

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**



***TEMA: “Monitoreo y Control de Redes Eléctricas  
en baja tensión de la Escuela Superior  
Politécnica del Litoral”***

**TOPICO DE GRADUACION**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE :  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION : POTENCIA**

**PRESENTADO POR :**

*Piña Orellana Wilson  
Luna Jiménez César  
Escobar SanMartín Daniel  
Matamoros Espinoza Freddy  
Costales Velásquez Aurelio*

*Guayaquil - Ecuador  
1996*

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a  
nuestros padres y a la E.S.P.O.L.,  
Escuela Superior Politécnica del  
Litoral

## **AGRADECIMIENTO**

Por el sacrificio y dedicación durante todo el Tópico agradecemos al Ing. Alberto Manzur y a la Facultad de Ingeniería Eléctrica por toda la ayuda brindada tanto en el aspecto técnico como práctico para la realización de este Tópico.

Además un sincero agradecimiento al señor José Briones, electricista del Departamento de Mantenimiento de la ESPOL.

## DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este proyecto nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la E.S.P.O.L.)



Wilson Piña Orellana



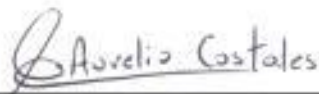
César Luna Jiménez



Daniel Escobar SanMartín



Freddy Matamoros Espinoza



Aurelio Costales Velásquez

**TRIBUNAL**



---

ING. JORGE CHIRIBOGA



---

ING. GUSTAVO BERMUDEZ



---

ING. ALBERTO MANZUR  
PROFESOR DEL TOPICO

# INDICE

## INTRODUCCION

<b>I.- ANALIZADOR DE REDES .....</b>	<b>1</b>
<b>A. CVM .....</b>	<b>1</b>
a) Generalidades .....	1
b) Software Set_Mem .....	1
<b>B. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CVM Y         SET_MEM A LA RED .....</b>	<b>3</b>
<b>II.- ANALISIS DE LECTURAS DE DATOS DE     LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES .....</b>	<b>4</b>
<b>A. BANCO DE TRANSFORMADORES DE         LABORATORIO DE METALURGIA         FACULTAD INGENIERIA MECANICA .....</b>	<b>4</b>
a) Características .....	4
b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	4
c) Analisis de datos .....	5
<b>B. BANCO DE TRANSFORMADORES DE         LA IMPRENTA .....</b>	<b>6</b>
a) Características .....	6
b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	6
c) Analisis de datos .....	7
<b>C. BANCO DE TRANSFORMADORES DEL         INSTITUTO DE MATEMATICAS .....</b>	<b>8</b>
a) Características .....	8
b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	8
c) Analisis de datos .....	9



<b>D.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DE CIENCIAS DE LA TIERRA (MINAS)</b> .....	<b>10</b>
	a) Características .....	<b>10</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>10</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>11</b>
<b>E.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DE BIBLIOTECA GENERAL</b> .....	<b>12</b>
	a) Características .....	<b>12</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>12</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>13</b>
<b>F.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DE CESERCOMP</b> .....	<b>14</b>
	a) Características .....	<b>14</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>14</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>15</b>
<b>G.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DEL TALLER DE FUNDICION (F.I.M.)</b> .....	<b>16</b>
	a) Características .....	<b>16</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>16</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>17</b>
<b>H.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DE MANTENIMIENTO DE TECNOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
	a) Características .....	<b>18</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>18</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>19</b>
<b>I.</b>	<b>BANCO DE TRANSFORMADORES DE TECNOLOGIA MECANICA</b> .....	<b>20</b>
	a) Características .....	<b>20</b>
	b) Diagrama unifilar del tablero de distribución principal .....	<b>20</b>
	c) Analisis de datos .....	<b>21</b>

## **INTRODUCCION.**

Los continuos avances de los equipos de medición en el área de distribución nos han hecho considerar la necesidad de utilizar las ventajas que nos ofrecen, y es así que la ESPOL y los estudiantes de la FIEC especialización POTENCIA han decidido utilizar estos avances y para ello han escogido el sistema de distribución en baja tensión de la ESPOL donde se van a realizar mediciones en todos los bancos de transformadores del Campus Prosperina.

Con la ayuda de estas mediciones podrán establecerse mejores criterios e ideas para solucionar cualquier problema presente o futuro en los aspectos de carga, protección, alimentación, etc.

Para cubrir la totalidad de bancos de transformadores de la ESPOL, se ha conformado tres grupos de trabajo los mismos que se encargarán de realizar las tomas de lecturas y analizar los resultados de las mismas.

Básicamente nuestro trabajo se concentra en el estudio de 9 bancos de transformadores de la ESPOL, de los cuales 7 pertenecen al área de ingeniería y 2 al área de tecnología, a los cuales realizamos mediciones durante 24 horas.

Este trabajo lo hemos dividido en tres capítulos, en el cual el capítulo I corresponde al estudio y análisis de las generalidades de los analizadores de redes, con las respectivas explicaciones del software tanto del *CIRNET* como del *SET\_MEM* utilizados para el almacenamiento de datos.

El capítulo II comprende el análisis de lecturas de datos de cada uno de los bancos de transformadores, con sus respectivas características y diagramas unifilares.

El capítulo III trata acerca de las conclusiones y las recomendaciones generales, basados en lo tratado en el capítulo II.



## **I.- ANALIZADOR DE REDES.**

### **A. CVM**

#### **a) GENERALIDADES**

Para este propósito se utiliza el analizador de Redes Eléctricas serie CVM de la marca CIRCUTOR.

CVM, introduce la medida de parámetros eléctricos en redes eléctricas industriales, equilibradas o desequilibradas. Están especialmente diseñado para realizar el control energético total por secciones de cualquier instalación.

**SOFTWARE CIRNET**, que es un programa SCADA (adquisición de datos y supervisión de control), este utiliza dibujos de fondo para representar un esquema unifilar.

Para un funcionamiento correcto del software se debe contar con el siguiente equipo:

- Tarjeta de comunicación 232/485
- Ordenador IBM/PC o compatible, mínimo un 286
- Memoria RAM de 640 KB
- Drive de 3 1/4"
- Disco duro mínimo 120 KB
- Mouse
- Monitor color VGA
- 1 Puerto paralelo como mínimo
- 2 Puertos serie como mínimo
- Sistema Operativo, mínimo MS/DOS 3.0

El programa realiza las siguientes operaciones:

- Visualizar las medidas de una red eléctrica (gráficamente o numéricamente)
- Registrar alarmas en impresora y/o disco
- Emitir informes de consumos por impresora
- Leer y almacenar datos en disco.

Una de las características de este equipo es la capacidad de poderse comunicar con 32 aparatos en cada puerto de comunicaciones, es decir, 32 CVM transmitiendo información a un computador, para esto se debe contar con una tarjeta de red.

#### **b) SOFTWARE SET\_MEM**

Esta es una herramienta fundamental para lo que es mediciones en lugares donde no tiene fácil acceso el computador o se hace muy difícil el traslado del mismo, imposibilitando el almacenamiento de las lecturas que se vayan a efectuar.

Para resolver este problema es que se hace uso de la memoria SET\_MEM, el cual reemplaza al computador en lo que se refiere al almacenamiento de datos. Esta memoria se la conecta conjuntamente con el CVM a través de sus puertos 485.

El tiempo de almacenamiento de datos depende del número de parámetros que se vayan a almacenar, para nuestro caso que tenemos 28 parámetros, y mediciones cada 5 minutos (12 en una hora), vamos a tener un tiempo máximo de almacenamiento de 3.4 días. Una vez que se cumple este tiempo máximo la memoria puede seguir almacenando datos pero, para ello tiene que eliminar los primeros datos registrados, es decir, los datos actuales ocupan el espacio de memoria de los datos iniciales.

Se utiliza la siguiente expresión para calcular el tiempo de almacenamiento, la cual depende del número de parámetros que necesitemos, del periodo del tiempo entre mediciones :

$$T_a = \frac{(120000 - 192) / (P \times 4 + 10)}{M \times 24}$$

Ta: tiempo de almacenamiento en días

P: # de parámetros

M: # de mediciones por hora

120000 Bytes son de memoria

192 Bytes son de etiqueta de registro

CONFIGURACION DEL SET\_MEN, el menú de la configuración, se adapta automáticamente, y está formado por las siguientes opciones.

- DATOS CVM : Datos generales del equipo.
- DATOS COM : Datos relativos a las comunicaciones.
- MODULO ER : Opción de datos fecha y hora.
- MEMORIA : Datos específicos del equipo CVM-M
- VOLVER MENU : Nos retorna al menú principal.

Cuando se haya terminado la edición de los datos de cada una de las opciones anteriormente mencionadas, se podrá salir de dos formas:

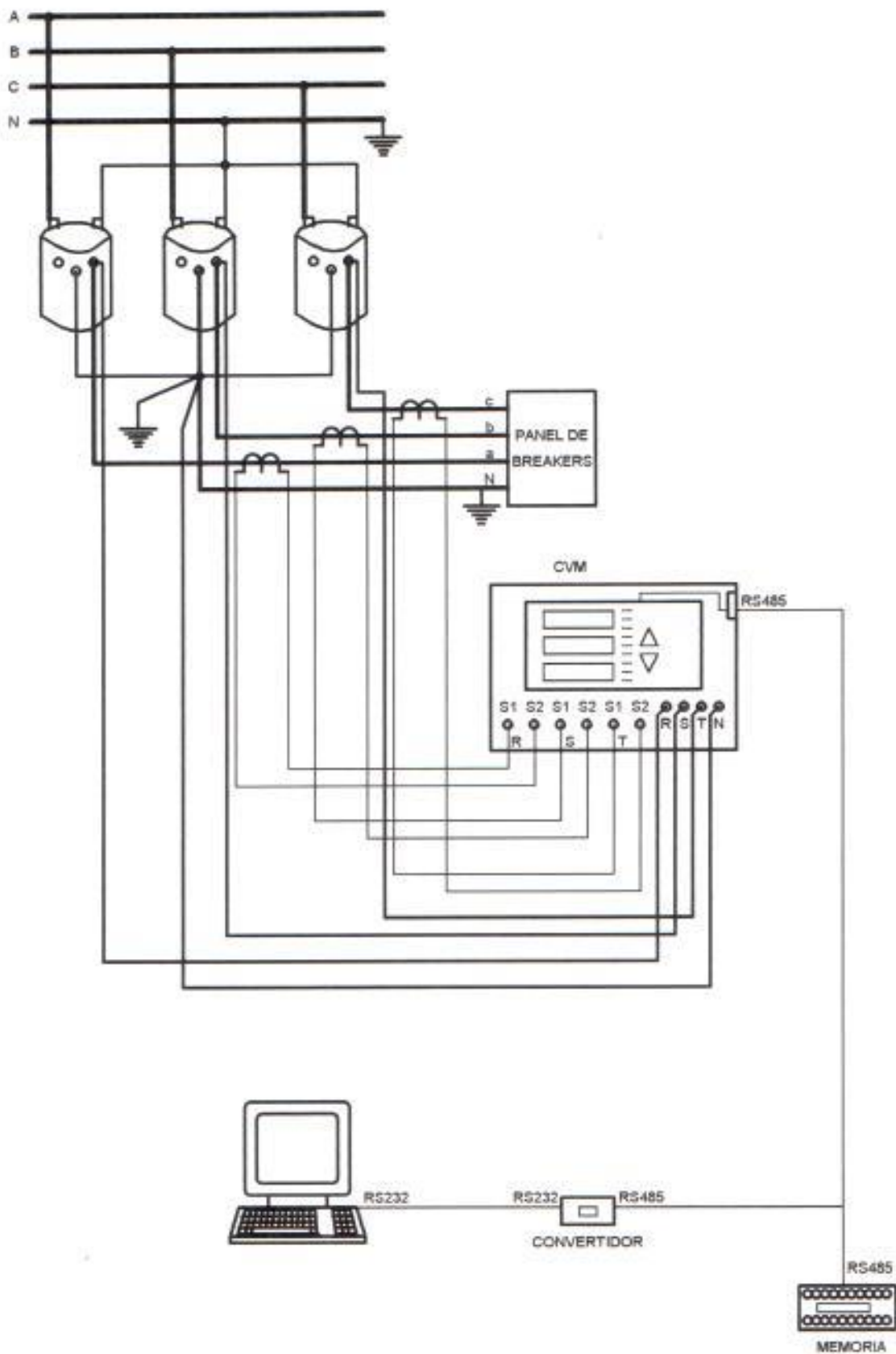
ESC: Salir sin guardar cambios (sale dejando los datos que habian anteriormente)

F1 : Salir guardando cambios (lo modificado se guardará como nuevo valor)

VISUALIZACION DE DATOS, esta opción es la visualización de cualquier fichero del CVM-M, así el fichero CGT (especial) mostrará los parámetros seleccionados, CVP mostrará alarmas de conexión y desconexión del equipo, los ficheros CVX y CVE son extensiones del programa. Dentro de la visualización de datos tenemos las siguientes opciones:

- CARGAR DATOS CVM-M : Permite la lectura de un fichero.
- EXPORTAR FICHERO: Crea un fichero exportable a una hoja de cálculo.

## B. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CVM Y SET MEM A LA RED



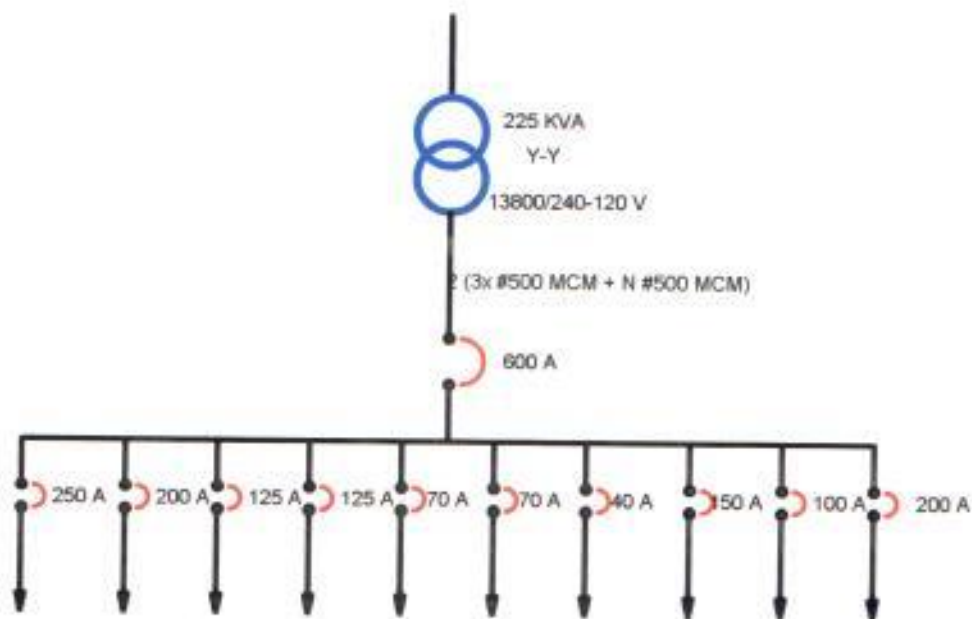
## II.- ANALISIS DE LECTURAS DE DATOS DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES DE LA ESPOL

### A. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EL BLOQUE 18-B LABORATORIO DE METALURGIA, FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA.

#### a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (75 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 225 KVA
- Breaker principal de 600 Amp.

#### b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL.





### c) ANALISIS DE DATOS.

Con los datos obtenidos de potencia trifásica se establece que existe un sobredimensionamiento de la capacidad de los transformadores, aproximadamente de un 900 %, tomando en cuenta los datos obtenidos en las mediciones del día 29 de Agosto, pudiendo este porcentaje disminuir cuando entren a funcionar las demás cargas instaladas.

Con respecto a la regulación de voltaje, este banco de encuentra con valores aceptables de voltaje, cuyo valor a voltaje pico máximo es de 127 v y el valor del voltaje mínimo es 120 v. Teniendo por lo tanto una regulación de  $\pm 5$  % que en este caso será aceptable.

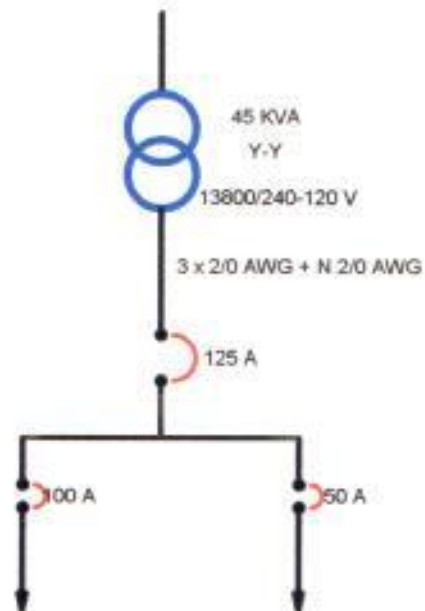
De los datos de corriente por línea, podemos observar que la carga conectada se encuentra desbalanceada, produciendo un ligero desplazamiento del neutro; que no afecta mayormente a los voltajes.

El Breaker principal debe ser de 700 Amps., para que mantenga relación con la corriente de plena carga de este banco.

Cabe resaltar que cuando se realizaban las respectivas conexiones de los equipos de medición y memoria, el cuarto eléctrico del mismo no reunía las condiciones mínimas de seguridad, ya que se lo utiliza como bodega de revistas, herramientas de trabajo de limpieza, etc. obstaculizando una posible labor de mantenimiento, o de inspección de equipos.

**B. BANCO DE TRANSFORMADORES DE LA IMPRENTA AREA DE INGENIERIA****a) CARACTERISTICAS.**

- 3 Transformadores monofasicos (15 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 45 KVA
- Breaker principal de 125 Amp.

**b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL.**



**c) ANALISIS DE DATOS.**

De los datos de Potencia Trifasica consumida se tiene que el mayor valor es de 9 Kw, por lo cual el sobredimensionamiento para el día de lectura 3 de Septiembre; ha sido del 450%.

Existe un desbalance de corriente especialmente en la línea 2 con respecto a las otras dos líneas, las cuales a su vez son netamente capacitivas, lo cual se entiende por el tipo de maquinarias que se usan en una imprenta.

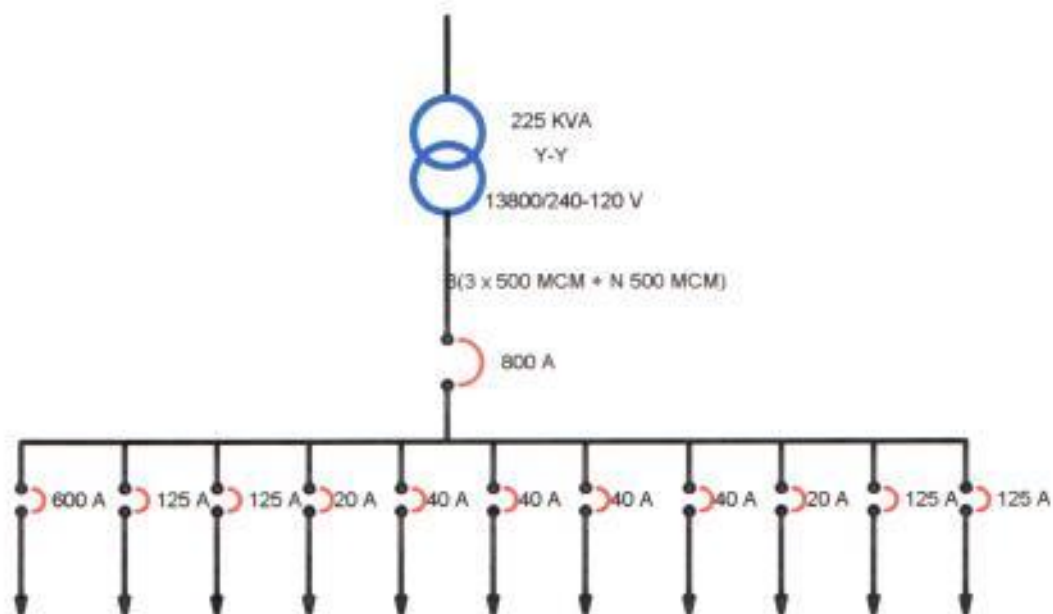
La regulación de voltaje se encuentra dentro de los límites tolerables.

### C. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 25 DE LOS INSTITUTOS MATEMATICAS - FISICA - QUIMICA - ICHE

#### a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (75 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 225 KVA
- Breaker principal de 800 Amp.

#### b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.



### c) ANALISIS DE DATOS.

Según los datos medidos de Potencia Activa, tomados el 6 de Septiembre (viernes); encontramos que solo hay capacidad en el banco de transformadores para un 50% de carga adicional; por lo cual concluimos que para este caso el banco se encuentra bien dimensionado en relación a la carga demandada.

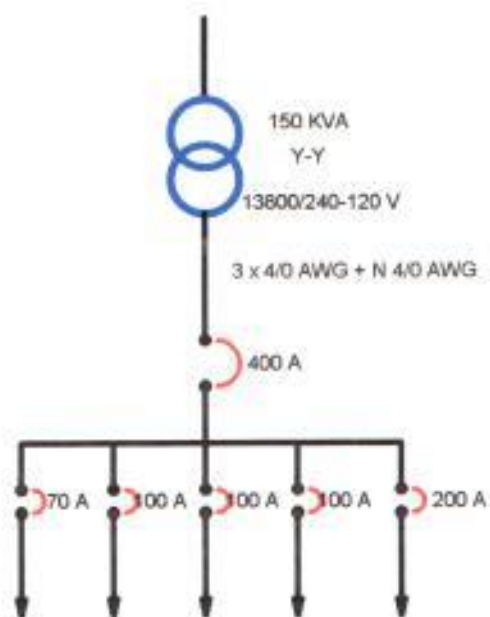
De las tablas y gráficos de corrientes de línea observamos que las cargas se encuentran bien balanceadas.

**D. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 20-C DE LA FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA**

**a) CARACTERISTICAS.**

- 3 Transformadores monofasicos (50 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 150 KVA
- Breaker principal de 400 Amp.

**b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.**



**c) ANALISIS DE DATOS.**

El consumo de potencia trifásica es muy baja con respecto a la capacidad del banco de transformadores, siendo ésta de tan solo en el mejor de los casos del 10%.

Debido a la capacidad del banco (150 KVA), se determina que los conductores que van al panel de distribución deberían ser  $3 \times 250 \text{ MCM} + 1 \text{N } 4/0$ .

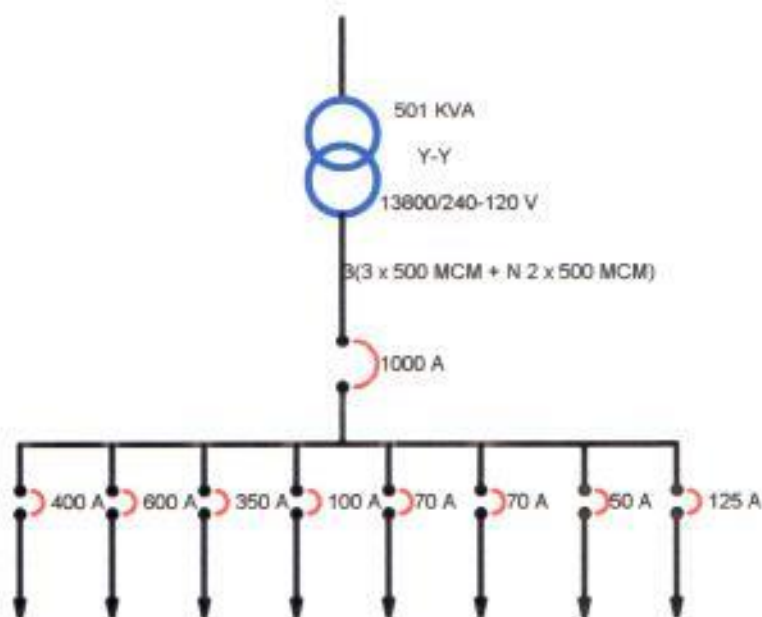
De los datos de corriente de línea, observamos que hay un cierto desbalance de carga en horas de la mañana, donde la línea 1 y la línea 3 poseen mayor flujo de corriente que la línea 2; pasado el medio día existe un mejor balance de carga en las líneas.

## E. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 2 DE LA BIBLIOTECA GENERAL DE INGENIERIAS

### a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (167 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 501KVA
- Breaker principal de 1000 Amp.

### b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.





### e) ANALISIS DE DATOS.

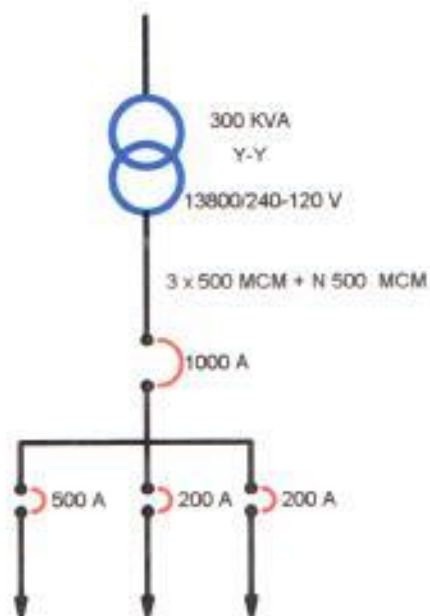
Observando las curvas de corriente vs. Factor de potencia por fase, se tiene que las están balanceadas ya que para intervalos iguales de tiempo se tienen valores similares de corrientes de carga.

Además observamos que en horas de la noche a partir de las 19h00 hasta las 5h00 de la mañana, existen intervalos de corriente pequeñas en la línea 2, lo que hace pensar que se trata del sistema de alarma o alguna carga, como es el caso de luminarias que por alguna razón, ésta se conecte y desconecte, lo que hace pensar que tenga algún desperfecto.

Analizando la curva de potencia activa, se observa que el valor máximo de la misma es 138 Kw, valor que, comparando con la capacidad total del banco de transformadores (540 Kw) representa apenas el 25 %, o lo que es lo mismo, el banco está sobredimensionado en un 400 %, esto también sucede con los conductores, cuyo calibre es demasiado mayor al que debería usarse.

**F. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 6 DE CESERCOMP****a) CARACTERISTICAS.**

- 3 Transformadores monofasicos (100 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 300 KVA
- Breaker principal de 1000 Amp.

**b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.**

### c) ANALISIS DE DATOS.

En este caso, se observa que las fases también están balanceadas, y se tiene un sobredimensionamiento notoriamente del banco de transformadores (330 Kw) del 300 % con respecto a la potencia máxima medida (90 Kw).

Debido a la importancia de este departamento, en lo que se refiere a banco de datos de la ESPOL, siempre está en operación, razón por lo que vemos en las lecturas y los gráficos que tiene carga conectada durante la noche y madrugada, aunque estas sean pequeñas. Esta carga puede corresponder a luminarias, a ciertas máquinas que se dejan prendidas toda la noche y también pueden ser por alarmas de seguridad.

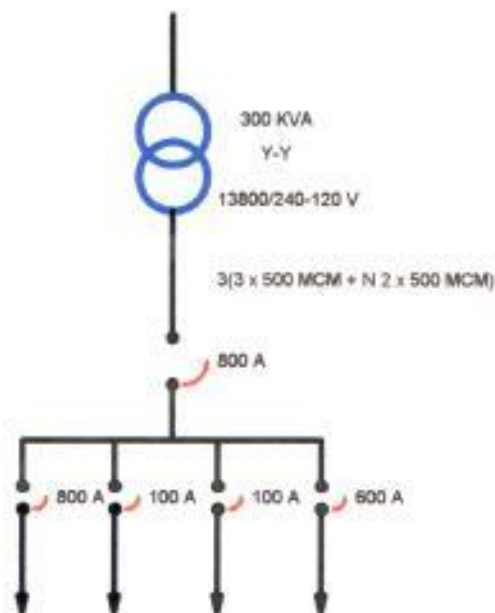
En término generales, no existen problemas de carga, solo el sobredimensionamiento tanto del banco de transformadores como de los conductores.

## G. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 57 TALLER DE FUNDICION FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

### a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (100 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 300 KVA
- Breaker principal de 800 Amp.

### b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.



### c) ANALISIS DE DATOS.

Con los datos medidos de potencia trifásica para la fecha de lectura, 7 de Octubre (Lunes), no podemos determinar con certeza el sobredimensionamiento del Banco, la máxima potencia medida ha sido de 8 KW en comparación con la capacidad del Banco la cual es de 300 KVA. Solo podemos asegurar que las cargas mayores no han entrado en funcionamiento en este día.

En horas laborables existen dos líneas con cargas similares (línea 2 y línea 3), encontrándose la línea 1 con una carga mayor que las dos anteriores en aproximadamente un 80%.

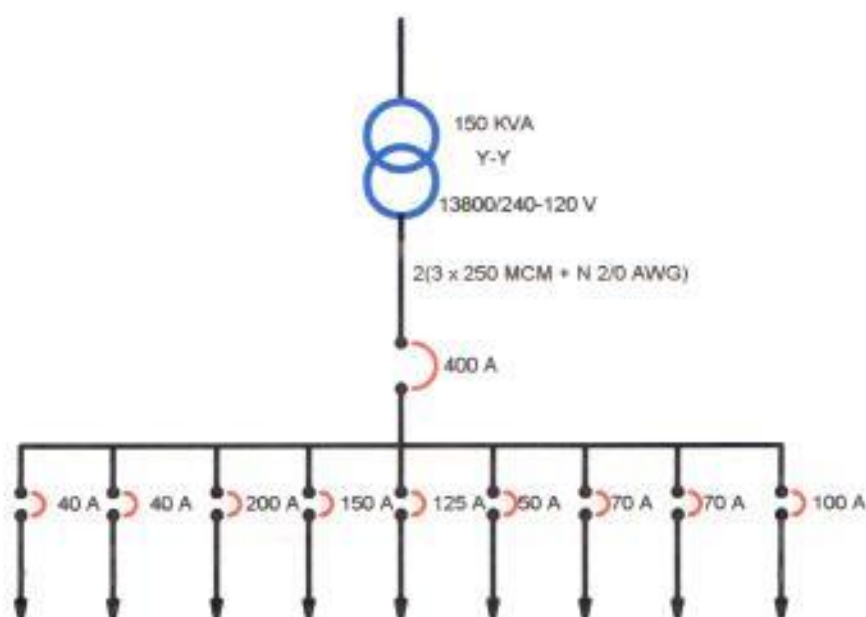
De los datos de Factor de Potencia Trifásico, observamos que estos están en valores muy por debajo del mínimo requerido (0.9). Se recomienda en este caso un estudio más detallado de las cargas instaladas y del Factor de Carga, para determinar las características del Banco de Capacitores automáticos; en el caso de que se requiera mejorar el Factor de Potencia.

## H. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO DE MANTENIMIENTO DE TECNOLOGIA

### a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (50 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 150 KVA
- Breaker principal de 400 Amp.

### b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.





### c) ANALISIS DE DATOS.

Con los datos de Potencia obtenidos, se ha determinado un sobredimensionamiento del 1000% aproximadamente, pero cabe señalar que en esta área de mantenimiento existe una carga de luminarias estimada en 15 KW, las cuales generalmente no funcionan debido a que no hay personal laborando en horas de la noche.

De los datos de corriente por línea concluimos que existe un buen balance de carga.

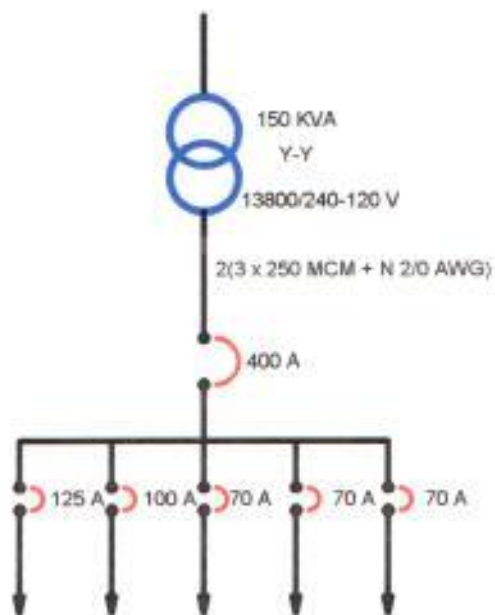
En horas laborables tenemos un buen Factor de Potencia, no así en la noche donde se encuentra por debajo del mínimo requerido.

# I. BANCO DE TRANSFORMADORES EN EDIFICIO # 34 TECNOLOGIA MECANICA

## a) CARACTERISTICAS.

- 3 Transformadores monofasicos (50 KVA c/u)
- Conexión Y-Y
- 13800/240-120 V
- 150KVA
- Breaker principal de 400 Amp.

## b) DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.



**c) ANALISIS DE DATOS.**

No existen datos suficientes para poder llegar a conclusiones concretas, cabe señalar que los días en que estuvieron conectados los equipos en este Banco, no estaba en funcionamiento este laboratorio.

### **III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES**

Básicamente en el análisis particular de cada banco de transformadores observamos un sobredimensionamiento en cada uno de ellos, esto se debe a que en un principio la ESPOI diseñó la alimentación eléctrica, incluyendo equipos de aire acondicionado en todos los edificios de la universidad, y dotar de un mayor número de laboratorios repartidos según las necesidades de cada especialización.

Como esto no se ha dado y probablemente el futuro de estas ampliaciones es incierto recomendamos se realice un estudio de las distancias de las cargas con respecto a los bancos de transformadores mas cercanos para de esta manera poder eliminar una determinada cantidad de bancos, que pueden ser almacenados, alquilados o vendidos según el análisis económico a realizarse para este efecto.

Otro de los puntos a tratar seria el de mantenimiento a los bancos de transformadores, esto es, una limpieza tanto de los transformadores como del lugar en el que se encuentran, ya que en muchos de los casos se ha encontrado que éstos se encuentran sucios; tambien se debería revisar las conexiones hacia los transformadores, revisar que los bushing no tengan rajaduras ni picaduras exageradas, en general una revisión a los accesorios de los transformadores.

**BIBLIOGRAFIA**

- GENERAL ELECTRIC, Distribution Power System. - 1994, ( 425 pgs. )
- TH. BUCHHOLD - H. HAPOLDT, Centrales y Redes Eléctricas, ( 665 pgs. )
- MANUAL DEL CVM STANDAR (CIRCUTOR)
- MANUAL DEL SET\_MEM (CIRCUTOR)