



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA, MENCIÓN  
GESTIÓN EMPRESARIAL**

**TITULO:**

**LEVANTAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS DE LOS BLOQUES  
DE AULAS Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN  
TÉCNICA PARA EL DESARROLLO Y PROPUESTA DE UN GRUPO  
ELECTRÓGENO ANTE UN EVENTO DE SUSPENSIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA**

**AUTOR:**

**VASQUEZ ANDRADE CRISTHIAN DAVID**

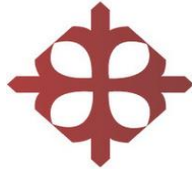
**“PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”**

**TUTOR:**

**ING. ORLANDO PHILCO ASQUI**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA, MENCIÓN  
GESTIÓN EMPRESARIAL  
CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Cristhian David Vásquez Andrade**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO con mención en gestión empresarial.

**TUTOR**

---

**Ing. Orlando Philco Asqui MSc.**

**REVISOR**

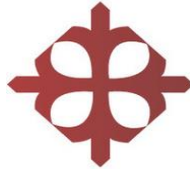
---

**Ing. Rafael Hidalgo Aguilar**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Armando Heras Sánchez**  
**Director de Carrera**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Cristhian David Vásquez Andrade**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación “**Levantamiento de las cargas eléctricas de los bloques de aulas y laboratorios de la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo y propuesta de un grupo electrógeno ante un evento de suspensión de energía eléctrica**”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que están al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de titulación referido.

**Guayaquil, a los 19 días del mes de Febrero del año 2015**

**EL AUTOR**

---

**Cristhian David Vásquez Andrade**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Cristhian David Vásquez Andrade**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Levantamiento de las cargas eléctricas de los bloques de aulas y laboratorios de la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo y propuesta de un grupo electrógeno ante un evento de suspensión de energía eléctrica”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 19 días del mes de Febrero del año 2015**

**EL AUTOR**

---

**Cristhian David Vásquez Andrade**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a Dios, porque él es mi preceptor de ideas, enciende mis pensamientos y está en cada instante de mi vida. A mi padre SUBOFC-RT David Vásquez Armas, a mi madre Mery Fabiola Andrade por ese apoyo total, de amor y sacrificio.

Un agradecimiento infinito al Ingeniero Orlando Philco Asqui, por todo el apoyo incondicional y por su tiempo de enseñanza en todo momento que lo necesite de sus conocimientos y experiencias para lograr el proyecto.

En fin agradezco a todos mis amigos que supieron alentarme en los malos momentos para que continuara con el proceso y llegar a culminar el propósito.

**Cristhian David Vásquez Andrade**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios ya que me brindo apoyo y fortaleza para no claudicar ante ninguna circunstancia de la vida, por permitirme el suficiente entendimiento.

A mis padres y a mi novia que siempre estuvieron en los buenos y en los malos momentos de mi vida.

A mis familiares por su aprecio y tiempo en los momentos más difíciles de mi vida, porque supieron entender y darme consejos para mi bienestar.

**Cristhian David Vásquez Andrade**

# **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Orlando Philco Asqui MSc.**

PROFESOR GUÍA Ó TUTOR

---

**Ing. Rafael Hidalgo Aguilar**

PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO**

**MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Orlando Philco Asqui MSc.**

**PROFESOR GUÍA Ó TUTOR**



## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTO .....                                    | IV  |
| DEDICATORIA .....                                       | V   |
| RESUMEN .....   | XIV |
| ABSTRACT .....  | XV  |
| CAPÍTULO 1 .....  | 1   |
| ASPECTOS GENERALES .....                                | 1   |
| 1.1 Introducción.....                                   | 1   |
| 1.2. Planteamiento del Problema.....                    | 2   |
| 1.3. Objetivos.....                                     | 2   |
| 1.3.1 Objetivo General .....                            | 2   |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                        | 3   |
| 1.4 Justificación.....                                  | 3   |
| 1.5. Tipo de Investigación.....                         | 3   |
| 1.6. Hipótesis.....                                     | 4   |
| 1.7 Alcance .....                                       | 4   |
| CAPÍTULO 2.....   | 5   |
| INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN .....        | 5   |
| 2.1 Subestación Eléctrica .....                         | 5   |
| 2.1.1 Estructura característica de una subestación..... | 6   |
| 2.2.1 Magnitudes Características .....                  | 13  |
| 2.2.2 Problemas fundamentales de la Aparamenta .....    | 14  |
| 2.2.3. El problema de los contactos .....               | 15  |
| 2.2.4 El problema de la ruptura.....                    | 15  |

|   |    |
|---|----|
| 2.3 Aparamenta de Maniobra .....  | 16 |
| 2.4 Aparamenta de Protección.....   | 18 |
| 2.5Técnicas de Ruptura .....  | 19 |
| 2.6. Estructura de subestación eléctrica de media tensión para industrias ..... | 20 |
| 2.7 Instalaciones eléctricas óptimas .....                                      | 21 |
| 2.7.1 El Factor de Potencia .....   | 23 |
| 2.7.2 La Potencia Reactiva .....  | 24 |
| 2.7.3 Naturaleza de la Potencia Reactiva.....                                   | 28 |
| 2.7.4 Potencia Reactiva de los condensadores.....                               | 30 |
| 2.7.5 Equipos y aparatos que requieren energía reactiva.....                    | 30 |
| 2.7.6 Valores prácticos de factor de potencia .....                             | 31 |
| 2.7.7 Fundamentos teóricos para mejorar el Factor de Potencia .....             | 32 |
| 2.7.8 Compensación en Baja Tensión.....   | 35 |
| CAPÍTULO 3.....   | 44 |
| RECOLECCIÓN DE POTENCIAS CONSUMIDAS DENTRO DE LA FETD .....                     | 44 |
| 3.1. Medición de voltaje .....  | 44 |
| 3.2. Parámetros de la calidad de energía. ....                                  | 50 |
| 3.3 Levantamiento de la Carga en la FETD-UCSG .....                             | 52 |
| 3.3.1 Desglose de levantamiento de carga potencia reactiva.....                 | 59 |
| 3.4 Dimensionamiento del generador eléctrico .....                              | 62 |
| CAPÍTULO 4.....   | 65 |
| DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO .....                                    | 65 |
| 4.1 Estudio de factibilidad técnica y económica .....                           | 65 |
| CONCLUSIONES.....   | 68 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| RECOMENDACIONES ..... | 69 |
| BIBLIOGRAFÍA.....     | 70 |
| GLOSARIO.....         | 71 |

|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 1. Ejemplo de subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.....  | 7  |
| Figura 2. 2. El diagrama unifilar para subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.....                         | 7  |
| Figura 2. 3. El diagrama unifilar para subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.....                         | 20 |
| Figura 2. 4. Diagrama vectorial actual.....  | 24 |
| Figura 2. 5. Diagrama vectorial de energía.....  | 25 |
| Figura 2. 6. Diagrama de potencia de cálculo.....  | 28 |
| Figura 2. 7. Un motor eléctrico requiere potencia activa P y la potencia reactiva Q del sistema de potencia..... | 29 |
| Figura 2. 8. Equipos consumidores que también requieren de energía reactiva.....                                 | 31 |
| Figura 2. 9. Mostrando las características esenciales de la corrección del factor de potencia.....               | 33 |
| Figura 2. 10. Diagrama que muestra el principio de compensación.....   | 34 |
| Figura 2. 11. Ejemplo de condensadores de compensación de valor fijo.....  | 36 |
| Figura 2. 12. Ejemplo de un equipo automático de compensación de regulación.....                                 | 37 |
| Figura 2. 13. El principio de control de compensación automática.....  | 39 |
| Figura 2. 14. Compensación Global.....   | 40 |
| Figura 2. 15. Compensación por sector.....   | 42 |
| Figura 3. 1. Voltajes de Línea a Línea.....  | 44 |
| Figura 3. 2. Corrientes de Línea a Línea.....  | 45 |
| Figura 3. 3. Potencia Activa.....  | 46 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3. 4. Potencia Reactiva.....                  | 46 |
| Figura 3. 5. Potencia Aparente.....                  | 47 |
| Figura 3. 6. Factor de Potencia.....                 | 48 |
| Figura 3. 7. Armónicos de Voltaje.....               | 49 |
| Figura 3. 8. Armónicos de Corriente.....             | 50 |
| Figura 4. 1. Grupo electrógeno marca Jhon Deere..... | 65 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2. 1. Calculo de potencia activa y reactiva.....                                      | 27 |
| Tabla 2. 2. Algunos valores de $\cos \phi$ y $\tan \phi$ , para equipos eléctricos .....    | 32 |
| Tabla 3. 1. Rangos de Voltaje.....  | 51 |
| Tabla 3. 2. Cargas del Bloque 1 (Laboratorio de automatismo-veterinaria) de la FETD .....   | 53 |
| Tabla 3. 3. Cargas del Bloque 2 (laboratorio carrera agropecuarias) de la FTD. ....         | 54 |
| Tabla 3. 4. Cargas del bloque 4 de la Facultad Técnica.....                                 | 55 |
| Tabla 3. 5. Cargas del Modulo 5 de la Facultad Técnica.....                                 | 56 |
| Tabla 3. 6. Cargas del Modulo 6 de la Facultad Técnica.....                                 | 57 |
| Tabla 3. 7. Cargas del Módulo 7 de la Facultad Técnica.....                                 | 58 |
| Tabla 3. 8. Demanda Total Instalada en la Facultad Técnica. ....                            | 59 |
| Tabla 3. 9. Cargas actuales por luminarias/lámparas en bloques de aulas y laboratorios..... | 60 |
| Tabla 3. 10. Calculo diario de cargas en bloque de aulas y laboratorios de la FETD.....     | 61 |
| Tabla 3. 11 datos del generador según su potencia.....                                      | 63 |
| Tabla 4. 1 Datos de grupo electrógeno.....  | 65 |
| Tabla 4. 2. Comparativo de precio de tres marcas de grupo electrógeno. ....                 | 67 |

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación determina la cantidad de carga reactiva y que de cierta forma es consumida por luminarias o lámparas instaladas en los bloques de aula de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (FETD) de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Al cuantificar la carga consumida por las luminarias, es posible conocer los kilovoltios amperios demandados, en base a ello es posible, determinar la capacidad o dimensionamiento de un grupo electrógeno, que podría operar en casos de la suspensión de energía eléctrica dentro del campus y específicamente en la FETD.

La metodología es descriptiva, por cuanto se detalla aspectos de consumo eléctrico, de factor de potencia, aspectos importantes para no producir pérdidas en el sistema eléctrico de la FETD. Como resultados obtenidos, los cálculos determinaron que se debe adquirir un grupo electrógeno de aproximadamente 30 kVA. Y en base a cotizaciones, se recomienda una marca en particular.

**Palabras claves:** kVA, factor de potencia, potencia reactiva, potencia activa, grupo electrógeno.

## **ABSTRACT**

This paper titration determines the amount of reactive load and quye certain way is consumed by lighting or lamps installed in classroom blocks, faculty of technical education for development (FETD) of the Catholic University Santiago de Guayaquil. By quantifying the load consumed by the lights, you may know the defendants kilovolt amperes, on this basis it is possible to determine the capacity or sizing a generator, which could operate in cases of electrical suspension campus and specifically in the fetd.

Is descriptive methodology, because aspects detailed power consumption, power factor, not to produce significant losses in the electrical system fetd aspects. As results, calculations determined that you must purchase a generator about 30 kVA. And based on contributions, a particular brand is recommended.

***Keywords: kva, power factor, reactive power, active power generator.***



# CAPÍTULO 1

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Introducción.

Dentro del campus de la Universidad Católica, el correcto desempeño de la gestión académica es vital, muchas Facultades se ha certificado en calidad y gestión administrativa, lo cual es un orgullo contar con dicha distinción, en sus planes de desarrollo institucional la UCSG y en particular cada Facultad, desea asegurar la acreditación de sus respectivas carreras.

La Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo (FETD), obtuvo un certificado ISO<sup>1</sup> 9001:2008, el cual garantiza gestión de calidad óptima en la FETD, se cumplen estándares como la eficacia de todas las vías de comunicación interna de la Facultad, este aspecto impulsa un crecimiento de la imagen de la institución ante el entorno, ya que hay mejores condiciones en el ambiente laboral, pero hoy en día se está produciendo un problema en los bancos de transformadores de la red eléctrica de la UCSG.

Se presentan cortes de energía eléctrica, y en el caso de la FETD, las labores se interrumpen, así mientras dure la suspensión eléctrica, se debe esperar por el restablecimiento que a veces tarda horas, sin duda un plan de contingencia, sería la de potenciar el generador eléctrico de la FETD y se podrá sobrellevar los cortes eléctricos, pero que sucede con los edificios de aulas y laboratorios, esta infraestructura, que ha crecido, sin duda tiene un panorama no óptimo, los profesores

---

<sup>1</sup> La Organización Internacional de Estandarización

no pueden entrar o salir del sistema, en las aulas no funcionarían aires acondicionados, proyectores, etc.

## **1.2. Planteamiento del Problema.**

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) en los últimos meses del año 2014 y primeros meses del año 2015, tiene constantes cortes o suspensión de energía eléctrica dentro del campus, este escenario afecta labores administrativas y académicas, pues no se puede predecir en qué momento se suspende el servicio eléctrico.

En los bloques (edificios) de aula y laboratorios de la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo (FETD) el ambiente de aprendizaje se altera, pues en muchas ocasiones es en la mañana y tarde de un mismo día no se tiene energía eléctrica, no funciona las lámparas, ni aire acondicionado, con la temperatura habitual de Guayaquil se hace difícil permanecer dentro del aula, el restablecimiento de la energía por lo regular es en una hora u hora y media, se conoce por el personal de mantenimiento de la UCSG, que los bancos de transformadores de la subestación eléctrica no opera de forma adecuada.

## **1.3. Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el levantamiento de cargas y potencia eléctrica de bloque de aulas y laboratorios de la FETD, y propuesta de un grupo electrógeno para suplir de energía en momentos de corte eléctrico.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Detallar la infraestructura eléctrica de baja tensión en los bloques de aula y laboratorios de la FETD.
- Levantar o recolectar valores de cargas y potencia eléctrica en bloque de aulas y laboratorios de la FETD.
- Proponer un grupo electrógeno para la FETD destinado a bloque de aulas y laboratorios.

### **1.4 Justificación.**

Es primordial identificar y cuantificar las cargas y consumos de potencia eléctrica en los bloques y laboratorios de la FETD para así proponer el dimensionamiento selección de grupos electrógenos, que mejorarían el entorno sin energía eléctrica, por lo menos para una autonomía de media hora. Tiempo más que suficiente para terminar una clase, abrir o cerrar el sistema académico. Terminar una práctica en el laboratorio, etc.

### **1.5. Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación es descriptiva porque se detalla y se describe infraestructura de baja tensión en bloque de aulas y laboratorios de la FETD. Además es sintético-analítico, ya que se debe especificar qué capacidad debe tener el grupo electrógeno en base a datos recogidos de cargas, potencia eléctricas etc.

## **1.6. Hipótesis.**

Las labores de laboratorio y de aprendizaje en los bloques de aula de la FETD, no se verán afectados en su totalidad, si se implementa un grupo electrógeno que supla de energía ante suspensiones de energía eléctrica en el campus.

## **1.7 Alcance**

Esta fuera del alcance de este trabajo de titulación, realizar estudios económicos del VAN y TIR, en el aspecto de saber cuándo se recuperaría la inversión por adquirir un grupo electrógeno. Esta fuera del alcance diseñar conexiones eléctricas de conmutación con tablero de distribución y de control. Tampoco el estudio y costo de obra civil para el cuarto del grupo electrógeno.

## **CAPÍTULO 2**

### **INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN**

Ya sea en plantas industriales o en los edificios, cada sistema de alimentación eléctrica depende de un suministro fiable de la electricidad. En el área industrial este aspecto se trata de reducir empleando infraestructura adecuada para generar electricidad, cuando se presentan un corte eléctrico en la red de suministro eléctrico o incluso un fallo de alimentación breve puede tener consecuencias incómodas, se puede producir paralización en la producción, generando pérdidas económicas.

#### **2.1 Subestación Eléctrica**

Un componente fundamental de la infraestructura eléctrica en media tensión, son las subestaciones eléctricas, estas infraestructuras son instalaciones encargadas de efectuar transformaciones del voltaje o tensión, de la frecuencia, del número de fases o la conexión de dos o más circuitos.

Las subestaciones pueden ser de dos tipos:

1. Subestaciones de transformación: son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores. Estas subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras de tensión.
2. Subestaciones de maniobra: son las encargadas de conectar dos o más circuitos y realizar sus maniobras. Por lo tanto, en este tipo de subestaciones no se transforma la tensión.

En la actualidad las subestaciones están en el interior de los edificios para ahorrar espacio y contaminación, en cambio, las instalaciones al aire libre están situadas en

las afueras de la ciudad. Hay que indicar que pueden existir dentro de una subestación dos formas de operar sea para aumentar o reducir la tensión.

### **Subestaciones transformadoras elevadoras**

Elevan la tensión generada de media a alta o muy alta para poderla transportar. Se encuentran al aire libre y están situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad.

La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV. Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión (66, 110, 220 ó 380 kV).

### **Subestaciones transformadoras reductoras**

Son subestaciones con la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.

La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (66, 110, 220 ó 380 kV). Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30kV).

#### **2.1.1 Estructura característica de una subestación**

Dentro de su estructura característica, se definen posiciones o etapas, por ejemplo la posición línea, la posición transformador, posición barras etc. En la figura 2.1 se aprecia un esquema de subestación eléctrica y en la figura 2.2 el diagrama unifilar de la subestación eléctrica.

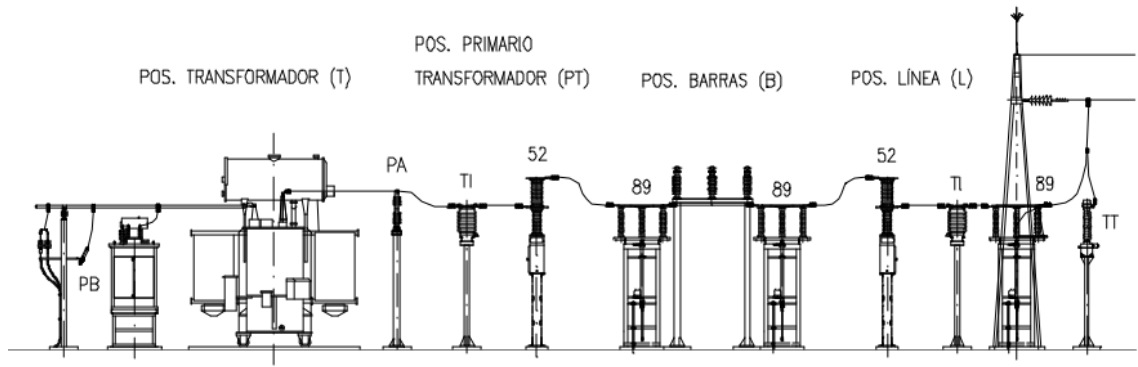


Figura 2. 1. Ejemplo de subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.

Fuente: Grupo TEI (2009)

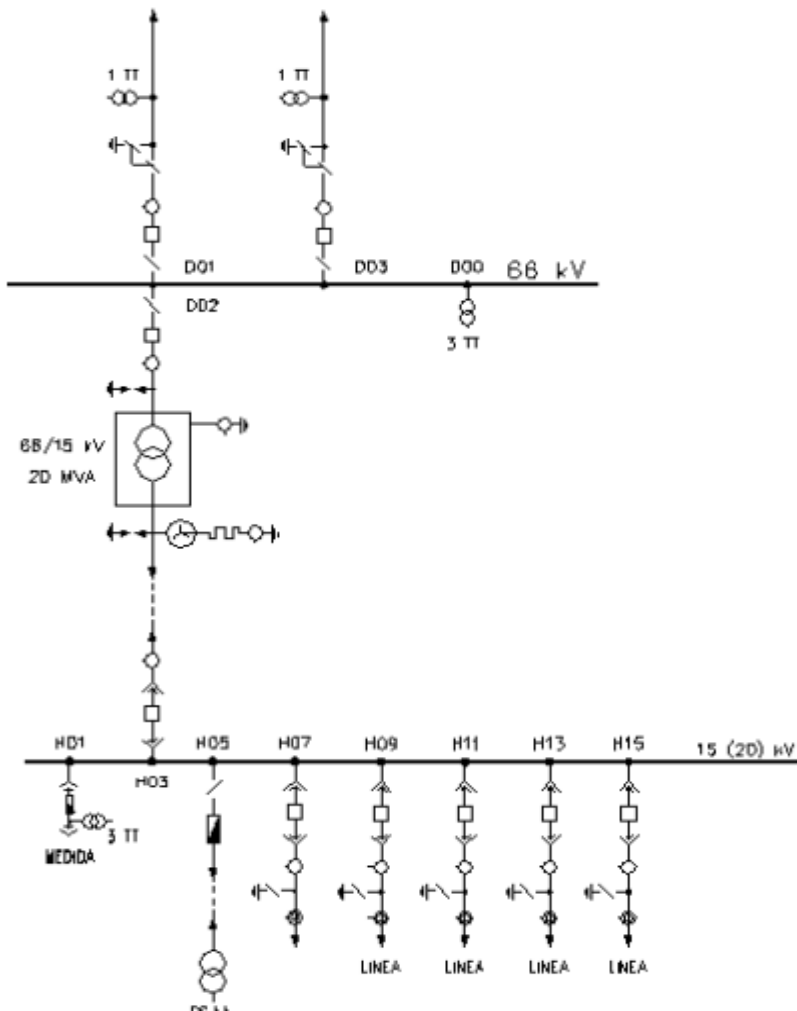


Figura 2. 2. El diagrama unifilar para la subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.

Fuente: Grupo TEI (2009)

Dentro de la subestación eléctrica, se tienen estos componentes:

- Posición/es línea
- Posición/es barras/celdas lado de alta.
- Posición/es primario transformador.
- Posición/es barras/celdas lado de baja.
- Servicios auxiliares, baterías, instalaciones de mando y control.

El funcionamiento de las subestaciones eléctricas no suele ser complicado y es como sigue:

La tensión de alimentación llegan a través de líneas eléctricas, provenientes de la central generadora o bien, de otra subestación eléctrica; a un par de torres con sus respectivos aisladores.

De aquí pasa por un juego de cuchillas y a los interruptores (según el número de interruptores). Si la medición es en el de alta tensión, en este tramo se encontrarían conectados los transformadores de potencia y los transformadores de corriente con sus respectivos pararrayos y sus medios de desconexión.

Según Martínez & Hernández (2011), aseguran que, “la conexión primaria del transformador es hecha posteriormente al interruptor. De la salida del transformador se conectan un juego de cuchillas y luego un interruptor, de donde fluirá la energía eléctrica a los circuitos de destino” (p. 28).

Los transformadores de potencia pueden ser; autos transformadores o transformadores convencionales de varios devanados, una instalación trifásica puede consistir de tres unidades monofásicas formando un banco trifásico.



Es la parte más importante de una subestación eléctrica, Enríquez (2005) señala que, “transforman el voltaje del sistema de un nivel nominal a otro y deben ser capaces de transportar el flujo de potencia en forma continua hacia una parte particular del sistema o hacia la carga (en su caso)” (p. 140).

Consta de dos bobinas de alambre no magnético aisladas entre si y montadas estas en un núcleo magnético, todo esto sumergido en aceite aislante contenido en un tanque, (También se construyen transformadores de tipo seco). Un transformador de potencia es el equipo más grande, complejo y también más costoso de los equipos utilizados en la subestación eléctrica.

El transformador puede ser utilizado como elevador de tensión o reductor de tensión, dependiendo esto de la relación de vueltas entre el devanado primario y el devanado secundario de sus bobinas: llamase primario siempre al embobinado que esté conectado siempre a la fuente de energía y secundario al que se conecta a la red de consumo.

Los valores nominales que definen a un transformador son:

- Potencia aparente (S)
- Tensión (V)
- Corriente (I)
- Frecuencia (f)

Ahora bien, en la salida de los transformadores de potencia y transformadores de corriente se acoplaran con:

- Los instrumentos de medida

- Los instrumentos de control
- Los componentes de protección

En la central de mando de la subestación eléctrica hay tres tableros que el operador debe supervisar de manera permanente; estos son:

**a) El tablero de medición:**

Se encuentran varios instrumentos de medición, como amperímetros, voltímetros, vatímetros, frecuencímetros, indicadores de regulación y los medidores de energía para cada circuito de la subestación.

**b) El tablero de protección:**

Aquí están localizados los relés que salvaguardan la subestación de varios tipos de fallas y los elementos de “reset” de los mismos.

Estos preparan la apertura de los interruptores en situaciones de falla, va incluido en este tablero los elementos de alarma y señalización de la subestación eléctrica.

**c) El tablero de control:**

Es una consola donde están situados un conjunto de conmutadores e interruptores de mando por donde el operador instituye, según las necesidades, el status de los circuitos de la subestación eléctrica abierto (frio) o cerrado (caliente).

Todas las subestaciones eléctricas de un sistema eléctrico de potencia, han de contar con los siguientes elementos auxiliares:

- Una red de comunicación con despacho de carga, las centrales generadoras y las demás subestaciones eléctricas. Este es un componente auxiliar indispensable para la operación de las subestaciones eléctricas.

- Una planta eléctrica de emergencia
- Un banco de baterías

El funcionamiento de la subestación eléctrica se limita a que, uno o dos transformadores reciban la energía a un determinado nivel de tensión y lo entregan al mismo a otro nivel según las características y el tipo de subestación.(Martínez & Hernández, 2011, p.29).

A continuación se describe una clasificación detallada de la Aparamenta Eléctrica:

## **2.2 Aparamenta Eléctrica**

Es el conjunto de aparatos de maniobra, de regulación y control, de medida, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas, utilizados en las instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión. En las redes de distribución y de baja tensión la función de la Aparamenta Eléctrica es garantizar la continuidad del suministro eléctrico, la protección de los elementos de la instalación y la seguridad de las personas. La Aparamenta Eléctrica está constituida por dispositivos capaces de efectuar al menos una de las siguientes operaciones: Maniobra, transformación o protección (UNED, 2008, p. 7).

### **Por su función:**

- De maniobra
- De protección
- De medida
- De regulación
- De control

- Bobinas de reactancia y condensadores

**Por su tensión:**

- De Baja Tensión (BT):  $\leq 1.000 \text{ V c.a.}, \leq 1.500 \text{ V c.c.}$
- De Media Tensión (MT): de 3 a 36 kV
- De Alta Tensión (AT): de 45 a 220 kV
- De Muy Alta Tensión (MAT):  $>220 \text{ kV}$

**Por su emplazamiento:**

- De montaje interior
- De montaje exterior o intemperie

**Por su tipo de protección:**

- No protegidos o abiertos
- Protegidos con envolvente metálica

**Por su utilización:**

- Instalaciones domésticas
- Instalaciones industriales
- Redes eléctricas de producción, transporte y distribución
- Seccionadores: Su misión consiste en aislar tramos de circuito de forma visible para que se pueda trabajar sobre los mismos sin peligro.

❖ Abren y cierran en vacío.

- ❖ Deben soportar la intensidad nominal de forma permanente y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Interruptores: Su misión consiste en abrir y cerrar el circuito en carga.
  - ❖ Deben soportar intensidades normales y de cortocircuitos, y ser capaces de interrumpir estas últimas.
  - ❖ Disyuntores: Interruptores automáticos accionados mediante relés.

En base a la clasificación de la Aparamenta eléctrica, una originaria de ella, es la Aparamenta de maniobra, que es cuando se aplica a los aparatos de conexión y apertura y a su combinación con aparatos de control, de medida, de protección y de regulación asociados a ellos, así como a los conjuntos de tales aparatos con las conexiones, accesorios, envolventes y soportes correspondientes destinados, en principio, a la maniobra de aparatos que utilizan energía eléctrica. Y donde una maniobra es, el paso de los contactos móviles de una posición a otra adyacente. Una maniobra podrá ser de cierre o de apertura.

### **2.2.1 Magnitudes Características**

Las características nominales o asignadas principales en la Aparamenta son:

- Tensión nominal
- Nivel de aislamiento
- Corriente nominal

A las que hay que añadir, en la Aparamenta de maniobra:

- Poder de corte

- Poder de cierre
- Corriente de corta duración admisible
- Secuencia de maniobra
- Intensidad límite térmica
- Intensidad límite dinámica

Y en la Aparamenta de protección y de medida:

- Clase de precisión

### **2.2.2 Problemas fundamentales de la Aparamenta**

Tres son los problemas fundamentales:

1. Calentamiento
2. Aislamiento
3. Esfuerzos mecánicos

#### **1. Calentamiento**

Comporta el estudio de los fenómenos que dan lugar en la Aparamenta a la producción de calor; efecto Joule, imantación alternativa, corrientes de *Foucault*, pérdidas dieléctricas, etc., así como de los medios de evacuación del mismo.

#### **2. Aislamiento**

Comprende el estudio del campo eléctrico, la influencia del medio ambiente y la alteración con el tiempo de las propiedades dieléctricas de los aislantes, así como el conocimiento y la aplicación de nuevos aislantes gaseosos, líquidos y sólidos. El

progreso de las máquinas y aparatos eléctricos está íntimamente ligado al desarrollo de nuevos materiales aislantes.

### **3. Esfuerzos mecánicos**

El problema de los esfuerzos mecánicos tiene su origen, por una parte, en las fuerzas electrodinámicas que se manifiestan entre conductores próximos cuando son recorridos por corrientes eléctricas y por otra en las dilataciones que los mismos experimentan al calentarse.

A estos problemas, la Aparamenta de maniobra añade otros dos más:

#### **2.2.3. El problema de los contactos**

El problema de los contactos está dominado por el hecho de que dos conductores puestos en contacto, solo ofrecen algunos puntos de pequeña superficie realmente apoyados uno contra el otro y a través de las cuales debe pasar la totalidad de la corriente.

La dureza superficial y las películas aislantes, de micras o décimas de micra, interpuestas implican nuevas dificultades e incrementan considerablemente la resistencia del contacto.

#### **2.2.4 El problema de la ruptura**

Viene impuesto por la inexorable necesidad de pasar por la formación de un arco eléctrico, fenómeno cuyo estudio constituye una de las partes de la electrotecnia más complejas.

## **2.3 Aparamenta de Maniobra**

Tiene por misión establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo condiciones previstas de servicio, sin daños significativos para el aparato y sin perturbar la explotación.

Se distinguen por la peculiaridad de su función, tres tipos fundamentales de aparatos:

1. Seccionadores
2. Interruptores
3. Contactores

### **1. Seccionador**

Aparato mecánico de conexión que por razones de seguridad, en posición de abierto asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas.

Un seccionador es capaz de abrir o cerrar un circuito cuando la corriente a interrumpir o establecer es despreciable o cuando no se produce ningún cambio notable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Debe ser capaz de soportar las corrientes que se presenten en condiciones normales del circuito y capaz de soportar durante un tiempo especificado, las corrientes que se presentan en condiciones anormales, como las de cortocircuito.

### **2. Interruptor**

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y circunstancialmente las condiciones específicas de sobrecarga en servicio, así como soportar, durante un tiempo determinado, intensidades tales como las de cortocircuito.



Es un aparato sin distancia de seccionamiento y en consecuencia aparecerá asociado a un seccionador.

Interruptor seccionador.- Interruptor que en posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador. También es llamado seccionador en carga.

### **3. Contactor**

Aparato mecánico de conexión, con una sola posición de reposo, que puede ser la de abierto o de cerrado, accionado por cualquier forma de energía, menos la manual, y capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, incluidas las condiciones de sobrecarga en servicio. Ciertos contactores pueden ser capaces de establecer o interrumpir corrientes de cortocircuito.

A tenor de la fuente de energía que obliga al contactor a mantener la posición de trabajo, se distinguen los siguientes tipos:

- ❖ Contactor electromagnético.- El esfuerzo lo suministra un electroimán.
- ❖ Contactor neumático.- El esfuerzo proviene de un dispositivo de aire comprimido, sin utilizar medios eléctricos.
- ❖ Contactor electro-neumático.- El dispositivo de aire comprimido es maniobrado por electroválvulas.
- ❖ Contactor con retención.- Una vez alcanzada la posición de trabajo, un dispositivo de retención impide su retorno cuando se deja de alimentar con la fuente de accionamiento.

Los contactores son aparatos capaces de efectuar elevados ciclos de maniobras eléctricas de cierre y apertura por hora.

## **2.4 Aparamenta de Protección**

Tiene como misión evitar o reducir, en la medida de lo posible, los efectos perjudiciales de las averías.

### **Interruptor automático**

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y de interrumpir o establecer corrientes anormales como las de cortocircuito.

### **Auto seccionador**

Aparato que abre un circuito de forma automática, cuando dicho circuito está sin tensión, dejando fuera de servicio automáticamente una parte de la red cuando detecta un número discreto de veces una sobre intensidad en la misma. Siempre será utilizado en coordinación con interruptores automáticos con reenganche.

### **Fusible**

Elemento que actúa por fusión dejando abierto al menos una fase del circuito, destinado a proteger una instalación o parte de ella contra sobre intensidades. Presenta una envoltura aislante y refractaria cerrada en sus extremos por dos cazoletas o tapaderas metálicas. En el interior se aloja el elemento fusible, compuesto por hilos de aleación especial de plata, arrollado sobre un soporte de material aislante y refractario.

Entre el hilo y la envoltura se encuentra una materia inerte (arena de cuarzo) que contribuye a la extinción del arco en el momento de la fusión. Dispone de un

percutor para señalar su fusión o para actuar sobre otros dispositivos y provocar la apertura de un interruptor.

### **Seccionador-fusible**

Aparato mecánico en el que el contacto móvil está formado por un elemento recambiable. Su maniobra es manual mediante pértiga.

### **Rupto-fusible**

Interruptor que en su posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador, en el que uno o más polos poseen un fusible en serie, en un aparato combinado. Su maniobra es exclusivamente manual.

## **2.5 Técnicas de Ruptura**

Las principales técnicas de ruptura utilizadas en los interruptores automáticos son:

- Ruptura en el aire
  - ❖ De ruptura brusca
  - ❖ Con soplado magnético
  - ❖ Con soplado auto neumático
- Ruptura en aceite
- Ruptura por aire comprimido
- Ruptura en exa-fluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- Ruptura en vacío
- Ruptura estática

## 2.6. Estructura de subestación eléctrica de media tensión para industrias

Las subestaciones eléctricas que se implementa en las industrias se pueden clasificar por el tipo de instalación, estas pueden ser:

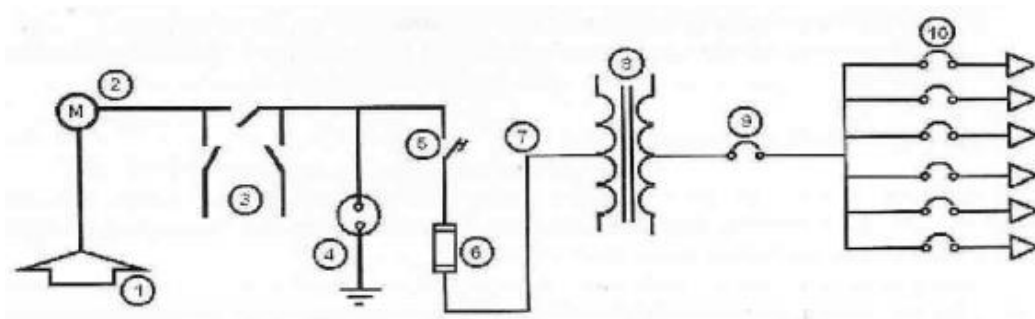
- a. Tipo intemperie
- b. Tipo interior
- c. Tipo blindado

Tipo Intemperie: Se encuentra al aire libre sometida directamente a los diferentes cambios atmosféricos. Sus características de diseño son acordes a la zona de instalación.

Tipo Interior: Se instalan en edificios, fábricas pequeñas, sistemas de bombeo y en general en lugares en donde la carga demandada no sobrepase los 1000 kVA, limitación impuesta por la temperatura del local donde estará contenida.

Tipo Blindada: Se emplea en instalaciones sujetas a altos riesgos como son las áreas peligrosas

Un diagrama unifilar típico de una subestación eléctrica industrial 66/15 kV en media tensión, se lo aprecia en la figura 2.3.



**Figura 2. 3. El diagrama unifilar para la subestación eléctrica 66/15 kV de intemperie.**

Fuente: Grupo TEI (2009)

1. Acometida
2. Equipo de medición en M.T. (Más de 200 kW de demanda contratada).
3. Cuchillas de prueba y paso.
4. Pararrayos
5. Interruptor de operación (con carga).
6. Fusibles de potencia (con percutor).
7. Sección de acoplamiento.
8. Transformador.
9. Interruptor general de B.T.
10. Interruptores derivados de B.T.

## **2.7 Instalaciones eléctricas óptimas**

En una instalación eléctrica, los elementos que la componen pueden actuar como consumidores, que utilizan la potencia eléctrica (activa) de la red como fuente de energía de alimentación (computadores, impresoras, aparatos de diagnóstico, etc.), o como convertidor en otra forma de energía (p. ej., lámparas o calentadores eléctricos) o en trabajo útil (ej., motores eléctricos). Para que esto ocurra, generalmente es necesario que el elemento de la instalación intercambie con la red (con un consumo neto nulo) energía reactiva principalmente de tipo inductivo (ABB, 2008, p.2)

Esta energía, incluso si no se convierte inmediatamente en otras formas, contribuye a incrementar la potencia total que transita la red eléctrica, desde los generadores, a lo largo de todas las líneas eléctricas, hasta los elementos que la utilizan. Para atenuar

este efecto negativo es necesaria la corrección del factor de potencia en las instalaciones eléctricas.

La corrección, mediante el uso de baterías de condensadores para generar en el sitio la energía reactiva necesaria para la transferencia de potencia eléctrica útil, permite una gestión técnico-económica mejor y más racional de las instalaciones.

Además, la actual difusión de equipos de corriente continua, como circuitos electrónicos y convertidores para accionamientos eléctricos, conlleva la generación de armónicos de corriente que se vierten en la red, con la consiguiente contaminación y distorsión de las formas de onda de otras cargas asociadas. Por ello, el uso de filtros para armónicos, ya sean pasivos o activos, contribuye a mejorar la calidad de potencia total de la red, efectuando también la corrección a la frecuencia de red si dichos filtros se encuentran debidamente dimensionados.

Ciertamente los equipos conectados a una red eléctrica tienen características inductivas (corriente en atraso al voltaje), consumen corriente y necesitan magnetizar sus elementos internos, inductores, capacitores, campos magnéticos etc., aumentando la necesidad de magnetizar conforme se coloca más equipo a la red. Esta energía que magnetiza los elementos internos se le conoce como reactiva, en general Potencia Reactiva. Cuanto mayor sea el consumo de energía reactiva, peor será el aprovechamiento de la energía recibida por los equipos. El Factor de Potencia es un indicador de dicho aprovechamiento, el cual puede tomar valores entre 0 y 1. Por ejemplo, si el factor de Potencia es igual a 0.80, indica que del total de la energía suministrada (100%) sólo el 80% de esa energía es aprovechada en trabajo útil.

La potencia reactiva no ejerce ningún beneficio, va y viene de la carga a la fuente, pero es muy necesario para el correcto funcionamiento del equipo, esta energía reactiva aumenta constantemente en la hora pico (4:00 p.m. a 7:30 p.m.) haciendo que el voltaje en la red disminuya como consecuencia del aumento de corriente y consumo de más reactiva. En algunos casos el usuario residencial se ve afecto al reducirse el voltaje, pero una industria (grandes clientes) se ve aún más afectada si no corrige este problema.

### 2.7.1 El Factor de Potencia

El factor de potencia es un indicador de la calidad del diseño y la gestión de una instalación eléctrica. Se basa en dos conceptos muy básicos: potencia activa y aparente.

La **potencia activa P (kW)** es el verdadero poder de transmisión a las cargas como motores, lámparas, calentadores, y las computadoras. La potencia activa eléctrica se transforma en energía mecánica, calor o luz.

En un circuito donde la tensión eficaz aplicada es  $V_{rms}$  y los rms corriente circulante es  $I_{rms}$ , el **S potencia aparente (kVA)** es el producto:  $V_{rms} \times I_{rms}$ .

La potencia aparente es la base para la clasificación equipo eléctrico.

El **factor de potencia  $\lambda$**  es la relación de la potencia activa P (kW) a la potencia aparente S (kVA):

$$\lambda = \frac{P(kW)}{S(kVA)}$$

La carga puede ser un solo elemento que consuma energía, o una serie de elementos (por ejemplo, una instalación completa). El valor de factor de potencia estará en el intervalo de 0 a 1.

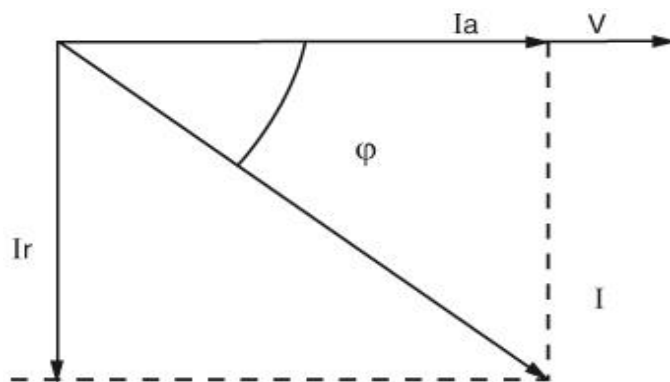
### 2.7.2 La Potencia Reactiva

Para la mayoría de las cargas eléctricas como motores, la corriente que se está quedando atrás la tensión  $V$  por un ángulo  $\phi$ .

Si corrientes y tensiones son perfectamente señales sinusoidales, un diagrama vectorial se puede utilizar para la representación. En este diagrama de vector, el vector de corriente se puede dividir en dos componentes: uno en fase con el vector de voltaje (componente  $I_a$ ), uno en cuadratura (quedando por 90 grados) con el vector de voltaje (componente  $I_r$ ). Ver figura 2.4

$I_a$  una se llama el **activo** componente de la corriente.

$I_r$  se llama el **reactivo** componente de la corriente.



**Figura 2. 4. Diagrama vectorial actual**

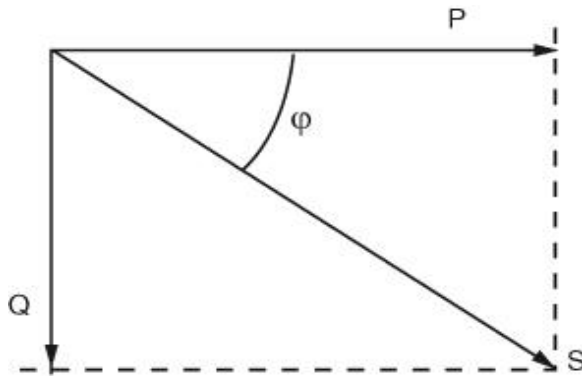
Fuente: Schneider Electric (2013)

El diagrama anterior elaborado por las corrientes también se aplica a los voltajes, multiplicando cada corriente por el voltaje común  $V$ . Ver figura 2.5.



Así se define:

- **Potencia aparente** :  $S = V \times I$  (kVA)
- **Potencia activa** :  $P = V \times I_a$  (kW)
- **La potencia reactiva** :  $Q = V \times I_r$  (kVAr)



**Figura 2. 5. Diagrama vectorial de energía**

Fuente: Schneider Electric (2013)

En este diagrama, se puede observar que:

- **Factor de Potencia** :  $P/S = \cos \varphi$

Esta fórmula es aplicable para tensión sinusoidal y actual. Por ello, el factor de potencia es designado entonces como "Factor de potencia de desplazamiento".

- $Q/S = \sin \varphi$
- $Q/P = \tan \varphi$

Se obtiene una fórmula sencilla, que une la potencia aparente, activa y reactiva:

- $S^2 = P^2 + Q^2$

Un factor de potencia cercano a la unidad significa que la potencia aparente S es mínimo. Esto significa que la calificación de equipo eléctrico es mínimo para la

transmisión de una potencia dada  $P$  activa a la carga. La potencia reactiva es entonces pequeño en comparación con la potencia activa.

Un valor bajo del factor de potencia indica la condición opuesta.

Fórmulas útiles (para cargas equilibradas y casi equilibradas en sistemas de 4 hilos):

▪ **La potencia activa  $P$**  (en kW)

- Monofásico (1 fase y neutro):  $P = VI \cos \varphi$

- Monofásica (fase a fase):  $P = VI \cos \varphi$

- Trifásico (3 hilos o 3 hilos + neutro):  $P = \sqrt{3} \cdot VI \cos \varphi$

▪ **Potencia reactiva  $Q$**  (en kVAr)

- Monofásico (1 fase y neutro):  $Q = VI \sin \varphi$

- Monofásica (fase a fase):  $Q = VI \sin \varphi$

- Trifásico (3 hilos o 3 hilos + neutro):  $Q = \sqrt{3} \cdot VI \sin \varphi$

▪ **Potencia aparente  $S$**  (en kVA)

- Monofásico (1 fase y neutro):  $S = VI$

- Monofásica (fase a fase):  $S = VI$

- Trifásico (3 hilos o 3 hilos + neutro):  $S = \sqrt{3} \cdot VI$

Dónde:

$V$  = Tensión entre fase y neutro

$U$  = Tensión entre fases

$I$  = Línea actual

$\varphi$  = ángulo de fase entre los vectores  $V$  y  $I$ .

Un ejemplo de los cálculos de potencia se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 2. 1. Calculo de potencia activa y reactiva**

| TIPO DE CIRCUITO                         |                                      | Potencia aparente S (kVA) | La potencia activa P (kW)                          | Q Potencia reactiva (kVAr)    |
|--|--------------------------------------|---------------------------|--|-------------------------------|
| Monofásico (fase y neutro)               |                                      | $S = VI$                  | $P = VI \cos \varphi$                              | $Q = VI \sin \varphi$         |
| Monofásica (fase a fase)                 |                                      | $S = VI$                  | $\cos P = VI \varphi$                              | $Q = VI \sin \varphi$         |
| Ejemplo                                  | 5 kW de carga                        | 10 kVA                    | 5 kW   | 8,7 kVAr                      |
|  | $\cos \varphi = 0,5$                 |                           |  |                               |
| Trifásicos de 3 hilos o 3 hilos + neutro |                                      | $S = \sqrt{3}VI$          | $P = \sqrt{3} \cos \varphi$ de interfaz de usuario | $Q = \sqrt{3}VI \sin \varphi$ |
| Ejemplo                                  | Motor PN = 51 kW                     | 65 kVA                    | 56 kW  | 33 kVAr                       |
|  | $\cos \varphi = 0,86$                |                           |  |                               |
|  | $\rho = 0,91$ (eficiencia del motor) |                           |  |                               |

**Nota:** Ejemplo en el cálculo de la potencia activa y reactiva. Fuente: Schneider Electric (2013)

Los cálculos para el ejemplo de tres fases anteriormente son como sigue:

$P_n$  = entregado eje de potencia = 51 kW

$P$  = potencia activa consumida

$$P = \frac{P_n}{\rho} = \frac{51}{0.91} = 56 \text{ kW}$$

S = potencia aparente

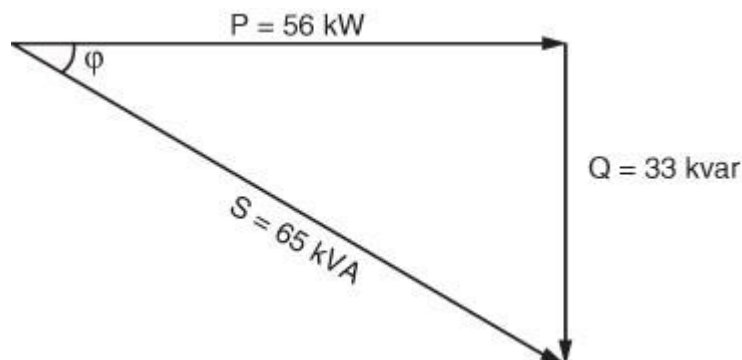
$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{56}{0.86} = 65 \text{ kVA}$$

Así que, en referencia al diagrama de la tabla 2.1 o el uso de una calculadora de bolsillo, el valor de  $\tan \phi$  correspondiente a un  $\cos \phi$  de 0,86 se encuentra que es 0,59

$$Q = P \tan \phi = 56 \times 0,59 = 33 \text{ kVAR}$$

Alternativamente:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{65^2 - 56^2} = 33 \text{ kvar}$$



**Figura 2. 6. Diagrama de potencia de cálculo**

Fuente: Schneider Electric (2013)

### 2.7.3 Naturaleza de la Potencia Reactiva

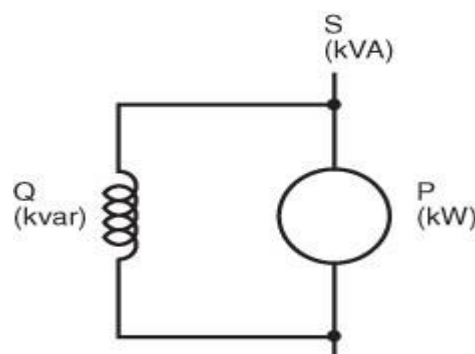
Todas las máquinas de inducción electromagnética y los dispositivos que funcionan con sistemas de corriente alterna convierten la energía eléctrica a partir de los sistemas de generación de energía en trabajo mecánico y el calor. Esta energía se mide por metros kWh, y se conoce como energía "activa".

Para llevar a cabo esta conversión, los campos magnéticos tienen que establecerse en las máquinas. El campo magnético es creado por la circulación de la corriente en las bobinas, que son principalmente inductivo. Por consiguiente, el actual en estas bobinas se está quedando en un  $90^\circ$  respecto a la tensión, y representan la corriente reactiva absorbida por la máquina.

Cabe señalar que mientras que la corriente reactiva no consume energía desde el sistema, que no causa pérdidas de potencia en sistemas de transmisión y de distribución mediante el calentamiento de los conductores.

En los sistemas de energía prácticos, las corrientes de carga son invariablemente inductivo, y las impedancias de los sistemas de transmisión y distribución predominantemente inductiva así. La combinación de la corriente que pasa a través de un inductiva reactancia inductiva produce las peores condiciones posibles de caída de tensión (es decir, en oposición de fase directa a la tensión de sistema).

Por estas dos razones (las pérdidas de potencia de transmisión y la caída de tensión), los operadores de redes trabajan para reducir la cantidad de reactivo (inductiva) actual tanto como sea posible.



**Figura 2. 7. Un motor eléctrico requiere potencia activa P y la potencia reactiva Q del sistema de potencia**

**Fuente: Schneider Electric (2013)**

#### **2.7.4 Potencia Reactiva de los condensadores**

La corriente que fluye a través de los condensadores está liderando la tensión en  $90^\circ$ . El vector de corriente correspondiente es entonces en la oposición al vector actual de cargas inductivas. Es por esto que los condensadores se utilizan comúnmente en los sistemas eléctricos, con el fin de compensar la potencia reactiva absorbida por las cargas inductivas, tales como motores.

La energía inductiva reactiva es convencionalmente positiva (absorbida por una carga inductiva), mientras que el poder-reactiva capacitiva es negativo (suministrado por una carga capacitiva).

Como cargas reactiva inductiva y reactancia de línea son responsables de las caídas de tensión, corrientes reactivas capacitivas tienen el efecto inverso en los niveles de tensión y producen tensión rascacielos en sistemas de potencia.

#### **2.7.5 Equipos y aparatos que requieren energía reactiva**

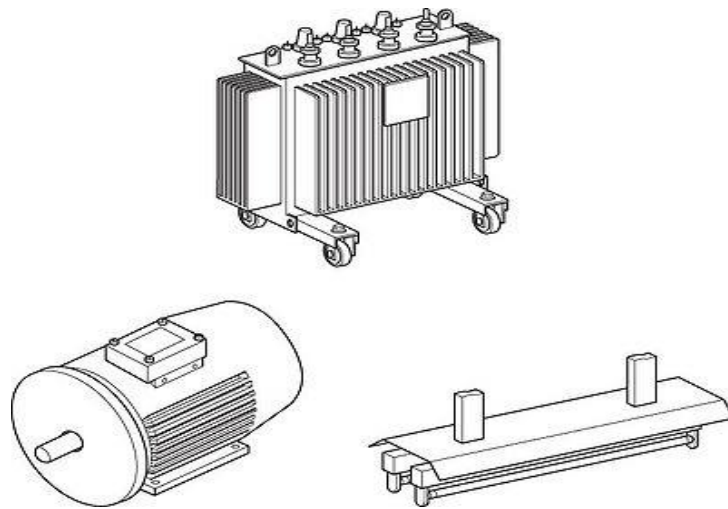
Todos los equipos de aire acondicionado y electrodomésticos que incluyen dispositivos electromagnéticos, o dependen de bobinados con acoplamiento magnético, requieren cierto grado de intensidad reactiva para crear flujo magnético.

Los elementos más comunes de esta clase son los transformadores, reactores, motores y lámparas de descarga con balastos magnéticos (ver figura 2.8).

La proporción de la potencia reactiva (kVAr) con respecto a la potencia activa (kW) cuando un equipo está completamente cargada varía según el artículo que se trate:

- 65-75% para motores asíncronos (correspondientes a un factor de potencia 0,8-0,85).

- 5-10% para los transformadores (correspondiente a un factor de potencia cercano a 0.995).



**Figura 2. 8. Equipos consumidores que también requieren de energía reactiva**

Fuente: Schneider Electric (2013)

### 2.7.6 Valores prácticos de factor de potencia

| Equipos y aparatos                              |            |      | cos $\phi$ | tan $\phi$ |
|---|------------|------|------------|------------|
| ▪ Motor de inducción común                      | cargado en | 0%   | 0.17       | 5.80       |
|   |            | 25%  | 0.55       | 1.52       |
|   |            | 50%  | 0.73       | 0.94       |
|   |            | 75%  | 0.80       | 0.75       |
|   |            | 100% | 0.85       | 0.62       |
| ▪ Las lámparas incandescentes                   |            |      | 1,0        | 0          |
| ▪ Las lámparas fluorescentes (sin compensación) |            |      | 0,5        | 1,73       |
| ▪ Las lámparas fluorescentes (compensada)       |            |      | 0,93       | 0,39       |
| ▪ Las lámparas de descarga                      |            |      | 0,4 a 0,6  | 2,29-1,33  |
| ▪ Hornos utilizando elementos de resistencia    |            |      | 1,0        | 0          |
| ▪ Hornos de calentamiento por inducción         |            |      | 0,85       | 0.62       |
|   |            |      | 0,85       | 0.62       |

|   |  |  |           |             |
|---|--|--|-----------|-------------|
| (compensada)  |  |  |           |             |
| ▪ Hornos de calentamiento del tipo de dieléctrico   |  |  |           |             |
| ▪ Máquinas de soldadura de tipo Resistencia         |  |  | 0,8 a 0,9 | Desde 0,75  |
| ▪ 1 fase conjunto soldadura de arco fijo            |  |  | 0,5       | hasta 0,48  |
| ▪ Soldadura de arco grupo motor-generador           |  |  | 0,7 a 0,9 | 1,73        |
| ▪ Arc-soldadura conjunto transformador-rectificador |  |  | 0,7 a 0,8 | 1,02 a 0,48 |
|   |  |  |           | 1,02 a 0,75 |
| ▪ Horno de Arco                                     |  |  | 0.8       | 0.75        |

**Tabla 2. 2. Algunos valores de  $\cos \phi$  y  $\tan \phi$ , para equipos eléctricos**

**Nota: Valores de  $\cos \phi$  y tangente  $\phi$  para equipos de uso común.** Fuente: Schneider Electric (2013)

En la tabla 2.2, se detallan valores promedio del factor de potencia de los equipos y electrodomésticos más comúnmente utilizados.

### 2.7.7 Fundamentos teóricos para mejorar el Factor de Potencia

Mejorar el factor de potencia de una instalación requiere un banco de condensadores que actúa como una fuente de energía reactiva. Este arreglo se expresa para proporcionar compensación de energía reactiva

Una carga inductiva que tiene un bajo factor de potencia requiere los generadores y sistemas de transmisión/distribución para pasar corriente reactiva (retrasada respecto a la tensión del sistema en  $90^\circ$ ) con las pérdidas de energía asociadas y caídas de tensión exageradas. Si un banco de condensadores en derivación se añade a la carga, su (capacitivo) de la corriente reactiva tomará el mismo camino a través del sistema de potencia que el de la corriente reactiva de la carga. Este  $I_c$  corriente capacitiva (que lleva el voltaje del sistema en  $90^\circ$ ) se encuentra en la fase de oposición directa a la carga reactiva actual ( $I_L$ ). Los dos componentes fluyen a través del mismo camino se cancelarán entre sí, de tal manera que si la batería de condensadores es suficientemente grande y  $I_c = I_L$ , no habrá flujo de corriente reactiva en el sistema de



aguas arriba de los condensadores. Esto se indica en la figura 2.9(a) y (b) que muestran el flujo de los componentes reactivos de la corriente solamente.

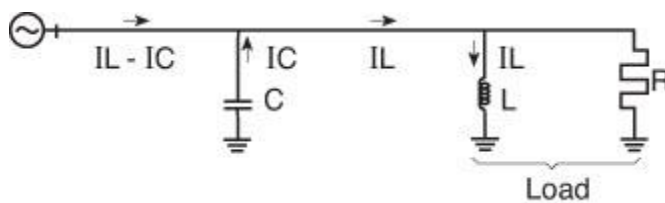
En esta figura:

R: representa los elementos de energía activa de la carga

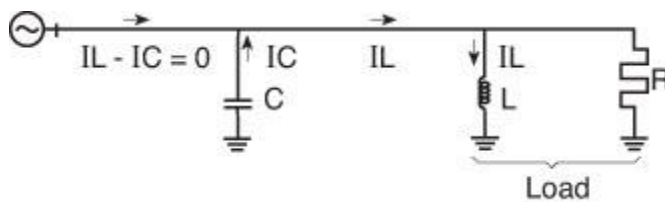
L: representa el (inductivo) elementos de potencia reactiva de la carga

C: representa el (capacitivo) elementos que reaccionan con el poder de los equipos de corrección del factor de potencia (es decir, condensadores).

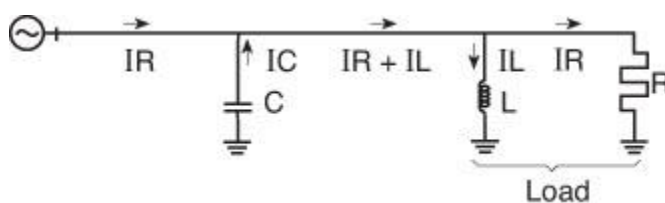
a) los componentes de la corriente reactiva sólo patrón de flujo



b) Cuando  $I_C = I_L$ , toda la potencia reactiva se suministra desde el banco de condensadores



c) Con la corriente de carga añadida al caso (b)



**Figura 2. 9. Mostrando las características esenciales de la corrección del factor de potencia**

Fuente: Schneider Electric (2013)

Se verá en el diagrama de la figura 2.10, que el banco de condensadores C parece ser el suministro de toda la corriente reactiva de la carga. Por esta razón, los condensadores se refieren a veces como "generadores de vARr principales".

Además se ha añadido el componente de corriente de la potencia activa, y muestra que el (totalmente compensada) de carga aparece al sistema de potencia como tener un factor de potencia de 1.

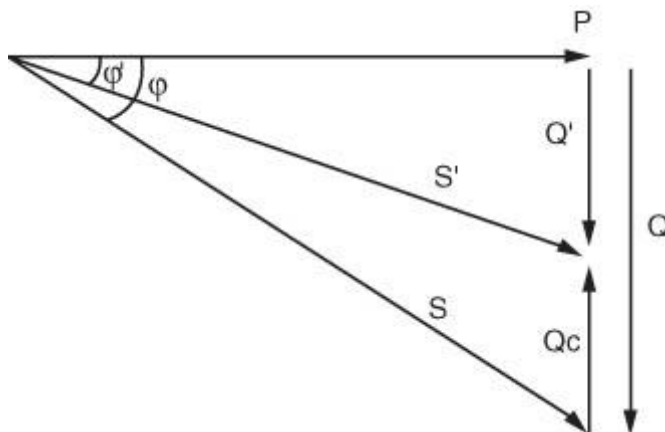
En general, no es económico compensar plenamente a una instalación.

La figura 2.10, utiliza el diagrama de potencia (ver figura 2.13) para ilustrar el principio de la compensación mediante la reducción de una gran potencia reactiva Q a un valor más pequeño 'por medio de un banco de condensadores que tienen una potencia reactiva Qc.

De este modo, la magnitud de la potencia aparente S se ve reducido a S'.

Qc se puede calcular por la siguiente fórmula deducida a partir de la figura L9:

$$Q_c = P \cdot (\tan(\varphi) - \tan(\varphi'))$$



**Figura 2. 10. Diagrama que muestra el principio de compensación:  $Q_c = P (\varphi \tan - \tan \varphi ')$**

Fuente: Schneider Electric (2013)

**Ejemplo:**

Un motor consume 100 kW a un factor de potencia de 0,75 (es decir,  $\tan \varphi = 0,88$ ). Para mejorar el factor de potencia de 0,93 (es decir,  $\tan \varphi = 0,4$ ), la potencia reactiva de la batería de condensadores debe ser:  $Q_c = 100 (0,88 - 0,4) = 48 \text{ kVAr}$ .

El nivel seleccionado de la indemnización y el cálculo de la calificación para la batería de condensadores dependerá de la instalación particular. Los factores que requieren atención se explican de una manera general en la cláusula 5, y en los puntos 6 y 7 para los transformadores y motores.

**Nota:** Antes de iniciar un proyecto de compensación, se debe observar una serie de precauciones. En particular, el sobredimensionamiento de los motores debe evitarse, así como el funcionamiento sin carga de los motores. En esta última condición, la energía reactiva consumida por unos resultados de motor en un factor de potencia muy baja ( $\approx 0,17$ ); esto es porque el kW tomada por el motor (cuando se descarga) son muy pequeñas.

**2.7.8 Compensación en Baja Tensión**

En baja tensión, la compensación es la siguiente:

- Condensador de valor fijo
- Equipo proporcionar regulación automática o bancos que permiten el ajuste continuo de acuerdo a los requisitos, como la carga de los cambios de instalación

**Nota:** Cuando la potencia reactiva instalada de indemnización superior a 800 kVAr, y la carga es continua y estable, que se encuentra a menudo a ser económicamente ventajoso instalar baterías de condensadores en el nivel de media tensión

### 2.7.8.1 Condensadores fijos

La compensación puede ser llevada a cabo por un valor fijo de la capacitancia en circunstancias favorables. Esta disposición emplea uno o más condensadores (s) para formar un nivel constante de compensación. El control puede ser:

- Manual: mediante interruptor automático o interruptor de corte en carga
- Semi-automático: por contactor
- Conexión directa a un aparato y cambió con él

Estos condensadores se aplican:

- En los terminales de los dispositivos inductivos (motores y transformadores)
- En barras que abastecen numerosos pequeños motores y aparato inductivo para que la compensación individual sería demasiado costoso
- En los casos donde el nivel de carga es razonablemente constante



**Figura 2. 11. Ejemplo de condensadores de compensación de valor fijo**

Fuente: Schneider Electric (2013)

### **2.7.8.2 Banco de capacitores automáticos**

La compensación es más comúnmente efectuado por medio de un controlador de forma automática y escalonada (banco de condensadores). Este tipo de equipo ofrece un control automático de la indemnización, mantener el factor de potencia dentro de límites estrechos alrededor de un nivel seleccionado. Dicho equipo se aplica en los puntos en una instalación donde las variaciones de energía activa y / o reactiva potencia son relativamente grandes, por ejemplo:

- En las barras de un tablero de distribución de energía en general
- En los terminales de un cable alimentador de fuertemente cargado



**Figura 2. 12. Ejemplo de un equipo automático de compensación de regulación**

Fuente: Schneider Electric (2013)

### **2.7.8.3 Principios y razones para el uso de la compensación automática**

Los Bancos de condensadores regulados automáticamente, permiten una adaptación inmediata de compensación para que coincida con el nivel de carga.

Un banco de condensadores se divide en un número de secciones, cada una de las cuales es controlada por un contactor. El cierre de un contactor conmuta su sección en el funcionamiento en paralelo con otras secciones que ya están en servicio. Por consiguiente, el tamaño del banco puede ser aumentada o disminuida en los pasos, por el cierre y la apertura de los contactores de control.

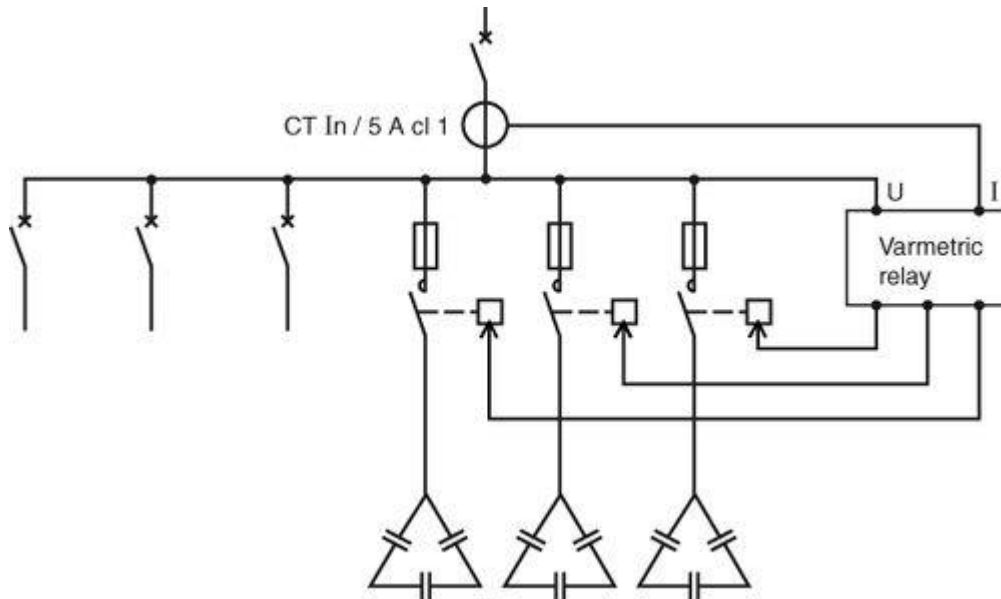
Un relé de control supervisa el factor de potencia del circuito (s) controlada y está dispuesta para cerrar y abrir los contactores apropiadas para mantener un factor de potencia del sistema razonablemente constante (dentro de la tolerancia impuesta por el tamaño de cada etapa de compensación). El transformador de corriente para el relé de monitorización, evidentemente, debe ser colocado en una fase del cable de entrada que suministra el circuito (s) está siendo controlado, como se muestra en la figura 2.13.

Los equipos de corrección del factor de potencia incluyendo contactores estáticos (tiristores) en lugar de contactores habituales es particularmente adecuado para un determinado número de instalaciones que utilizan equipos con ciclo rápido y/o sensibles a las sobretensiones transitorias.

Las ventajas de los contactores estáticos son:

- Respuesta inmediata a toda fluctuación del factor de potencia (tiempo de respuesta tan bajo como 40 metros de acuerdo a la opción del regulador)
- Número ilimitado de operaciones
- Eliminación de fenómenos transitorios en la red en la conexión de capacitores
- Funcionamiento totalmente silencioso

Al asociar estrechamente la compensación a la requerida por la carga, la posibilidad de producir sobretensiones en los momentos de baja carga se evitará, evitando así una condición de sobretensión, y posibles daños a aparatos y equipos. Las sobretensiones debidas a compensación reactiva excesiva dependen en parte del valor de la impedancia de la fuente.



**Figura 2. 13. El principio de control de compensación automática**

Fuente: Schneider Electric (2013)

#### **2.7.8.4. Compensación Global**

Cuando una carga es continua y estable, la compensación global puede ser aplicada

##### **Principio**

El banco condensador está conectado a las barras del tablero principal de distribución de BT para la instalación, y permanece en servicio durante el período de carga normal.

## Ventajas

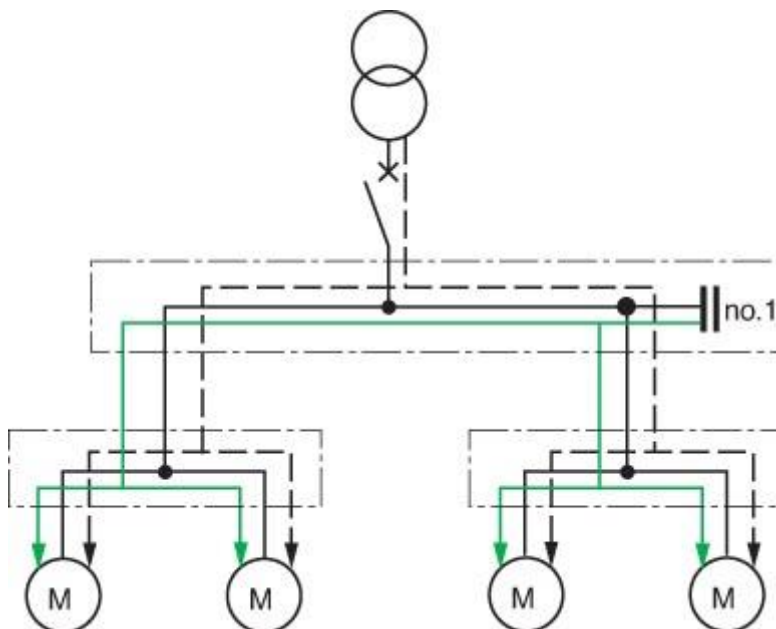
El tipo global de la compensación:

- Reduce las sanciones arancelarias para el consumo excesivo de kVARs
- Reduce la demanda aparente kVA de potencia, en la que se basan por lo general, gastos fijos
- Alivia el transformador de alimentación, que es entonces capaz de aceptar más carga si es necesario

## Acotaciones

La corriente reactiva todavía fluye en todos los conductores de los cables dejando (es decir, aguas abajo de) el tablero principal de distribución de BT

- Por la razón anterior, el dimensionamiento de estos cables, y las pérdidas de energía en ellos, no se mejoran por el modo global de la compensación.



**Figura 2. 14. Compensación Global**

Fuente: Schneider Electric (2013)



### **2.7.8.5. Compensación por sector**

Se recomienda Compensación por sector cuando la instalación es muy amplia, y donde los patrones de carga/tiempo difieren de una parte de la instalación a otra.

#### **Principio**

Los bancos de condensadores se conectan a barras de cada cuadro local de distribución, como se muestra en la figura 2.15.

Una parte importante de los beneficios de instalación de este arreglo, especialmente los cables de alimentación del tablero de distribución principal a cada una de las juntas locales de distribución en el que las medidas de compensación son aplicadas.

#### **Ventajas**

La compensación por sector:

- Reduce las sanciones arancelarias para el consumo excesivo de kVARs
- Reduce la demanda aparente kVA de potencia, en la que se basan por lo general, gastos fijos
- Alivia el transformador de alimentación, que es entonces capaz de aceptar más carga si es necesario
- El tamaño de los cables que suministran las juntas locales de distribución puede ser reducido o tendrá una capacidad adicional para posibles aumentos de carga
- Las pérdidas en los mismos cables se reducirán.

## Comentarios

- La corriente reactiva todavía fluye en todos los cables “aguas abajo” de los tableros de distribución local
- Por la razón anterior, el dimensionamiento de estos cables, y las pérdidas de potencia en ellos, no se mejoran por la compensación por sector
- Cuando se producen grandes cambios en las cargas, siempre hay un riesgo de exceso de compensación y los problemas consiguientes de sobretensión

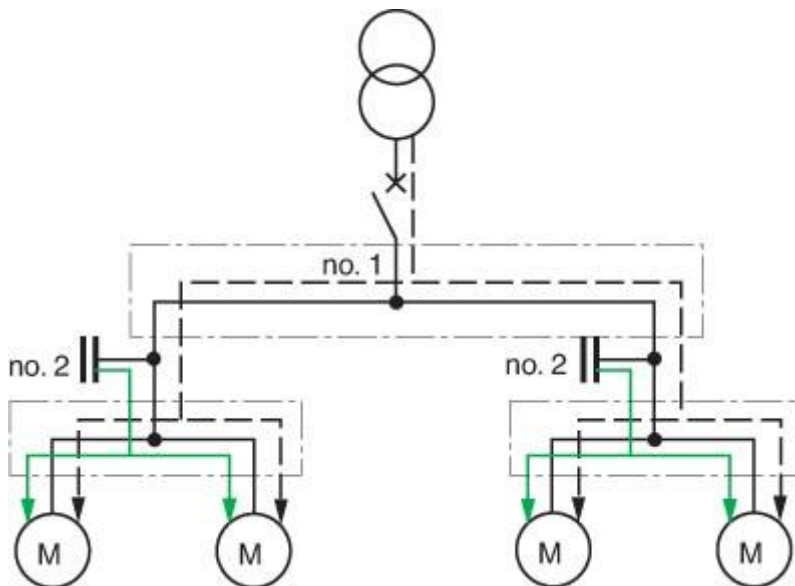


Figura 2. 15. Compensación por sector

Fuente: Schneider Electric (2013)

### 2.7.8.6. Compensación individual

La compensación individual debe ser considerada cuando el poder del motor es significativa con respecto al poder de la instalación.

#### Principio

Los condensadores están conectados directamente a los terminales de circuito

inductivo. La compensación individual debe ser considerada cuando la potencia del motor es significativa con respecto a la demanda de potencia declarada (kVA) de la instalación.

La calificación kVAr de la batería de condensadores es del orden del 25% del valor nominal kW del motor. La compensación complementaria en el origen de la instalación (transformador) también puede ser beneficioso.

### **Ventajas**

La Compensación individual, logra:

- Reducir las sanciones arancelarias para el consumo excesivo de kVARs.
- Reducir la demanda aparente kVA de potencia.
- Reducir el tamaño de todos los cables, así como las pérdidas de cable

Al finalizar este marco teórico, se ha obtenido bases referenciales de distribución y consumo eléctrico, es vital, calcular y levantar las cargas de potencia tanto reactiva como activa, en laboratorios y aulas de la FETD, teniendo en cuenta que la primera es la base para la propuesta de un grupo electrógeno capaz de proveer energía eléctrica por un tiempo determinado, ideal para culminar sesiones de clase y laboratorio.

## CAPÍTULO 3.

### RECOLECCIÓN DE POTENCIAS CONSUMIDAS DENTRO DE LA FETD

Se recaba información acerca de los valores de voltaje en toda la infraestructura de baja tensión de la FETD, para aquello se coincide con datos del trabajo de titulación de Proaño (2014). Cabe destacar que la base para la propuesta del grupo electrógeno es solo la carga o potencia reactiva, es decir de luminarias, de computadores, no así la potencia consumida de aires acondicionados ni splits, y otros equipos de laboratorio de gran consumo.

#### 3.1. Medición de voltaje

Se debe utilizar un equipo especial, el PowerLogic ION 7550 de Schneider Electric, este mide y puede analizar parámetros inherentes a la calidad de la energía eléctrica, además se utiliza con un software para visualizar dichos parámetros en tiempo real, es decir efectuar un control y monitoreo tipo SCADA. La figura 3.1 muestra los valores de voltaje

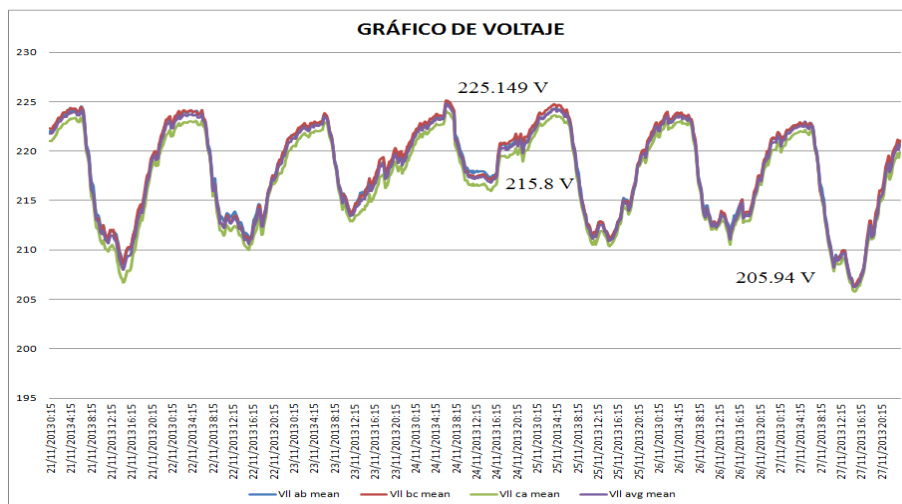
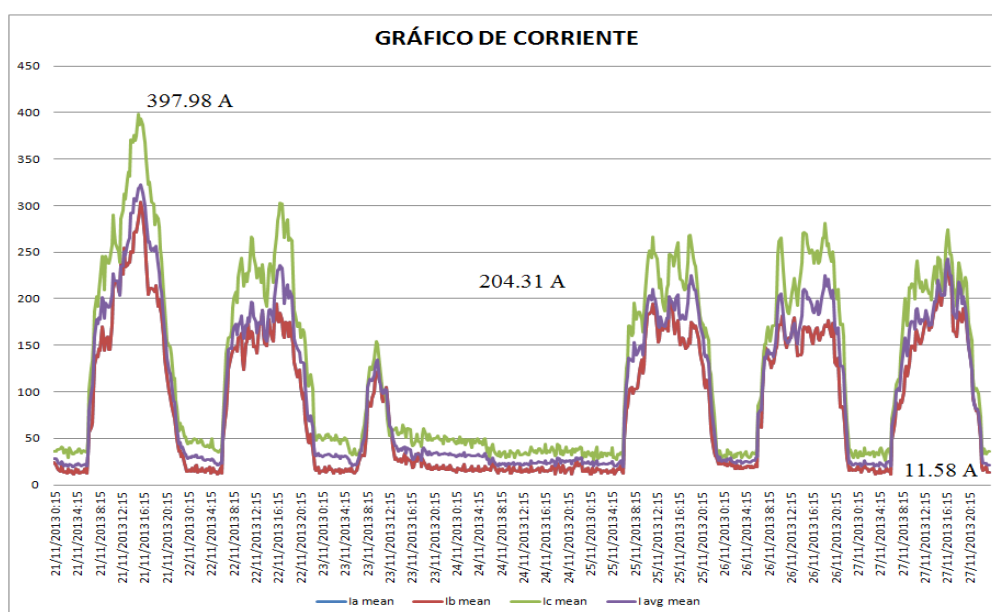


Figura 3. 1. Voltajes de Línea a Línea.

Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.1, se muestra el perfil del voltaje máximo en un período de 7 días. El comportamiento del voltaje promedio es de 215.8 Volts, valor que se encuentra -1.90 % arriba del valor nominal de 220 Volts del banco de Transformador de 300 kVA, La ventana de variación presenta un máximo de 225.149 V.(2.34% arriba del valor nominal).

La figura 3.1 muestra el valor de corriente línea a línea.



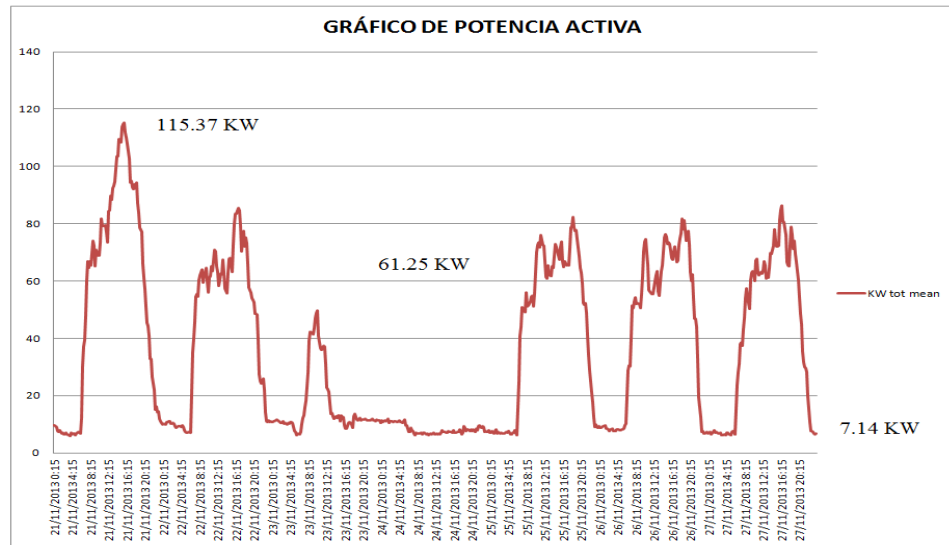
**Figura 3. 2. Corrientes de Línea a Línea.**

Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.2, se muestra una Corriente promedio de 204,31 Amperios (A). Los valores máximos se presentaron de manera instantánea, los cuales fueron en la línea Ia = 322.24 A, en la línea Ib = 307.08 A, en la fase Ic = 397,98 A.

Los valores mínimos se presentaron de manera instantánea, los cuales fueron en la línea Ia = 25.49 A, en la Línea Ib = 11.58 A, en la Línea Ic= 47.17 A.

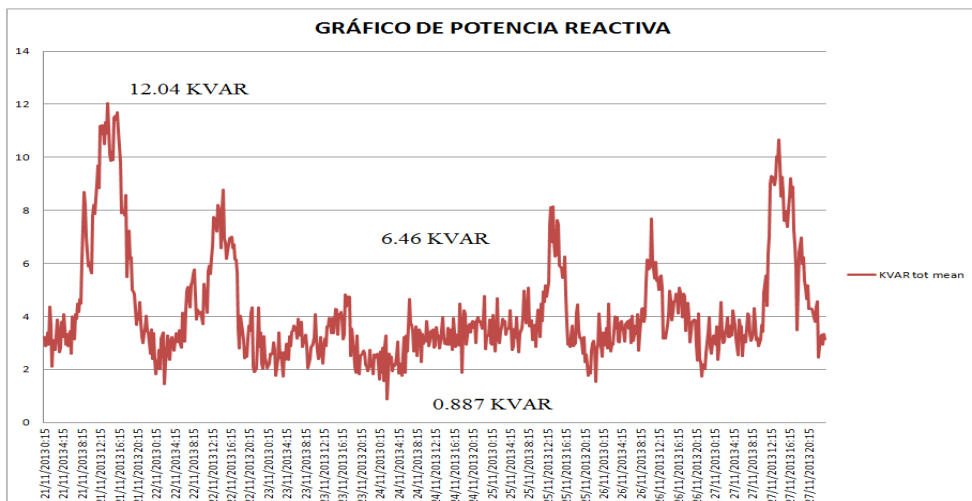
La figura 3.3 muestra el valor de potencia activa.



**Figura 3. 3. Potencia Activa.**

Fuente: Proaño (2014)

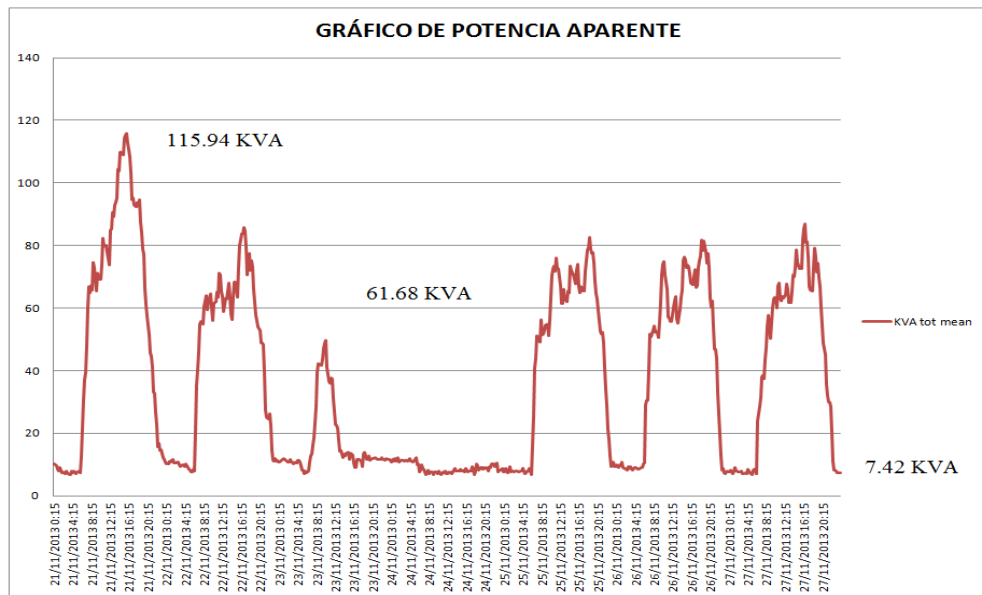
En la figura 3.3, se puede observar la demanda de potencia real en kW durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia real promedio durante el período de operación normal fue de 61.25 KW, registrando un valor máximo de 115.37kW. En el ciclo completo de operación se registró una potencia real mínima de 7.14 kW.



**Figura 3. 4. Potencia Reactiva.**

Fuente: Proaño (2014)

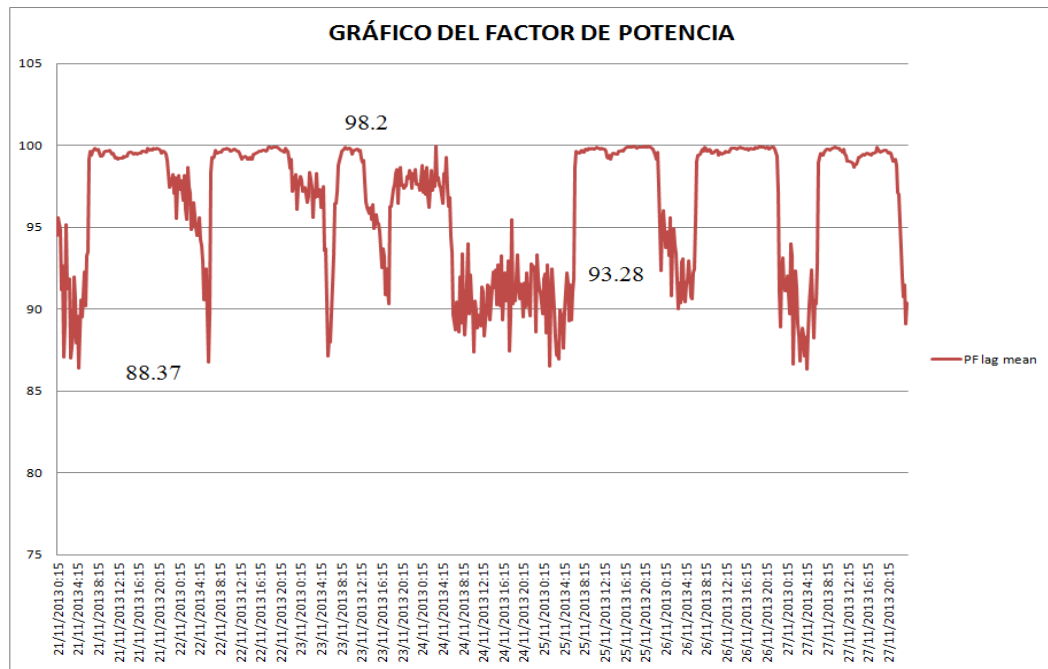
En la figura 3.4, se puede observar la demanda de potencia real en kVAr durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia real promedio durante el período de operación normal fue de 6.46 kVAr, registrando un valor máximo de 12.040kVAr. En el ciclo completo de operación se registró una potencia real mínima de 0.887 KVAr.



**Figura 3. 5. Potencia Aparente.**

Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.5, se puede observar la demanda de potencia real en kVA durante el período de monitoreo de 7 días. El valor de potencia real promedio durante el período de operación normal fue de 61.68 kVA, registrando un valor máximo de 115.94kVA. En el ciclo completo de operación se registró una potencia real mínima de 7.42 kVA.



**Figura 3. 6. Factor de Potencia.**

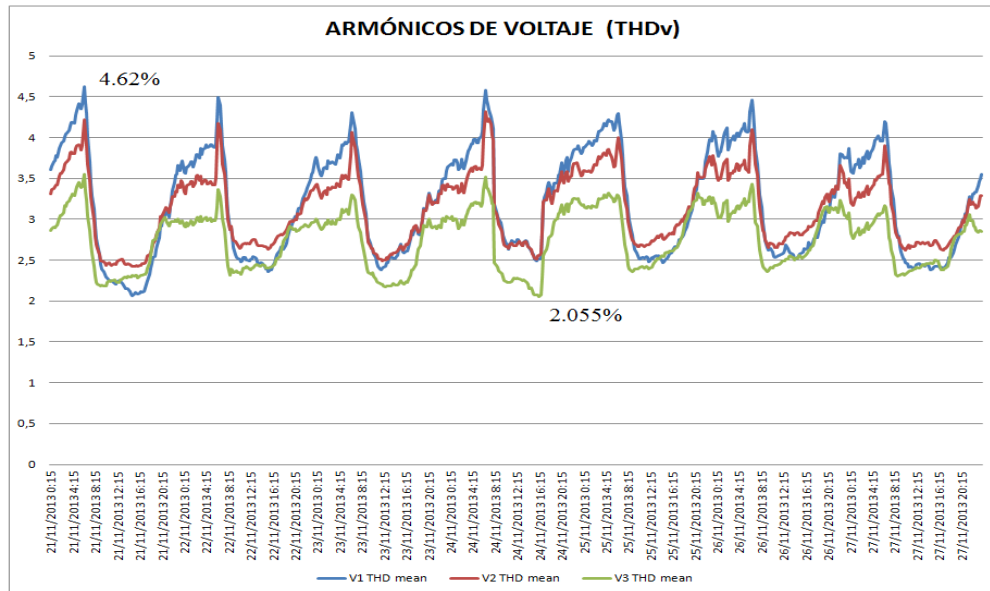
Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.6, se observa el comportamiento del factor de potencia durante el período de monitoreo de 7 días. El valor del factor de potencia promedio durante el período de operación normal fue de 93.28% (inductivo), registrando un valor máximo instantáneo de 98.2% (inductivo).

En el ciclo completo de operación se registró una factor de potencia mínimo de 88.37%.



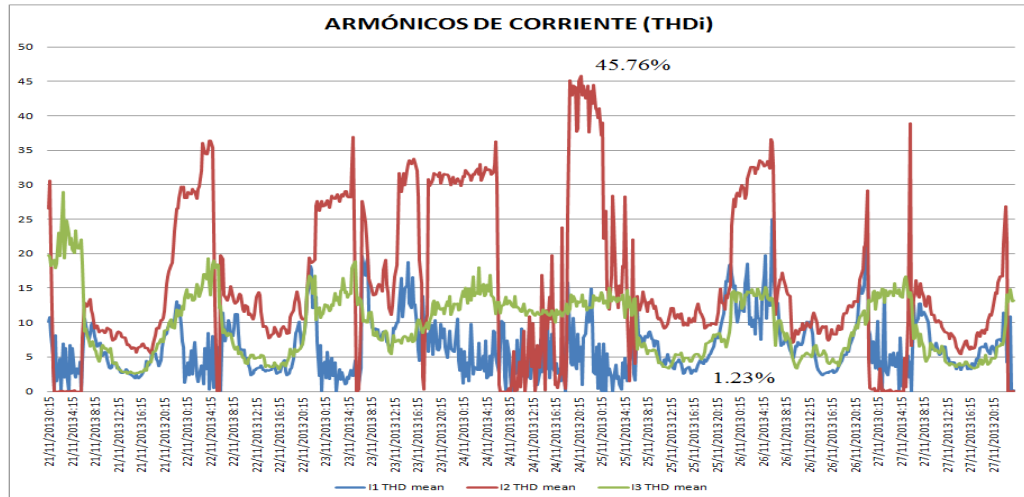
En la figura 3.7 se muestra la Distorsión Armónica en el voltaje.



**Figura 3. 7. Armónicos de Voltaje.**

Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.7, se muestra el perfil de distorsión armónica en voltaje (THDv) en un período de 7 días. Se registró un porcentaje mínimo de 2.055% y un valor máximo de 4.62%, y se encuentra dentro del porcentaje recomendado por el STD IEEE 519-1992.



**Figura 3. 8. Armónicos de Corriente.**

Fuente: Proaño (2014)

En la figura 3.8, se muestra el perfil de distorsión armónica en voltaje (THDv) en un período de 7 días. Se registró un porcentaje mínimo de 1.23% en condiciones normales de operación y un valor máximo de 45.76% pico máximo en condiciones de baja carga, lo cual se encuentra dentro del porcentaje recomendado por el STD IEEE 519-1992.

### **3.2. Parámetros de la calidad de energía.**

Se realizó el monitoreo en el banco de transformadores de la Facultad Técnica Para el Desarrollo durante un período de 39 hrs., con el objetivo de analizar los parámetros de calidad de energía provenientes de la compañía suministradora:

**Tabla 3. 1. Rangos de Voltaje.**

| N° | Voltaje | Voltaje Máximo | Voltaje Promedio | Voltaje Mínimo | % de Variación |          | Standard. IEEE 1100-1999 |
|----|---------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------|--------------------------|
|    |         |                |                  |                | máximo         | y mínimo |                          |
| 1  | Vab     | 224,99         | 215,7            | 210,41         | 2,27           | -4,36    | Si Cumple                |
| 2  | Vbc     | 225,15         | 215,8            | 210,45         | 2,34           | -4,34    | Si Cumple                |
| 3  | Vca     | 224,09         | 214,93           | 211,77         | 1,86           | -2,3     | Si Cumple                |

Fuente: El Autor.

Se puede observar que los parámetros de voltaje de la tabla 3.1. Están dentro de la norma de rangos de voltaje de la IEEE 1100-1999 (variación no mayor al 5% del valor nominal). Este estándar está enfocado a la operación de equipo electrónico crítico.

La demanda en corriente promedio fue de 204.31 A., durante el período del monitoreo realizado, registrando un valor en demanda máxima de corriente de 393.3 A. (Fase C), de forma instantánea. Este comportamiento se presentó en el monitoreo.

La demanda en Potencia Real promedio fue de 62.25 kW., durante el período del monitoreo realizado, registrando un valor en demanda máxima de 115.37 kW, de forma instantánea.

La demanda en Potencia Reactiva promedio fue de 6.46 kVAr., durante el período del monitoreo realizado, registrando un valor en demanda máxima de 12.04 kVAr, de forma instantánea.

La demanda en Potencia Aparente promedio fue de 61.68 kVA en condiciones normales de operación, registrando un valor en demanda máxima de 115.68 kVA, de forma instantánea.

El factor de potencia tuvo un valor promedio de 93.28% y un mínimo de 88.37%, se necesita mejorar el factor de potencia ya que fue registrado en hora pico.

### **3.3 Levantamiento de la Carga en la FETD-UCSG**

Se realiza el levantamiento de cargas en toda la FETD, se elaboran tablas, donde se indican los valores recolectados, cantidad de cargas (equipos eléctricos, equipos electrónicos, etc.) y puntos eléctricos (tomacorrientes de 110/220v, alumbrado, etc.) que existen en cada uno de los bloques de la FETD. Físicamente no se logró verificar en su totalidad las áreas, debido a que hubo sitios en los cuales no se logró el acceso, sin embargo se inspeccionó en un 90% de los lugares.

Se especifican la cantidad de cargas, que se encuentran operantes, primero de manera independiente en cada departamento y posteriormente de acuerdo al total por cada edificio, logrando con esto obtener la potencia total instalada.

Tabla 3. 2. Cargas del Bloque 1 (Laboratorio de Automatismo-Veterinaria) de la FETD

| CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS |                     |                   |           |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           |               |                |           |
|--|---------------------|-------------------|-----------|------------|---------------|-----------|-----------------------|----------|------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|----------------|-----------|
|  |                     | CARGAS ELÉCTRICAS |           |            |               |           |                       |          |            |                     |               | PUNTOS ELÉCTRICOS |           |               |                |           |
| ÁREA   | AULAS/DEPARTAMENTOS | COMPUTADORA       | A.A.      | A.A. SPLIT | A. A. CENTRAL | PROYECTOR | IMPRESORAS/COPIADORAS | TV       | VENTILADOR | DISPENSADOR DE AGUA | OTROS EQUIPOS | TOMA 110V         | TOMA 220V | ALUM. (3X32W) | ALUM. (2x100W) | ALUM. 40W |
| MODULO 1                                     | LAB. CONTROL        | 7                 | 1         |            |               | 1         |                       |          |            |                     |               | 16                | 15        | 8             |                | 1         |
|  | LAB. AUTOMATIZACIÓN | 7                 | 1         |            |               | 1         | 1                     |          |            |                     |               | 16                | 15        | 8             |                | 1         |
|  | LAB. VETERINARIA    | 1                 | 2         |            |               |           |                       |          |            | 1                   | 2             | 15                | 2         | 7             |                |           |
|  | SALA DE RECREACIÓN  |                   |           |            |               |           |                       |          |            |                     |               | 24                |           | 15            |                |           |
|  | PASILLOS/M          |                   |           |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           |               | 2              | 17        |
|  | <b>TOTAL</b>        |                   | <b>15</b> | <b>4</b>   | <b>0</b>      | <b>0</b>  | <b>2</b>              | <b>1</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>            | <b>1</b>      | <b>2</b>          | <b>71</b> | <b>32</b>     | <b>38</b>      | <b>2</b>  |

Fuente: El Autor.

**Tabla 3. 3. Cargas del Bloque 2 (laboratorio carrera Agropecuarias) de la FTD.**

| CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS |                       |                   |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           |               |               |               |               |           |
|--|-----------------------|-------------------|----------|------------|---------------|-----------|-----------------------|----------|------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
|  |                       | CARGAS ELÉCTRICAS |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               | PUNTOS ELÉCTRICOS |           |               |               |               |               |           |
| ÁREA   | AULAS/DEPARTAMENTOS   | COMPUTADORA       | A.A.     | A.A. SPLIT | A. A. CENTRAL | PROYECTOR | IMPRESORAS/COPIADORAS | TV       | VENTILADOR | DISPENSADOR DE AGUA | OTROS EQUIPOS | TOMA 110V         | TOMA 220V | ALUM. (3X17W) | ALUM. (3X18W) | ALUM. (3X32W) | ALUM. (2x32W) | ALUM. 40W |
| MODULO 2                                     | INDUSTRIAS LÁCTEAS PB | 6                 |          | 1          |               |           | 1                     | 1        |            |                     |               |                   |           |               |               |               | 5             |           |
|  | INDUSTRIAS LÁCTEAS P1 |                   |          |            | 2             |           |                       |          |            |                     | 4             | 23                | 6         | 7             | 15            | 1             |               | 9         |
|  | PASILLOS/M2           |                   |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           |               |               |               |               |           |
|  | <b>TOTAL</b>          | <b>6</b>          | <b>0</b> | <b>1</b>   | <b>2</b>      | <b>0</b>  | <b>1</b>              | <b>1</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>            | <b>4</b>      | <b>23</b>         | <b>6</b>  | <b>7</b>      | <b>15</b>     | <b>1</b>      | <b>5</b>      | <b>9</b>  |

**Fuente: El Autor.**

Tabla 3. 4. Cargas del bloque 4 de la Facultad Técnica.

| CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS |                      |                   |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           |               |               |               |
|--|----------------------|-------------------|----------|------------|---------------|-----------|-----------------------|----------|------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| ÁREA   | AULAS/DEPARTAMENTOS  | CARGAS ELÉCTRICAS |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               | PUNTOS ELÉCTRICOS |           |               |               |               |
|  |                      | COMPUTADORA       | A.A.     | A.A. SPLIT | A. A. CENTRAL | PROYECTOR | IMPRESORAS/COPIADORAS | TV       | VENTILADOR | DISPENSADOR DE AGUA | OTROS EQUIPOS | TOMA 110V         | TOMA 220V | ALUM. (3X32W) | ALUM. (2X32W) | ALUM. (3X17W) |
| MODULO<br>4                                  | LAB. TELEC.          | 8                 | 1        |            |               | 1         |                       |          | 1          |                     |               | 16                | 2         |               | 9             |               |
|  | LAB.<br>ELECTRONICA  | 18                | 3        |            |               | 1         |                       |          |            |                     |               | 33                | 6         |               | 11            |               |
|  | LAB.<br>ELECTRICIDAD | 7                 | 3        |            |               | 1         |                       |          | 3          |                     |               | 23                | 13        |               | 15            |               |
|  | LAB. NEUMATICA       |                   | 1        |            |               |           |                       |          |            |                     |               | 15                | 15        |               | 8             | 15            |
|  | PASILLOS/M6          |                   |          |            |               |           |                       |          |            |                     |               |                   |           | 5             | 3             |               |
|  | <b>TOTAL</b>         | <b>33</b>         | <b>8</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>      | <b>3</b>  | <b>0</b>              | <b>0</b> | <b>4</b>   | <b>0</b>            | <b>0</b>      | <b>87</b>         | <b>36</b> | <b>5</b>      | <b>46</b>     | <b>15</b>     |

Fuente: El Autor.

Tabla 3. 5. Cargas del bloque 5 de la Facultad Técnica.

| CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS |                       |                   |          |            |               |           |                      |          |            |                     |               |                   |           |               |               |
|--|-----------------------|-------------------|----------|------------|---------------|-----------|----------------------|----------|------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
|  |                       | CARGAS ELÉCTRICAS |          |            |               |           |                      |          |            |                     |               | PUNTOS ELÉCTRICOS |           |               |               |
| ÁREA   | AULAS/DEPARTAMENTOS   | COMPUTADORA       | A.A.     | A.A. SPLIT | A. A. CENTRAL | PROYECTOR | IMPRESORAS/COPIADORA | TV       | VENTILADOR | DISPENSADOR DE AGUA | OTROS EQUIPOS | TOMA 110V         | TOMA 220V | ALUM. (2X32W) | ALUM. (3X32W) |
| MODULO 5                                     | FT1                   | 1                 | 1        |            |               | 1         |                      |          |            |                     |               | 10                | 1         | 7             |               |
|  | FT2                   | 1                 | 1        |            |               | 1         |                      |          |            |                     |               | 12                | 1         | 7             |               |
|  | FT3                   | 1                 | 1        |            |               | 1         |                      |          |            |                     |               | 8                 | 1         | 7             |               |
|  | SALON DE USO MULTIPLE | 1                 | 2        |            |               | 1         |                      |          |            |                     |               | 11                | 2         | 6             | 2             |
|  | PASILLOS /M5          |                   |          |            |               |           |                      |          |            |                     |               |                   |           |               | 6             |
|  | <b>TOTAL</b>          | <b>4</b>          | <b>5</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>      | <b>4</b>  | <b>0</b>             | <b>0</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>            | <b>0</b>      | <b>41</b>         | <b>5</b>  | <b>27</b>     | <b>8</b>      |

Fuente: El Autor.



**Tabla 3. 6. Cargas del bloque 6 de la Facultad Técnica.**

| <b>CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS</b> |                            |                          |             |                   |                      |                  |                              |           |                   |                            |                      |                          |                  |                      |                      |                      |
|---|----------------------------|--------------------------|-------------|-------------------|----------------------|------------------|------------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|   |                            | <b>CARGAS ELÉCTRICAS</b> |             |                   |                      |                  |                              |           |                   |                            |                      | <b>PUNTOS ELÉCTRICOS</b> |                  |                      |                      |                      |
| <b>ÁREA</b>   | <b>AULAS/DEPARTAMENTOS</b> | <b>COMPUTADORA</b>       | <b>A.A.</b> | <b>A.A. SPLIT</b> | <b>A. A. CENTRAL</b> | <b>PROYECTOR</b> | <b>IMPRESORAS/COPIADORAS</b> | <b>TV</b> | <b>VENTILADOR</b> | <b>DISPENSADOR DE AGUA</b> | <b>OTROS EQUIPOS</b> | <b>TOMA 110V</b>         | <b>TOMA 220V</b> | <b>ALUM. (3X32W)</b> | <b>ALUM. (2X32W)</b> | <b>ALUM. (3X17W)</b> |
| <b>MODULO 6</b>                                     | FT14                       | 1                        | 1           |                   |                      | 1                |                              |           | 3                 |                            |                      | 11                       | 1                |                      | 6                    |                      |
|   | FT15                       | 1                        | 2           |                   |                      | 1                |                              |           | 2                 |                            |                      | 11                       | 2                |                      | 6                    |                      |
|   | FT16                       | 1                        | 1           |                   |                      | 1                |                              |           | 3                 |                            |                      | 12                       | 1                | 8                    |                      |                      |
|   | SALA DE COMPUTO            | 34                       | 2           |                   |                      | 1                |                              | 1         |                   |                            |                      | 23                       | 2                |                      |                      | 15                   |
|   | AULA VIRTUAL               | 20                       | 2           |                   |                      | 1                |                              |           |                   |                            |                      | 41                       | 2                | 9                    |                      |                      |
|   | PASILLO S/M6               |                          |             |                   |                      |                  |                              |           |                   |                            |                      | 1                        |                  | 10                   |                      |                      |
|   | <b>TOTAL</b>               | <b>57</b>                | <b>8</b>    | <b>0</b>          | <b>0</b>             | <b>5</b>         | <b>0</b>                     | <b>1</b>  | <b>8</b>          | <b>0</b>                   | <b>0</b>             | <b>99</b>                | <b>8</b>         | <b>27</b>            | <b>12</b>            | <b>15</b>            |

**Fuente: El Autor.**

Tabla 3. 7. Cargas del bloque 7 de la Facultad Técnica.

| CUADRO GENERAL DE CARGAS Y PUNTOS ELÉCTRICOS |                          |                   |      |            |               |           |                       |    |            |                     |               |                   |           |               |           |
|--|--------------------------|-------------------|------|------------|---------------|-----------|-----------------------|----|------------|---------------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|
|  |                          | CARGAS ELÉCTRICAS |      |            |               |           |                       |    |            |                     |               | PUNTOS ELÉCTRICOS |           |               |           |
| ÁREA   | AULAS/DEPARTAMENTOS      | COMPUTADORA       | A.A. | A.A. SPLIT | A. A. CENTRAL | PROYECTOR | IMPRESORAS/COPIADORAS | TV | VENTILADOR | DISPENSADOR DE AGUA | OTROS EQUIPOS | TOMA 110V         | TOMA 220V | ALUM. (3X17W) | ALUM. 40W |
| MODULO 7                                     | FT4                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 10                | 2         | 12            |           |
|  | FT5                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 10                | 2         | 12            |           |
|  | FT6                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 10                | 2         | 12            |           |
|  | FT7                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 10                | 2         | 12            |           |
|  | FT8                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 10                | 2         | 12            |           |
|  | FT9                      | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 9                 | 2         | 16            |           |
|  | PTC1                     | 3                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 6                 | 2         | 12            |           |
|  | PTC2                     | 6                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 11                | 2         | 12            |           |
|  | PTC3                     |                   | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 11                | 2         | 12            |           |
|  | FT12                     | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 11                | 2         | 12            |           |
|  | FT13                     | 1                 | 2    |            |               | 1         |                       |    |            |                     |               | 11                | 2         | 12            |           |
|  | SALA DE LECTURA          | 8                 | 2    |            |               | 1         | 1                     |    |            |                     |               | 34                | 2         | 12            |           |
|  | PASILLOS/M 7 PLANTA BAJA |                   |      |            |               |           |                       |    |            |                     |               | 0                 |           | 6             | 1         |
|  | PASILLOS/M 7 PLANTA ALTA |                   |      |            |               |           |                       |    |            |                     |               |                   |           | 6             | 12        |
|  | TOTAL                    |                   | 25   | 24         | 0             | 0         | 12                    | 1  | 0          | 0                   | 0             | 0                 | 143       | 24            | 160       |

Fuente: El Autor.

**Tabla 3. 8. Demanda Total Instalada en la FETD.**

| TOTAL CARGAS INSTALADAS |                 |        |                       |                      |                     |
|-------------------------|-----------------|--------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| ITEM                    | TOTAL DE PUNTOS | WATIOS | FACTOR DE UTILIZACIÓN | POTENCIA POR PUNTO W | POTENCIA TOTAL (KW) |
| COMPUTADORA             | 140             | 200    | 0,4                   | 11200                | 11,2                |
| A.A.                    | 49              | 2820   | 0,4                   | 55272                | 55,27               |
| A.A. SPLIT              | 1               | 4510   | 0,4                   | 1804                 | 1,804               |
| A.C. CENTRAL            | 2               | 4510   | 0,4                   | 3608                 | 3,608               |
| PROYECTOR               | 26              | 254    | 0,4                   | 2641,6               | 2,642               |
| IMPRESORA/COPIADORA     | 2               | 200    | 0,4                   | 160                  | 0,16                |
| TV                      | 2               | 100    | 0,3                   | 60                   | 0,06                |
| VENTILADOR              | 12              | 220    | 0,3                   | 792                  | 0,792               |
| DISPENSADOR DE AGUA     | 1               | 220    | 1                     | 220                  | 0,22                |
| OTROS EQUIPOS           | 4               | 762    | 0,4                   | 1219,2               | 1,219               |
| TOMACORRIENTE 110       | 464             | 150    | 0,4                   | 27840                | 27,84               |
| TOMACORRIENTE 220       | 111             | 400    | 0,4                   | 17760                | 17,76               |
| ALUM. (3X32W)           | 79              | 96     | 0,8                   | 6067,2               | 6,067               |
| ALUM. 100W              | 4               | 100    | 0,8                   | 320                  | 0,32                |
| ALUM. 40W               | 26              | 40     | 0,8                   | 832                  | 0,832               |
| ALUM. (3X17w)           | 197             | 51     | 0,8                   | 8037,6               | 8,038               |
| ALUM. (3X18w)           | 15              | 54     | 0,8                   | 648                  | 0,648               |
| ALUM. (2X32)            | 90              | 64     | 0,8                   | 4608                 | 4,608               |
| OFICINAS                | 1               | 25200  | 0,6                   | 15120                | 15,12               |
| <b>DEMANDA TOTAL</b>    |                 |        |                       |                      | <b>158,21</b>       |
| <b>F.C</b>              |                 |        |                       |                      | <b>0,8</b>          |
| <b>TOTAL</b>            |                 |        |                       |                      | <b>126,57</b>       |

Fuente: El Autor.

### 3.3.1 Desglose de levantamiento de carga potencia reactiva

- a) Con la cantidad de Luminarias o lámparas que están instaladas en la FETD, se puede obtener (calcular) el consumo aproximado, sea diario, semanal, mensual y hasta anual, para cada oficina, laboratorio y aulas, este aspecto se lo calcula sobre el número de horas diarias en las cuales estén encendidas las lámparas y multiplicarlo por el consumo de cada lámpara (cada lámpara lo tiene). Se puede aplicar la formula siguiente.

$$KWh_{diario\ area} = (P_{diario\ area})(\#horas\ diarias\ encendido)$$

*KWh diario por área*

- b) La sumatoria de todos los KWh de cada bloque, será el consumo diario en toda la FETD.

$$KWh_{diario\ total} = \sum KWh_{Cada\ area}$$

*KWh diario por bloques*

- c) Seguidamente este valor al ser diario y por tratarse de una Institución educativa, se lo multiplica por 22 (días que están ocupadas aulas y laboratorios). Este es un valor aproximado considerando que el mes de 30 días a veces sábados y domingos hay escasa asistencia a la FETD. Entonces la fórmula aplicada es:

$$KWh_{mensual} = (KWh_{diario\ total})(22)$$

*KWh total mensual*

Los resultados de carga actual en la FETD, se aprecian en la siguiente tabla.

**Tabla 3. 9. Cargas actuales por luminarias/lámparas en bloques de aulas y laboratorios**

| #  | Departamentos / áreas                          | # lámparas | Focos | Potencia total (Vatios) |
|----|--|------------|-------|-------------------------|
| 1  | Oficinas y pasillos                            | 42         | 7     | 3570 + 140              |
| 2  | Lab. Control y movimiento                      | 8          |       | 464                     |
| 3  | Bodega   | 1          |       | 112                     |
| 4  | Lab. Automatización industrial                 | 8          |       | 680                     |
| 5  | Lab. Fisiología vegetal                        | 8          |       | 680                     |
| 6  | Lab. Clínico veterinario                       | 7          |       | 595                     |
| 7  | Lab. Química                                   | 3          |       | 255                     |
| 8  | Mirador  | 15         |       | 870                     |
| 9  | Planta de procesamiento de Industrias cárnicas | 1          | 10    | 85 + 200                |
|    |  | 24         |       | 1632                    |
| 10 | Planta de industria de lácteos                 | 20         |       | 1360                    |
| 11 | Pasillos de industrias de lácteos              | 6          |       | 348                     |
| 12 | Lab. Área de biología                          | 6          |       | 348                     |
| 13 | Sala virtual                                   | 12         |       | 1020                    |
| 14 | Sala de computo                                | 9          |       | 765                     |
| 15 | Aulas de profesores 1-2-3-4-5                  | 12         |       | 204                     |
| 16 | Sala de lectura                                | 12         |       | 204                     |
| 17 | Lab. de neumática                              | 4          |       | 232                     |
| 18 | Lab. De electricidad                           | 8          |       | 464                     |
| 19 | Lab. De electrónica                            | 10         |       | 580                     |
| 20 | Lab. De telecomunicaciones                     | 2          |       | 348                     |
| 21 | Aula Ft1                                       | 7          |       | 406                     |
| 22 | Aula Ft2                                       | 7          |       | 406                     |
| 23 | Aula Ft3                                       | 7          |       | 406                     |
| 24 | Aula Ft4                                       | 12         |       | 408                     |
| 25 | Aula Ft5                                       | 12         |       | 408                     |
| 26 | Aula Ft6                                       | 12         |       | 408                     |
| 27 | Aula Ft7                                       | 12         |       | 408                     |
| 28 | Aula Ft8                                       | 12         |       | 408                     |
| 29 | Aula Ft9                                       | 12         |       | 408                     |
| 30 | Aula Ft12                                      | 12         |       | 612                     |
| 31 | Aula Ft13                                      | 12         |       | 612                     |
| 32 | Aula Ft14                                      | 6          |       | 348                     |
| 33 | Aula Ft15                                      | 6          |       | 348                     |
| 34 | Aula Ft16                                      | 6          |       | 348                     |
| 35 | Pasillos de aulas                              | 28         |       | 1624                    |
| 36 | Baños  | 8          |       | 464                     |

Fuente: el autor

**Tabla 3. 10. Cálculo diario de cargas en bloque de aulas y laboratorios de la FETD**

| #  | Departamentos / bloques                        | Potencia [Vatios] | Tiempo[horas] | Consumo[KWh] aproximado diario |
|----|--|-------------------|---------------|--------------------------------|
| 1  | Oficinas y pasillos                            | 3570              | 8             | 28,5                           |
| 2  | Lab. Control y movimiento                      | 464               | 8             | 3,7                            |
| 3  | Bodega   | 112               | 8             | 0,8                            |
| 4  | Lab. Automatización industrial                 | 680               | 8             | 5,4                            |
| 5  | Lab. Fisiología vegetal                        | 680               | 8             | 5,4                            |
| 6  | Lab. Clínico veterinario                       | 595               | 8             | 4,7                            |
| 7  | Lab. Química                                   | 255               | 8             | 2,04                           |
| 8  | Mirador  | 870               | 4             | 3,4                            |
| 9  | Planta de procesamiento de Industrias cárnicas | 85                | 10            | 0,8                            |
| 10 | Planta de industria de lácteos                 | 1360              | 10            | 13,6                           |
| 11 | Pasillos de industrias de lácteos              | 348               | 5             | 1,7                            |
| 12 | Lab. Área de biología                          | 348               | 3             | 1,04                           |
| 13 | Sala virtual                                   | 1020              | 12            | 12,2                           |
| 14 | Sala de computo                                | 765               | 12            | 9,1                            |
| 15 | Aulas de profesores 1-2-3-4-5                  | 204               | 12            | 2,4                            |
| 16 | Sala de lectura                                | 204               | 12            | 2,4                            |
| 17 | Lab. de neumática                              | 232               | 3             | 0,6                            |
| 18 | Lab. De electricidad                           | 464               | 3             | 1,3                            |
| 19 | Lab. De electrónica                            | 580               | 3             | 1,7                            |
| 20 | Lab. De telecomunicaciones                     | 348               | 3             | 1,04                           |
| 21 | Aula Ft1                                       | 406               | 6             | 2,4                            |
| 22 | Aula Ft2                                       | 406               | 6             | 2,4                            |
| 23 | Aula Ft3                                       | 406               | 6             | 2,4                            |

|    |                   |      |                              |          |
|----|-------------------|------|------------------------------|----------|
| 24 | Aula Ft4          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 25 | Aula Ft5          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 26 | Aula Ft6          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 27 | Aula Ft7          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 28 | Aula Ft8          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 29 | Aula Ft9          | 408  | 6                            | 2,4      |
| 30 | Aula Ft12         | 612  | 6                            | 3,6      |
| 31 | Aula Ft13         | 612  | 6                            | 3,6      |
| 32 | Aula Ft14         | 348  | 6                            | 2,08     |
| 33 | Aula Ft15         | 348  | 6                            | 2,08     |
| 34 | Aula Ft16         | 348  | 6                            | 2,08     |
| 35 | Pasillos de aulas | 1624 | 5                            | 8,1      |
| 36 | Baños             | 464  | 6                            | 2,7      |
|    |                   |      | Total [KWh] diario           |          |
|    |                   |      | Total [KWh] mensual Promedio | 17589,07 |

Fuente: el autor

Con este valor promedio mensual de 17589,07 KWh se calcula el valor de la demanda mensual en USD que consume aproximadamente el sistema de iluminación en bloques de aulas y laboratorios.

$$\text{Consumo mes}_{USD} = \text{Valor mensual promedio}_{KWh} (\text{Pliego tarifario}_{USD})$$

$$\text{Consumo mes}_{USD} = (17589,07)(0,72)$$

$$\text{Consumo mes}_{USD} = USD 12664,58$$

$$\text{Valor mensual}_{USD} = \text{Consumo} + \text{demanda}$$

$$\text{Valor mensual}_{USD} = 12664,13 + 2484,66$$

$$\text{Valor mensual}_{USD} = \text{USD } 15148,79$$

### 3.4 Dimensionamiento del generador eléctrico

El cálculo que se debe hacer para saber de cuantos kVA tiene que ser el grupo electrógeno, es el siguiente:

Se realiza la siguiente división:  $20.69 \text{ KV} / 0.8 \text{ (Coseno } \Phi) = 25,86 \text{ KVA} \equiv 30\text{KVA}$

Se recomienda considerar un 20% (5,17 kVA) más como margen para otras utilidades:  $21,98 + 20\% = 31,3 \text{ KVA}$ .

Ahora ya se conoce el kVA, del grupo electrógeno. Un aspecto técnico del motor del generador eléctrico, es que giran a 3000 RPM, sin excepción son para servicio intermitente de 4 horas. (Ciclo de 4 horas en marcha/1 hora de pausa). Para trabajar más tiempo es necesario un generador de servicio continuo a 1500 RPM, que en gasolina no existen por tanto deberá ser Diesel. Para el caso de la FETD deberá ser a diesel

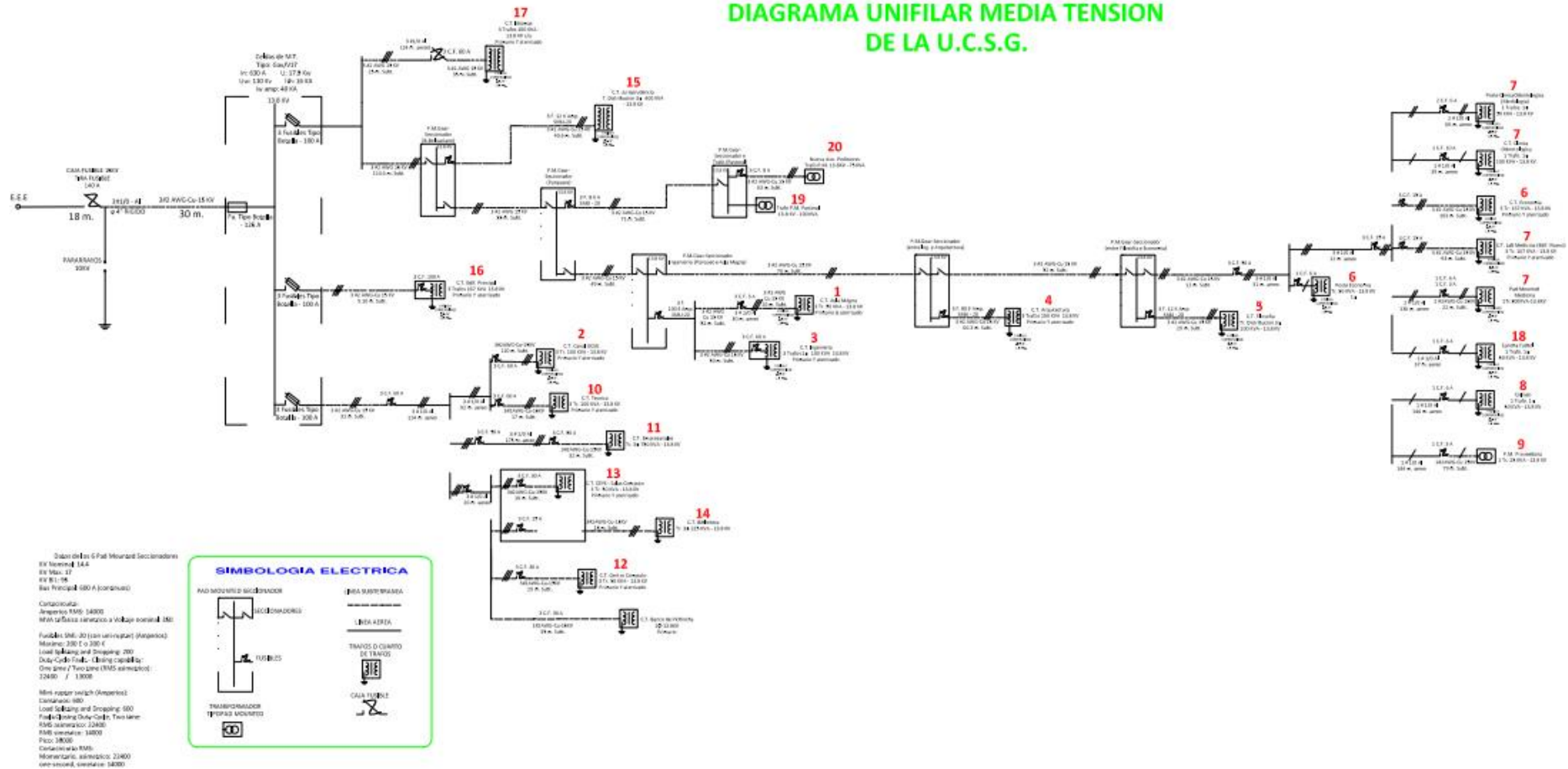
**Tabla 3. 11 Datos del generador según su potencia**

| POTENCIA MOTOR |      | POTENCIA DEL GENERADOR |       | POTENCIA MOTOR |      | POTENCIA DEL GENERADOR      |       |
|----------------|------|------------------------|-------|----------------|------|-----------------------------|-------|
| (kW)           | (HP) | ARRANQUE DIRECTO       |       | (kW)           | (HP) | ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO |       |
|                |      | (kW)                   | (kVA) |                |      | (kW)                        | (kVA) |
| 2,2            | 3    | 6                      | 7,5   | -              | -    | -                           | -     |
| 3              | 4    | 8                      | 10    | 3              | 4    | 6                           | 7,5   |
| 4              | 5,5  | 10                     | 12,5  | 4              | 5,5  | 8                           | 10    |
| 5,5            | 7,5  | 12,5                   | 15,6  | 5,5            | 7,5  | 10,8                        | 13,5  |
| 7,5            | 10   | 15                     | 18,8  | 7,5            | 10   | 14                          | 17,5  |
| 9,2            | 12,5 | 18,8                   | 23,5  | 9,2            | 12,5 | 17,2                        | 21,5  |
| 11             | 15   | 22,5                   | 28    | 11             | 15   | 20,5                        | 25,5  |
| 13             | 17,5 | 26,4                   | 33    | 13             | 17,5 | 23,6                        | 29,5  |
| 15             | 20   | 30                     | 38    | 15             | 20   | 27                          | 34    |
| 18,5           | 25   | 40                     | 50    | 18,5           | 25   | 33                          | 42    |
| 22             | 30   | 45                     | 57    | 22             | 30   | 40                          | 50    |
| 26             | 35   | 52                     | 65    | 26             | 35   | 45                          | 57    |
| 30             | 40   | 60                     | 75    | 30             | 40   | 52                          | 65    |
| 37             | 50   | 75                     | 94    | 37             | 50   | 65                          | 81    |
| 45             | 60   | 90                     | 112   | 45             | 60   | 77                          | 97    |
| 51             | 70   | 105                    | 131   | 51             | 70   | 90                          | 112   |
| 59             | 80   | 120                    | 150   | 59             | 80   | 102                         | 128   |
| 66             | 90   | 135                    | 170   | 66             | 90   | 115                         | 144   |
| 75             | 100  | 150                    | 190   | 75             | 100  | 128                         | 160   |
| 92             | 125  | 185                    | 230   | 92             | 125  | 158                         | 198   |
| 110            | 150  | 210                    | 260   | 110            | 150  | 190                         | 237   |

Nota: Describe como se debe seleccionar el generador. Fuente: Caterpillar (2009)



## DIAGRAMA UNIFILAR MEDIA TENSION DE LA U.C.S.G.



Fuente: el autor

## CAPÍTULO 4

### DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO

#### 4.1 Estudio de factibilidad técnica y económica

Se debe realizar un análisis de las características del grupo electrógenos, así como el precio, se detalla un grupo electrógeno cotizado en la empresa Febres Cordero Cía. La figura 4.1 indica el grupo electrógeno y la tabla 4.1 sus características, en el anexo 1, se muestra detalles de otra marca de grupo electrógeno.



Figura 4. 1. Grupo electrógeno marca JhonDeere

Fuente: Febres CorderoCia. (2014)

Tabla 4. 1 Datos de grupo electrógeno

| DATOS DEL MOTOR                |                                  |   |
|--------------------------------|----------------------------------|---|
| CARACTERISTICAS/<br>ESTANDARES | Fabricante / Modelo              | JOHN DEERE 6068TF220 , 4-<br>tiempos, Turbo , [N/A] 6 |
|                                | Disposición de los cilindros     | L   |
|                                | Desplazamiento                   | 6.72L [410.1C.I.]                                     |
|                                | Carrera y Diámetro               | 106 mm [4.2in.] x 127mm [5.0in.]                      |
|                                | Tasa de compresión               | 17:01   |
|                                | Velocidad en vueltas por minutos | 1800 Rpm  |
|                                | Velocidad de los pistones        | 7.62m/s [25.0ft./s]                                   |
|                                | Potencia de emergencia máxima    | 27kW [70BHP]  |

|                               |  |                        |
|-------------------------------|--|------------------------|
|                               | a velocidad nominal*                   |                        |
|                               | Regulación frecuencia, carga constante | +/- 2.5%               |
|                               | BMEP                                   | 12.6 bar [183 psi]     |
|                               | Regulador: tipo                        | MECA                   |
| SISTEMA DE ESCAPE             | Temperatura gas                        | 540°C [1004°F]         |
|                               | Caudal gas                             | [N/A]                  |
|                               | Contrapresión                          | 750mm CE [30in. WG]    |
| SISTEMA FUEL                  | 110% ( @ 50 Hz )                       | 34.5L/h [9.1gal/hr]    |
|                               | 100% (potencia de emergencia)          | 32L/h [8.5gal/hr]      |
|                               | 75% (potencia de emergencia)           | 24L/h [6.3gal/hr]      |
|                               | 50% (potencia de emergencia)           | 16L/h [4.2gal/hr]      |
|                               | Caudal máximbomba fuel-oil             | 112L/h [29.6gal/hr]    |
| SISTEMA ACEITE                | Capacidadaceite con filtro             | 21.5L [5.7gal]         |
|                               | Mínimapresión de aceite                | 1bar [14.5psi]         |
|                               | Presión de aceite                      | 5bar [72.5psi]         |
|                               | Consumo de aceite 100% carga           | 0.032L/h [0.008gal/hr] |
|                               | Capacidadaceite carter                 | 20.6L [5.4gal]         |
| BALANCE TERMICO<br>100% CARGO | Calorex expulsado en el escape         | 110kW [6255Btu/mn]     |
|                               | Calor irradiado                        | 16kW [910Btu/mn]       |
|                               | Calor expulsado en el agua             | 68kW [3866Btu/mn]      |
| AIRE DE ADMISIÓN              | Aire de entrada máximo                 | 625mm CE [25in. WG]    |
|                               | Flujo de aire motor                    | 179L/s [379cfm]        |
| SISTEMA DE REFRIGERACION      | Capacidad del motor y radiador         | 27.3L [7.2gal]         |
|                               | Temperatura de agua máxima             | 105°C [221°F]          |
|                               | Temperatura de agua a la salida        | 93°C [199°F]           |
|                               | Potencia del ventilador                | 5 Kw                   |
|                               | Caudal de aire ventilador              | N/A                    |
|                               | Contrapresión radiador                 | 20mm CE [0.8in. WG]    |
|                               | Tipo de Enfriamiento                   | Gencool                |
|                               | Thermostat                             | 82-94 °C               |

Fuente: el autor

En la siguiente tabla, se hace un comparativo de 3 grupos electrógenos, las otras dos empresas son SIVASA, Vallejo Araujo e IIASA

Tabla 4. 2. Comparativo de precio de tres marcas de grupo electrógeno.

| ANÁLISIS DE COTIZACIONES PARA COMPRA DE GENERADORES |                  |   |  |             |  |             |  |   |  |
|---|------------------|---|--|-------------|--|-------------|--|---|--|
| EMPRESA PROVEEDORA                                  | MARCA            | DETALLE   | MODELO   | PROCEDENCIA | GARANTÍA DEL EQUIPO  | PRECIO (\$) | FORMA DE PAGO  | TIEMPO DE ENTREGA   | OBSERVACIONES  |
| FEBRES CORDERO CIA DE COMERCIO                      | SDMO             | MOTOR JOHN DEERE Y ALTERNADOR LEROY SOMER             | GENERADOR SDMO MODELO J120 POTENCIA 35 KVA               | INGLESA     | 1 AÑO DE OPERACIÓN, 1000 HORAS DE USO Ó LO QUE SUCEDA PRIMERO  | 54.328,40   | 50% DE ANTICIPO Y EL 50% CONTRA ENTREGA                                  | 7 SEMANAS A PARTIR DE LA FIRMA DEL CONTRATO                             | LOS GENERADORES NOVIENEN EQUIPADOS CON LA CAMARA INSONORA. |
| VALLEJO ARAUJO                                      | Perkins          | MOTOR PERKINS TURBO CARGADO Y ALTERNADOR ESTAMFORD    | EPS - 135j - 1006 - TRIFASICO 220V-60Hz. POTENCIA 30 KVA | INGLESA     | 1 AÑO DE OPERACIÓN, 1000 HORAS DE USO Ó LO QUE SUCEDA PRIMERO  | 44.446,00   | 50% DE ANTICIPO Y 50% CONTRA ENTREGA                                     | 7 SEMANAS A PARTIR DE LA FIRMA DEL CONTRATO Y LA APROBACION DEL CREDITO |  |
| IIASA (CAT)   | OLYMPIAN-PERKINS | MOTOR PERKINS TURBO ACOPLADO Y ALTERNADOR LEROY SOMER | 1006TAG TRIFASICO 220V-60Hz. POTENCIA 35 KVA             | BRASILEÑA   | 1 AÑO SIN LIMITE DE HORAS DE USO; Ó 2 AÑOS, Ó 500 HORAS DE USO | 40.337,12   | 70% DE ANTICIPO Y 30% CONTRA ENTREGA DEL EQUIPO, MANO DE OBRA DE CONTADO | 8 SEMANAS A PARTIR DE LA FIRMA DEL CONTRATO Y LA APROBACION DEL CREDITO |  |

Fuente: el autor

En síntesis la mejor opción de compra es el grupo electrógeno Olympian-Perkins, que lo oferta la empresa IIASA, cabe indicar que cuando la potencia del grupo electrógeno es menor 200 kVA, esta empresa oferta otras marcas, es decir la marca insignia Caterpillar, no lo ofertan, salvo si superan los 200 Kva. El anexo 1, muestra características completas de este grupo electrógeno.

## CONCLUSIONES

Las mediciones de valores máximos de voltaje, corriente y potencia, se presentaron de manera instantánea, y estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 (variación no mayor al 5% del valor nominal), el cual está enfocado a la operación de equipo electrónico crítico.

El banco de transformadores de 300 kVA, se encuentra trabajando con un factor de utilización de un 38% de su capacidad nominal. Esta sin inconveniente, cumple el estándar.

Controlar el consumo de potencia reactiva resulta ventajoso para reducir consumo de potencia reactiva.

Se logra mejorar la regulación de voltaje en la red eléctrica (no fluctúa).

Se consigue operar más equipos con la misma capacidad de la red eléctrica.

Se consigue un aumento de la capacidad de líneas y transformadores instalados.

Se consigue una reducción en el costo global (factura de consumo) de la energía.

El grupo electrógeno que se propone, debe tener una potencia de 30 kVA máximo, esto solo cubre la parte reactiva o luminarias de los bloques de aula y laboratorios.

La marca según características técnicas adecuadas y además por precio accesible, es el equipo Olympian-Perkins.

El generador eléctrico no suplirá el consumo de aires acondicionados de aulas y laboratorios por mucho tiempo, se prevé una autonomía de una hora a dos horas (estimado).

## **RECOMENDACIONES**

El departamento (Mantenimiento) encargado de la subestación eléctrica dentro del campus de UCSG, debe garantizar la continuidad del servicio de energía eléctrica con estándares de calidad y eficiencia, si se debe potenciar la distribución eléctrica, se deb hacerlo empleando estándares técnicos de alta calidad.

Mejoras de calidad de energía eléctrica se centran en aplicar las normas en beneficio de los usuarios, estudiantes, autoridades y docentes del campus y en particular de la FETD.

Se debe realizar un mantenimiento principalmente en los bancos de transformadores de la facultad, ya que no se cuenta actualmente con un registro de condiciones del aceite, dieléctrico, aislamiento de las bobinas y pruebas en general.

Si se adquiere el grupo electrógeno este debe estar ubicado en un cuarto diseñado con normas técnicas, tanto de obra civil, como de conexiones a tableros de transferencias y conexiones a los bloques de aulas y laboratorios de la FETD.

Se debe además planificar mantenimientos preventivos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Enríquez (2005) Elementos de diseños de Subestaciones Eléctricas. México: Limusa.

ETSII (2010) Aparamenta Eléctrica. Prácticas de Tecnología Eléctrica. Recuperado de: <http://www.die.eis.uva.es/~daniel/docencia/te/TEIQPractica4.pdf>

ENDESA (2009) Sistema de Iluminación. Portal Endesa Educa. Recuperado de: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion)

IAE (2010) Subestaciones eléctricas. Apuntes. Recuperado de: [http://www.sagradocorazon.edu.ar/web/sexta\\_elect\\_a/Inst\\_Aplic\\_Ener/sub%20estaciones.pdf](http://www.sagradocorazon.edu.ar/web/sexta_elect_a/Inst_Aplic_Ener/sub%20estaciones.pdf)

ITCA (2009) Subestaciones eléctricas. Slideshare. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/OsQarFrndhz/subestaciones-electricas-30987082>

Grupo TEI (2009) Que es un restaurador. Página web. Recuperado de: [http://grupoteimexico.com.mx/restauradores\\_en\\_sf6.php](http://grupoteimexico.com.mx/restauradores_en_sf6.php)

Schneider Electric (2013) Diseño de instalaciones eléctricas. Portal web. Recuperado de: [http://www.electricalinstallation.org/enwiki/Power\\_factor\\_correction\\_of\\_induction\\_motors](http://www.electricalinstallation.org/enwiki/Power_factor_correction_of_induction_motors)

## **GLOSARIO**

### **Alternador**

Alternador es otro término para el grupo electrógeno de CA.

### **Ampere**

El ampere es una unidad de flujo de corriente eléctrica. Un ampere de corriente se transmitirá cuando se aplique un potencial de un voltio en una resistencia de un ohmio.

### **Anunciador**

Un anunciador es un dispositivo accesorio que se utiliza para dar una indicación remota del estado de un componente operativo en un sistema. Los anunciadores generalmente se utilizan en aplicaciones cuando los equipos monitoreados no se encuentran en el área de las instalaciones que está asistida normalmente. La NFPA tiene requisitos específicos para los anunciadores remotos utilizados en algunas aplicaciones, como en hospitales.

### **Capacidad de amperaje**

La capacidad de amperaje es la capacidad segura de transmisión de corriente de un conductor eléctrico en amperes según lo define el código.

### **Disyuntor de aire**

Un disyuntor de aire interrumpe automáticamente la corriente que circula por él cuando la corriente excede el rango de disparo del disyuntor. El aire es el medio de aislamiento eléctrico entre las piezas conductoras de electricidad y las piezas metálicas conectadas a tierra.

### **Factor de potencia**

Es la relación entre la potencia activa en watts y la potencia aparente en voltamper. También, es el coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente o el coseno del argumento de la impedancia.

### **Factor de potencia en retraso**

El factor de potencia en retraso en circuitos de CA (un factor de potencia menor que 1,0) es provocado por cargas inductivas, como motores y transformadores, que hacen que la corriente se retrase del voltaje. Consulte Factor de potencia.

### **kVA (kilovoltio amperes)**

kVA es un término que se utiliza para dispositivos eléctricos de rango. El rango de kVA de un dispositivo es igual a la salida nominal en amperes multiplicada por su voltaje nominal de funcionamiento. En el caso de los grupos electrógenos trifásicos, kVA es el rango de salida en kW dividido por 0,8; el factor de potencia nominal. kVA es la suma vectorial de la potencia activa (kW) y la potencia reactiva (kVAR) que fluye en un circuito.

### **kVAR**



kVAR (kilovoltio amperes reactivo) es el producto del voltaje y el amperaje necesario para excitar los circuitos inductivos. Está asociado a la potencia reactiva que fluye entre los devanados del electrógeno en paralelo y entre los grupos electrógenos, y los devanados de carga que suministran corrientes magnetizantes necesarias en el funcionamiento de transformadores, motores y otras cargas electromagnéticas. La potencia reactiva no carga el motor del grupo electrógeno pero limita el electrógeno térmicamente.

### **kW**

Es la abreviatura para kilovatio, un término alternativo para dispositivos eléctricos de rango. Los grupos electrógenos de los Estados Unidos generalmente se clasifican en kW. A veces denominada potencia activa, el kW carga el motor del grupo electrógeno.

### **kWh (kilovatio hora)**

Esta es una unidad de energía eléctrica. Es equivalente a un kW de energía eléctrica suministrado durante una hora.

### **Potencia aparente**

La potencia aparente es el producto de la corriente y el voltaje, expresado en kVA. Es la potencia real (kW) dividida por el factor de potencia (FDP).

### **Potencia activa**

La potencia activa es la energía real (kW) suministrada por el grupo electrógeno a la carga eléctrica. La potencia activa crea una carga en el motor del grupo electrógeno y está limitada por los caballos de fuerza del motor. La potencia activa produce calentamiento, encendido del motor, etc.