e Instrumentación* (361): 72-84

GONZÁLEZ, G. G. & DE ARMAS, M. A. 2009. Selección Eficiente de Bancos de Transformadores. *Energética* 42(julio-diciembre): 29-38.

PÉREZ, A. 2001. *Transformadores de distribución: teoría, cálculo, construcción y pruebas*. 2 ed. Editorial Reverté, S. A., México D. F.