

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA**



**“ESTUDIO DE LA REDISTRIBUCION DE LAS
CARGAS ELECTRICAS DEL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.”**

Tesis para Optar el Título de Ingeniero en Energía

AUTORES :

**Bach. Marin Ruiz Edwin Erick
Bach. Teodoro Romero Jose Luis**

ASESOR :

Ing. Escate Ravello Julio

NUEVO CHIMBOTE, FEBRERO DEL 2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL EN ENERGIA**



CARTA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

Por la presente se da conformidad a la sustentación y aprobación del estudio desarrollado en cumplimiento de la Normativa Vigente y al Reglamento General para Obtener El Título Profesional en la (Resolución N° 471-2002-CU-R-UNS), del informe final de tesis titulado: **“Estudio de la redistribución de las cargas eléctricas del campus de la universidad nacional del santa”**, pertenece a los tesisistas:

- Bach. Marin Ruiz Edwin Erick
- Bach. Teodoro Romero Jose Luis

.....
Ing. Julio Escate Ravello
SECRETARIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL EN ENERGIA**



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Por la presente se da conformidad a la sustentación y aprobación del estudio desarrollado en cumplimiento de la Normativa Vigente y al Reglamento General para Obtener El Título Profesional en la (Resolución N° 471-2002-CU-R-UNS), del informe final de tesis titulado: **“Estudio de la redistribución de las cargas eléctricas del campus de la universidad nacional del santa”**, pertenece a los tesisistas:

- Bach. Marin Ruiz Edwin Erick
- Bach. Teodoro Romero Jose Luis

.....
Mg. Antenor Mariños Castillo
PRESIDENTE

.....
Mg. Robert Guevara Chinchayan
INTEGRANTE

.....
Ing. Julio Escate Ravello
SECRETARIO

.....
Mg. Robert Guevara Chinchayan
INTEGRANTE

DEDICATORIA: MARIN RUIZ EDWIN ERICK

*Quiero dedicarle este trabajo
A Dios que me ha dado la vida y fortaleza
para terminar esta presente Tesis,
A mis Padres por estar ahí cuando más los necesité;
En especial a mi madre por su ayuda
Y constante cooperación y
A mi esposa y a mi querida
Hija por ser el motor de mi vida.*

DEDICATORIA: TEODORO ROMERO JOSE LUIS

*A nuestros queridos Padres por el esfuerzo
Cariño, dedicación de todos los días y su
Afán de siempre querer lo mejor para nosotros.*

*A Dios por su apoyo infinito y por ser nuestro guía
En nuestra carrera y por ser la luz en nuestra vida.*

RECONOCIMIENTO

A nuestros colegas y amigos
Que me acompañaron
Durante mi estancia en la Escuela de
Energía
Por su compañerismo y amistad.

A los Profesores de la
EAP de Ingeniería en Energía
Y a mí Asesor Ing. Julio Escate Ravello
A los docentes Mg. Antenor Mariños Castillo e
Mg. Robert Guevara Chinchayan
Por sus enseñanzas durante
Nuestra vida universitaria.

MARIN RUIZ EDWIN

RECONOCIMIENTO

A nuestros colegas y amigos
De la EAP de Ingeniería en Energía
Siempre los recordare por esos
Gratos momentos de camaradería y
Estudio.

A los Profesores de la
EAP de Ingeniería en Energía
Y a mí Asesor Ing. Julio Escate Ravello
A los miembros del jurado
Por el apoyo desinteresado
Y sus enseñanzas durante
Nuestra vida universitaria.

TEODORO ROMERO JOSE

INDICE

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Descripción del lugar donde se ha realizado el estudio	4
1.4 Justificación	7
1.5 Hipótesis	7
1.6 Objetivos	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO	9
2.1 Sistema eléctrico de Potencia	10
2.1.1 Generación	10
2.1.2 Transformación	10
2.1.3 Transformadores de Corriente (TC)	10
2.1.3.1 Tipos de Conexión del Transformador de Corriente	11
a. Conexión en Estrella	11
b. Conexión en Delta	12
c. Conexión en Delta Abierto	12
2.1.3.2 Transformador de Tensión o Potencial (TP)	13
2.1.3.2.1 Funcionamiento	14
2.1.3.2.2 Partes de un Transformador	15
2.1.3.2.3 Transformadores Trifásicos	19
2.1.4 Transmisión	24
2.1.5 Red de Distribución	25
2.1.6 Subestación de Distribución	26
2.2 Cargas Eléctricas	28

a. Generalidades	28
b. Cargas Eléctricas Resistivas	29
c. Cargas Eléctricas Inductivas	30
d. Cargas Eléctricas Capacitivas	31
e. Cargas Combinadas	32
2.3 Tipos de Potencias Eléctricas	33
2.3.1 Potencia Activa	33
2.3.2 Potencia Reactiva	34
2.3.3 Potencia Aparente	34
2.3.4 Factor de Potencia	35
2.3.4.1 Mediciones de Factor de Potencia	38
a. Medición en Circuitos de una sola Fase	38
b. Medición en Circuitos Trifásicos Simétricos y Equilibrados	39
2.3.5 Factor de Simultaneidad	39
2.3.6 Calculo de Secciones de Líneas Eléctricas	40
a. Sección del Conductor monofásico	40
b. Sección del Conductor Trifásico	40
2.3.7 Caída de Tensión	41
a. Caída de Tensión monofásico	41
b. Caída de Tensión Trifásico	42
2.4 Esquema Eléctrico	43
2.4.1 Elementos Típicos de un Esquema Eléctrico	43
2.4.1 Tipos	43
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS	47
3.1 Materiales	48
3.1.1 Sustancias	48
3.1.2 Software y Documentos	48
3.1.3 Cuadro de Cargas	48
3.1.4 Plano Eléctrico	50
3.2 Método de Investigación	50
3.2.1 Variables	50

3.2.2	Operacionalización de las Variables	51
3.2.2.1	Definición Conceptual	51
3.2.2.1	Definición Operacional	51
3.2.3	Método de Investigación	51
3.2.4	Tipo de Estudio	52
3.2.5	Diseño de Investigación	52
3.3	Metodología de Estudio	53
CAPITULO IV: CALCULOS Y DISCUSION DE RESULTADOS		54
4.1	Determinación de las cargas Eléctricas	55
4.2	Determinación de la Caída de Tensión	64
4.3	Determinación de la Potencia de Trabajo	71
4.4	Discusión de Resultados	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		75
Conclusiones		76
Recomendaciones		77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		78
ANEXOS		82

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Organigrama de la Institución	5
Figura N° 2 Imagen Satelital del Campus Universitario I	6
Figura N° 3 Conexión Estrella	12
Figura N° 4 Conexión Delta	12
Figura N° 5 Conexión Delta Abierto	13
Figura N° 6 Transformador monofásico ideal	14
Figura N°7 Vista de un núcleo tipo acorazado con indicación de la longitud magnética media	15
Figura N°8 Transformador de tres devanados	16
Figura N°9 Diferentes tipos de boquillas	17
Figura N°10 Algunas formas constructivas de tanques	18
Figura N°11 Tanque de Expansión o Conservador de Liquido Aislante	19
Figura N°12 Transformadores monofásicos	20
Figura N°13 Conexiones de Bobinados de los Arrollamientos	20
Figura N°14 Conexión Estrella – Estrella	21
Figura N°15 Conexión Estrella – Triangulo	22
Figura N°16 Conexión Triangulo - Estrella	22
Figura N°17 Conexión Triangulo - Triangulo Conexión Delta Abierto	23
Figura N°18 Conexión Estrella-Z (Zigzag)	24
Figura N° 19 Conexión Delta Abierto	26
Figura N° 20 Forma Fasorial de Cargas Lineales	28
Figura N° 21 Forma Fasorial de Cargas no Lineales	29
Figura N° 22 Diagrama fasorial de un circuito resistivo	29
Figura N° 23 Diagrama de onda de tensión y corriente en fase	30
Figura N° 24 Diagrama fasorial de un circuito inductivo	31
Figura N° 25 Diagrama de onda de corriente en atraso con respecto a la Tensión	31
Figura N° 26 Diagrama fasorial de un circuito capacitivo	31
Figura N° 27 Diagrama de onda de corriente en adelanto 90° con respecto a la tensión	32

Figura N°28 Triangulo de Potencia.	36
Figura N°29 Medición del $\text{Cos}\phi$ en un circuito de una sola fase.	38
Figura N°30 Diagrama eléctrico de conexión.	39
Figura N°31 Esquemas Funcionales.	44
Figura N°32 Esquemas Unifilares.	45
Figura N°33 Esquemas Unifilares.	46
Figura N°34 Esquemas conexión de un transformador en Δ abierta.	45
Figura N°35 Configuración delta-delta (Δ - Δ) y delta Δ abierto	60

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1 Infraestructura Académica y Administrativa.	6
Cuadro N° 2 Cuadro de Cargas de la Subestación N° 01.	49
Cuadro N° 3 Cuadro de Cargas de la Subestación N°02.	50
Cuadro N° 4 Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada, Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Sub estación N°01 de la Universidad Nacional del Santa	55
Cuadro N° 5 Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada, Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa.	56
Cuadro N° 6 Redistribución de las Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada y Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa.	59
Cuadro N° 7 Caída de Tensión en los Circuitos de la Sub Estación N° 01 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.	61
Cuadro N° 8 Caída de Tensión en los Circuitos de la Sub Estación N° 01 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda Teórica.	62
Cuadro N° 9 Caída de Tensión en los Circuitos de la Sub Estación N° 02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.	63

Cuadro N° 10 Caída de Teórica en los Circuitos de la Sub Estación N° 02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda Teórica.	64
Cuadro N° 11 Caída de Tensión en la Redistribución de los Circuitos de la Sub Estación N° 02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.	65
Cuadro N° 12 Caída de Tensión en la Redistribución los Circuitos de la Sub Estación N° 02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda Teórica.	66

LISTA DE GRAFICOS

Grafico N° 1 Máxima Demanda de la Sub Estación N° 1	61
Grafico N° 2 Máxima Demanda de la Sub Estación N° 2	68
Grafico N° 3 Comportamiento de la Máxima Demanda S.E N° 1	69
Grafico N° 4 Comportamiento de la Máxima Demanda S.E N° 2	70

RESUMEN

El presente informe de tesis trata acerca del Estudio de la Redistribución de las Cargas Eléctricas del Campus de la Universidad Nacional del Santa; el campus cuenta con dos Sub Estaciones de 400 KVA, los cuales abastece de energía eléctrica a 40 áreas de consumo eléctrico por el crecimiento rápido de la universidad.

Al aplicarse el estudio se realiza una toma de información desde el mes de junio a noviembre del 2015 tomando medidas diarias para cada área en los horarios de 8:00 AM, 12:00 AM y 6:00 PM, para obtener la Máxima Demanda eléctrica.

Con la distribución actual y redistribución de las cargas, se obtiene las máximas demandas y se hacen los cálculos de caída de tensión para cada área y se consigue una caída de tensión menos al 2.5%.

Se obtiene la potencia de operación del S.E N° 1 con potencia contratada de 105 KW, y la S.E N° 2 con potencia contrata de 250 KW; y con el análisis de la Redistribución la S.E N° 2 requiere una potencia contrata de 270 KW con cargas futuras. Las potencias no superan la potencia de diseño de las dos subestaciones de 400KVA.

PALABRA CLAVE: Redistribución de Carga/ Máxima Demanda.

ABSTRACT

This report thesis deals with the study of the Redistribution of Power Charges Campus of the National University of Holy; The campus has two sub stations having a capacity of 400 KVA each, which supplies electricity to 40 areas of power consumption by the rapid growth of the university.

Applying the study-taking information is from June to November 2015 taking daily measurements for each area in the hours from 8:00 AM, 12:00 AM and 6:00 PM, for maximum power demand.

With the current distribution and redistribution of loads, the maximum demands is obtained and the voltage drop calculations are made for each area and a voltage drop is achieved less than 2.5%.

Power operation S.E N° 1 is obtained with contracted power of 105 KW, and S.E N° 2 250 KW power contracts; and the analysis of the S.E Redistribution N° 2 requires a power of 270 KW contracts with future loads. The powers do not exceed the design power of 400KVA sub stations.

KEYWORD: Redistribution Load / Maximum Demand.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Universidad Nacional del Santa debido a su crecimiento institucional requiere un suministro de energía eléctrica eficiente y rentable, de esta manera el servicio estará acorde con la tecnología. En la actualidad cuenta con dos Subestaciones eléctricas S.E.Nº01 de 400kVA y S.E.Nº02 de 400kVA las cuales suministran energía eléctrica a todo el campus de la Universidad Nacional del Santa. A raíz del rápido crecimiento en infraestructura y los nuevos proyectos ejecutados; la universidad Nacional del Santa está siendo afectado por una deficiencia de energía eléctrica en los edificios existentes por la falta de planeamiento y proyección en el área eléctrica. Esto nos permite formular el siguiente problema:

¿EN QUÉ MEDIDA LA REDISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS INFLUIRÁ EN LA MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA?

1.2 ANTECEDENTES:

Se tienen los siguientes estudios que sirven como antecedente al presente informe de tesis:

DOS SANTOS ALVINO, Carlos José (2009). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Concluye lo siguiente: Se determinó que las pérdidas técnicas en energía constituyen el 3,97% de la potencia total de entrada, lo cual indica que este valor permanece dentro del rango de operación permisible por la empresa, el mayor porcentaje de pérdidas de energía son representadas por las no técnicas con 33,46% de la potencia entregada, debido al gran número de irregularidades existentes en el puente bornera de los contadores instalados, lo cual demuestra la manipulación de los equipos contadores al momento de su instalación, en la descripción técnica de los elementos que conforman el sistema de distribución se pudo determinar que las barras distribuidoras no cumplen con los requerimientos de la empresa ya que su dimensionamiento no es adecuado para el número de usuarios y carga conectados.

LEZAMA CENTENO, José Enrique (2007). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Concluye lo siguiente: Luego de realizar el movimiento de taps de los transformadores de potencia de las subestaciones Dosquebradas, Cuba y La Rosa que son de gran importancia debido a que estas manejan tensiones de 115 kV, se afectaron la mayoría de las tensiones y flujos de potencia reactiva por las líneas del sistema. Por otro lado se tienen subestaciones que manejan tensiones de 33 kV y 13,2 kV; al realizar el movimiento de taps de los transformadores 33/13,2 kV solo se obtuvo un cambio de tensión en el nodo de baja de la subestación y el flujo de reactivos por las líneas del sistema fue casi constante. La inyección de reactivos a través de bancos de condensadores es una solución para las bajas tensiones en los nodos, además evita que tengan que comprarse reactivos para mejorar estas tensiones.

EDGAR C. Hernández Natera (2004). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Concluye lo siguiente: se actualizaron las cargas en PDVSA Anaco y se determinaron las pérdidas presentes en el sistema eléctrico, todo esto basado en el estudio del balance de energía del sistema de transmisión con la finalidad de cuantificar la energía que se compra, consume y vende en el Distrito de PDVSA Anaco y de esta manera poder obtener las pérdidas de energía eléctrica y los costos relacionados a dichas pérdidas.

MALAVÉ CABRERA, Perminio (2000). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Concluye lo siguiente: Se elaboró un análisis que contribuya a la reducción de las pérdidas de energía técnicas y no técnicas en los alimentadores de distribución a nivel de 13.8 KV, pertenecientes a la Subestación Universidad, Maturín-Edo. Monagas. Se determinó la disponibilidad del sistema para analizar los circuitos que tengan mayor demanda y así aplicar los diferentes métodos de reducción de pérdidas tales como: transferencia de carga, colocación de bancos de condensadores, etc. Todo esto se hizo con la finalidad de poder reducir pérdidas, mejorar el funcionamiento y alargar el tiempo de vida de dichos alimentadores.

NUÑEZ SUAREZ. Pedro (2013). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad Tecnológica de Pereira. Concluye lo Siguiete: Se presentó una metodología para la reubicación óptima de transformadores llegando al fin de disminuir pérdidas técnicas en sistemas de distribución. Para describir el problema se propuso un nuevo modelo matemático que considera costos de transporte, ubicación de nuevos transformadores de distribución, costos operativos asociados a las pérdidas técnicas y costos de instalación y desinstalación. Adicionalmente, se corrigió el efecto de la reubicación sobre la coordinación de fusibles de protección en el sistema. Para verificar la metodología propuesta se empleó un sistema de distribución colombiano, donde los resultados obtenidos respaldan su validez.

ORMAZA BUSTAMANTE, David (2008). En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad Tecnológica de Guayaquil. Concluye lo Siguiete: Se dio a conocer los aspectos generales como el estatuto, como está manejada administrativamente la empresa, infraestructura, características de la carga, etc. Se realizó una metodología de cálculo lo cual se determinó las pérdidas técnicas y no técnicas, y luego se determinó las pérdidas de potencia y energía.

1.3 DESCRIPCION DEL LUGAR DONDE SE HA REALIZADO EL ESTUDIO.

a. DATOS MARCO :

Razón Social : Universidad Nacional Del Santa
Dirección : Av. Universitaria S/N Urbanización Bellamar-Nuevo Chimbote
Teléfono : Central (51)-43-310445
RUC : 20148309109

ORGANIGRAMA DE LA INSTIUCION:

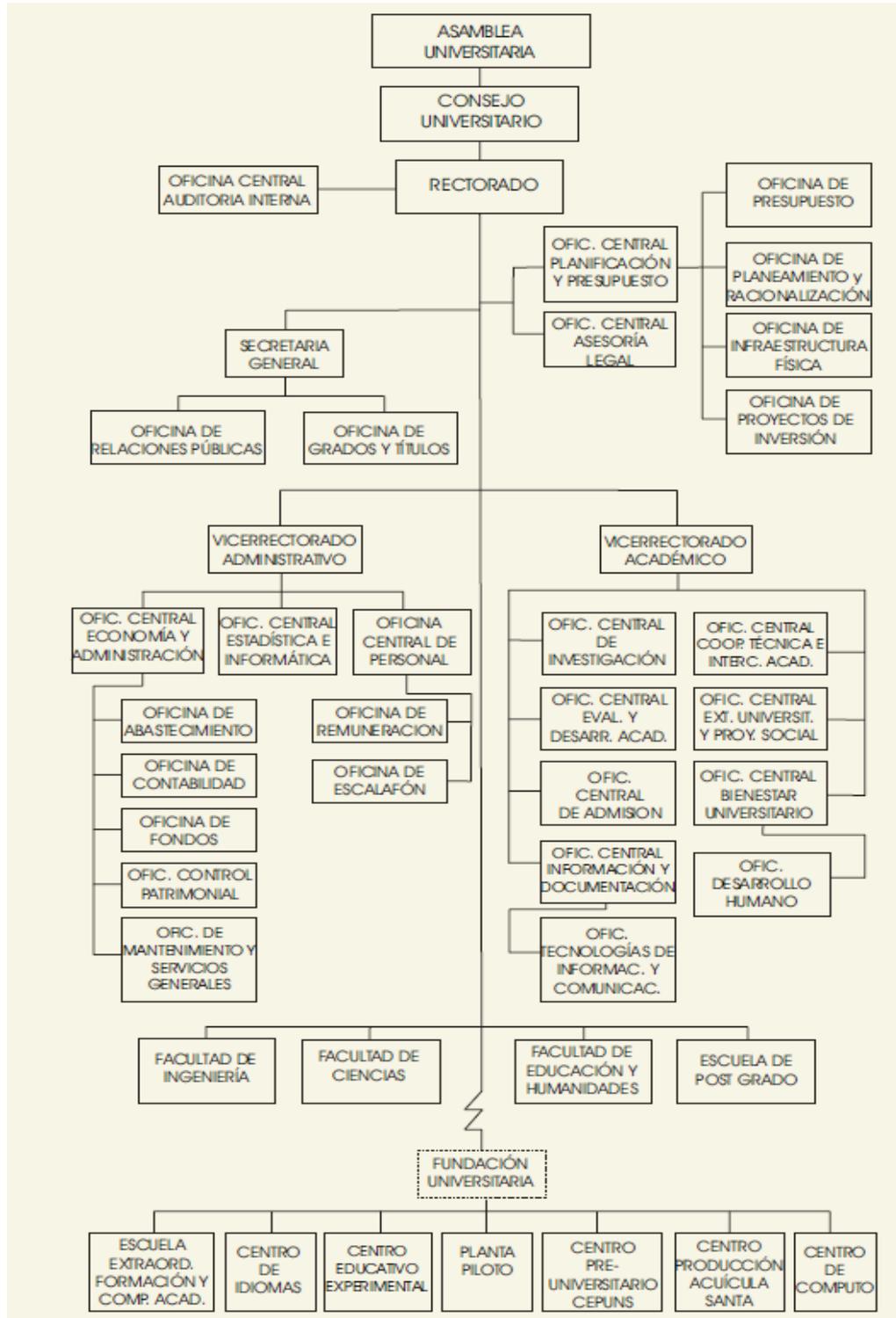


Figura N° 1 organigrama de la institución

Fuente: www.uns.edu.pe – página oficial

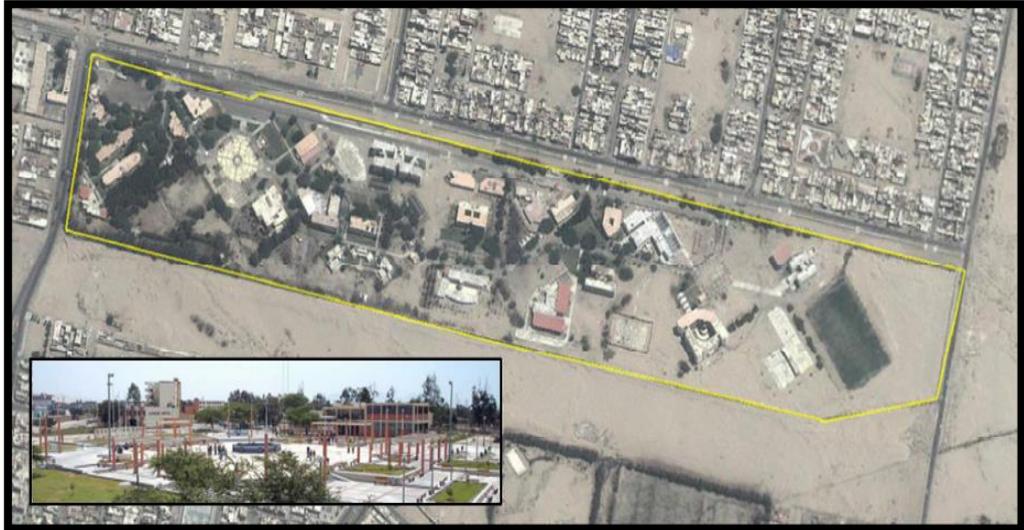


Figura N° 2 Imagen satelital del Campus Universitario I

Fuente: Google Earth

DESCRIPCION DE INSTALACIONES EXISTENTES:

Las edificaciones existentes dentro del campus de la universidad nacional del santa.

Cuadro N°1 Infraestructura académica y administrativa

EDIFICACIONES	NUMERO DE EDIFICIOS
INFRAESTRUCTURA ACADÉMICA	
Escuela P. Académica de Educación	1
Escuela P. Académica de Microbiología y Biotecnología	1
Pool de Aulas	1
Escuela P. Académica de Ingeniería en Energía	1
Escuela P. Académica de ingeniería de Computación e Informática	1
Escuela P. Académica de Ingeniería Agroindustrial	1
Planta Piloto de Productos Agroindustriales	1
Edificio de la Biblioteca Central	1
Laboratorios de la EAP de Biología en Acuicultura	1
Centro de Idiomas.	1
Escuela P. Académica Ingeniería Civil	1
Escuela P. Académica Enfermería	1
Escuela P. Académica Comunicación social	1

INFRAESTRUCTURA ADMINISTRATIVA	
Garitas	3
Maestranza y servicios generales	2
Batería de Servicios Higiénicos	3
Cocina Universitaria	1
Librería Universitaria	1
Cafetería Universitaria	1
Tanque Elevado – Cisterna	1
Pabellón de Admisión	1
Oficinas Administrativas	1

Fuente: Elaboración Propia

1.4 JUSTIFICACIÓN.

El presente Tesis es de gran importancia y tiene su justificación en lo siguiente:

- Con los resultados a obtener permitirá conocer los datos sobre el estado de la potencia instalada y máxima demanda eléctrica actual en la universidad del santa para tener un adecuado control de estos parámetros energéticos.
- De igual forma se contribuirá a la elaboración de un plan estratégico energético donde se plasmen las actividades y estrategias necesarias para el control de la demanda actual y futura de las cargas eléctricas en la Universidad Nacional del Santa.
- La ejecución del presente proyecto servirá para lograr la mejora del abastecimiento de energía eléctrica en el campus de la Universidad Nacional del Santa y para la reserva de carga futura.

1.5 HIPÓTESIS.

Se plantea la siguiente hipótesis: “LA REDISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS INFLUYE EN LA MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA”.

1.6 OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Determinar la influencia de la redistribución de las cargas eléctricas en el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica del campus de la Universidad Nacional del Santa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las cargas eléctricas con la distribución actual y redistribución de las cargas eléctricas en el campus de la Universidad Nacional del Santa.
- Calcular la caída de tensión de la distribución actual y redistribución de las cargas eléctricas en el campus de la Universidad Nacional del Santa.
- Determinar la potencia de trabajo de las subestaciones con la distribución actual y con la redistribución de las cargas eléctricas en el campus de la Universidad del Santa.

CAPITULO II:

MARCO TEORICO

2.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.

Un sistema eléctrico de potencia es el conjunto de equipos y elementos que realizan funciones específicas para generar, transformar, transmitir y distribuir la energía eléctrica, la cual es utilizada en los centros de carga. Para ello se realiza una serie de procesos y maniobras para que la energía sea transmitida de una forma eficiente y rentable. A continuación se definirá cada una de las etapas por las cuales pasa la energía eléctrica para llegar hasta los usuarios.

2.1.1 GENERACIÓN.

En esta etapa se produce la energía eléctrica mediante máquinas generadoras, que utilizando la energía hidráulica, solar, térmica o nuclear etc., la transforma en energía eléctrica.

2.1.2 TRANSFORMACIÓN.

Es la encargada de transformar los voltajes y corrientes de un nivel a otro en un sistema de potencia. El transformador es el equipo que realiza este proceso, en su forma más simple en dos bobinas (primaria y secundaria) entrelazadas por el mismo circuito magnético.

La operación eficiente de los transformadores unidos a la red se debe realizar de una forma global, ya que es posible que una operación eficiente global corresponda a un mayor número de transformadores de menor capacidad, en lugar de obtener una operación eficiente de los transformadores por separado.

Entre los principales tipos de transformadores de energía eléctrica se encuentran: Transformador de Corriente (TC) y Transformador de Tensión o de Potencial y los Transformadores de Potencia (TP).

2.1.3 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC).

La función de un transformador de corriente es la reducir a valores normales y no peligrosos, las características de corriente en un sistema eléctrico, con el fin de

permitir el empleo de aparatos de medición normalizados, por consiguiente más económicos y que pueden manipularse sin peligro.

Un transformador de corriente es un transformador de medición, donde la corriente secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria, y desfasada de ella un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de dicho transformador está conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, conectados en serie.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios devanados secundarios embobinados sobre uno o varios circuitos magnéticos separados.

2.1.3.1 TIPOS DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

Existen tres formas en las que normalmente se conectan los secundarios de los transformadores de corriente, en circuitos trifásicos:

- a) En estrella.
- b) En delta.
- c) En delta abierta.

a) Conexión en estrella.

En esta conexión se colocan tres transformadores de corriente, uno en cada fase, con relevadores de fase en dos o tres de las fases para detectar fallas de fase. En sistemas aterrizados, un relevador conectado en el común de los tres TC's detecta cualquier falla a tierra o por el neutro.

En sistemas no aterrizados conectados de la misma forma puede detectar fallas a tierra múltiples de diferentes alimentadores. Las corrientes en el secundario están en fase con las del primario.

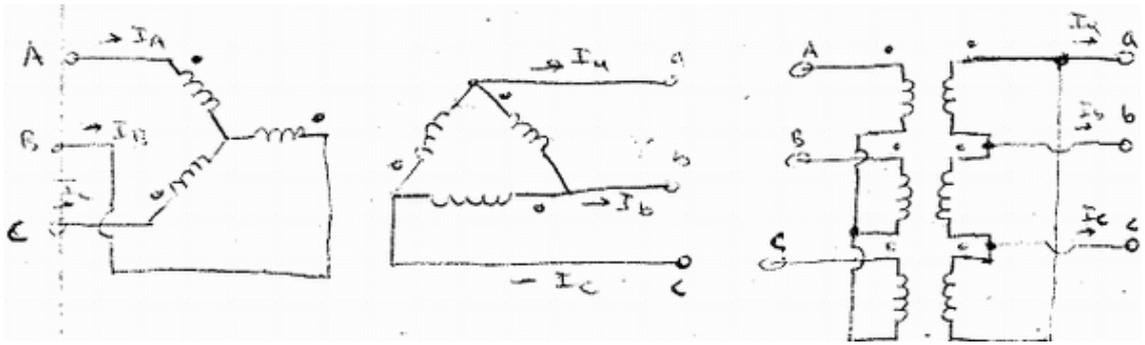


Figura N°3 Conexión Estrella.

Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

b) Conexión en Delta.

Esta configuración utiliza tres transformadores de corriente, pero a diferencia de la conexión en estrella, los secundarios se interconectan antes de conectarlos a los relevadores. Este tipo de conexión se utiliza para la protección diferencial de transformadores de potencia.

La conexión en delta de los TC's se utiliza en el lado del transformador de potencia conectado en estrella, y la conexión en estrella de los TC's se usa en el lado del transformador conectado en delta.

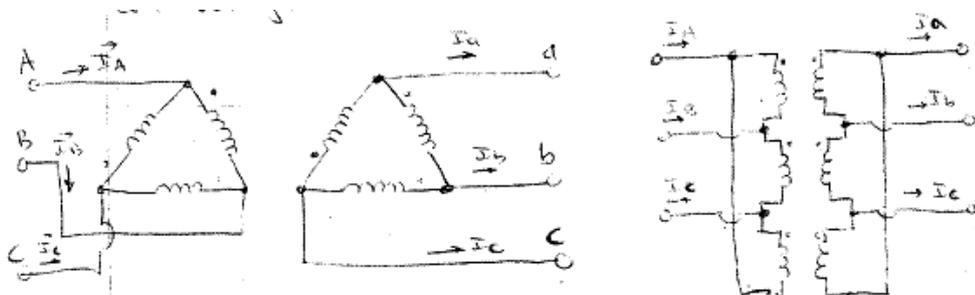


Figura N°4 Conexión en Delta.

Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

c) Conexión en Delta Abierta.

Esta conexión es básicamente la misma que la conexión en delta pero con un elemento faltante, usando solo dos TC's. Con esta conexión se puede lograr una protección contra falla entre fases, en las tres fases, pero solo ofrece protección de

fallas a tierra para las fases en que se tiene TC y si el ajuste del relevador está por debajo de la magnitud de la falla.

En esta conexión las corrientes del secundario están en fase con las del primario. Ya que, con esta conexión no es posible detectar las fallas de secuencia cero, rara vez se usa como única protección del circuito. Frecuentemente se acompaña con un TC de secuencia cero tipo dona.

Este TC de secuencia cero se puede aplicar en sistemas aterrizados o flotados, y como estos transformadores y sus relevadores asociados no son sensibles a las corrientes de fase, estos pueden ser de relativa baja capacidad, por lo mismo pueden ser muy sensibles a fallas a tierra.

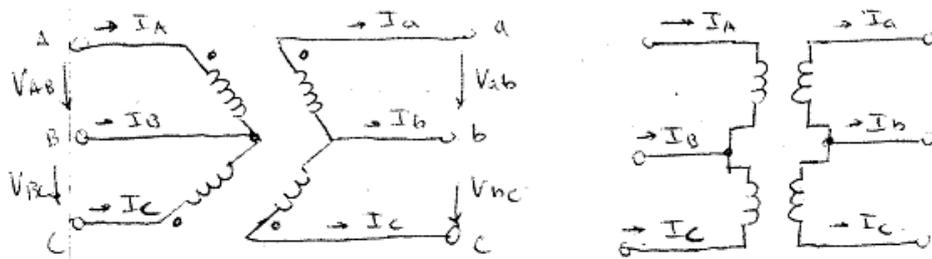


Figura N°5 Conexión Delta Abierto

Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

2.1.3.2 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN O POTENCIAL (TP).

Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

2.1.3.2.1 Funcionamiento.

Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. Este flujo originará por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.

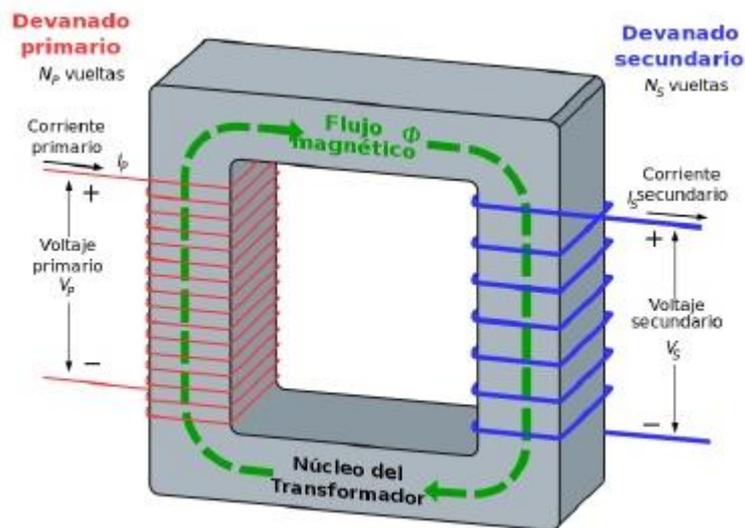


Figura N°6 Transformador monofásico ideal, Donde se aprecia la dirección del flujo magnético.

Fuente: Transformador de potencia (www.Monografias.com)

En los transformadores de potencia existen corrientes llamadas transitorias de magnetización o INRUSH CURRENT que es una corriente varias veces la corriente nominal que se produce al momento de conectar el transformador a la red. Puede ser de 10 veces la corriente nominal hasta 100 veces en casos raros.

2.1.3.2.2 Partes de un Transformador.

- **El núcleo.**

El núcleo está formado por varias chapas u hojas de metal (generalmente material ferromagnético) que están apiladas una junto a la otra, sin soldar, similar a las hojas de un libro. La función del núcleo es mantener el flujo magnético confinado dentro de él y evitar que este fluya por el aire favoreciendo las pérdidas en el núcleo y reduciendo la eficiencia. La configuración por láminas del núcleo laminado se realiza para evitar las corrientes de Foucault que son corrientes que circulan entre láminas, indeseadas pues favorecen las pérdidas.

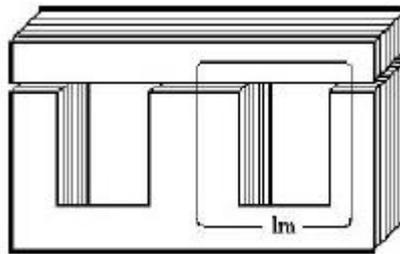


Figura N°7 Vista de un núcleo tipo acorazado con indicación de la longitud magnética media.

Fuente: Transformador de potencia (www.ingelec.uns.edu.ar)

- **Bobinas.**

Las bobinas son simplemente alambre generalmente de cobre enrollado en las piernas del núcleo. Según el número de espiras (vueltas) alrededor de una pierna inducirá un voltaje mayor. Se juega entonces con el número de vueltas en el primario versus las del secundario. En un transformador trifásico el número de vueltas del primario y secundario debería ser igual para todas las fases.

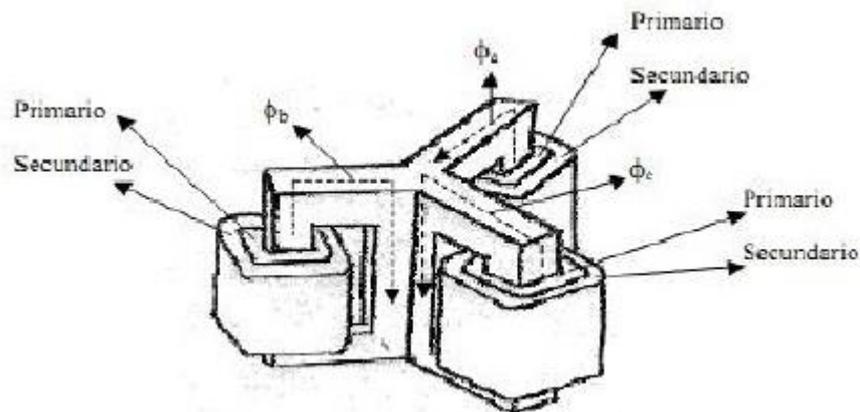


Figura N°8 Transformador de tres devanados.

Fuente: Transformador de potencia (www.ingelec.uns.edu.ar)

- **Boquillas Terminales (Bushing).**

Las boquillas se emplean para pasar de un conductor de alta tensión a través de una superficie aterrizada, como son el caso del tanque de un transformador o de un reactor. Las boquillas deben ser capaces de transportar las corrientes de los equipos en régimen nominal y de sobrecarga, de mantener el aislamiento tanto para tensión nominal como para sobretensiones y de resistir también esfuerzos mecánicos. Las boquillas de acuerdo a las funciones desempeñadas se pueden clasificar en:

- Boquillas de terminales de línea
- Boquillas de terminales en neutro
- Boquillas de terciario

Las boquillas para transformadores y reactores son del tipo exterior-inmersa, es decir una extremidad está destinada a la exposición a la intemperie y la otra inmersa en aceite aislante.

Las boquillas de terminales de línea son en general de papel impregnado con aceite con distribución capacitiva provista de derivaciones para prueba y eventualmente de derivaciones de tensión. Las boquillas de terciario y neutro

pueden ser de papel impregnado en aceite o con resina, con o sin distribución capacitiva.



Figura N°9 Diferentes tipos de boquillas.

Fuente: Transformador de potencia (www.ingelec.uns.edu.ar)

- **Tanque o Cubierta.**

De acuerdo a su diseño hay tanques lisos, con aletas, con ondulaciones y con radiadores, dependen del tipo de aceite y medio de refrigeración para su selección. En general, consiste en una caja rectangular dividida en dos compartimientos.

1. Un compartimiento que contiene el conjunto convencional de núcleo-bobinas.
2. Un segundo compartimiento para terminaciones y conexiones de los cables. Los conductores de cable primario están conectados por medio de conectores de enchufe para la conexión y desconexión de la carga. Los conductores del secundario van, por lo general, atornillados a terminales de buje.
3. Tienen fusibles de varias clases que van en un porta fusibles colocado en un pozo que está al lado del tanque, de manera que pueda secarse del mismo.

ALGUNOS TIPOS DE TANQUES PARA VENTILACIÓN NATURAL EN ACEITE

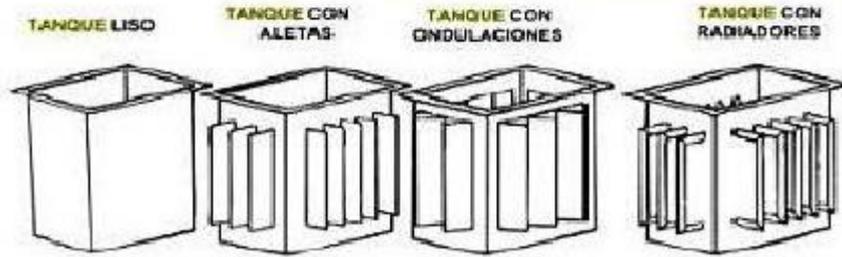


Figura N°10 Algunas formas constructivas de tanques.

Fuente: Transformador de potencia (www.ingelec.uns.edu.ar)

- **Tanque Conservador de Líquido Aislante.**

Este tanque consiste de un recipiente fijo a la parte superior del transformador sobre el tanque o carcasa.

Está destinado a recibir el aceite del tanque cuando éste se expande, debido al efecto del calentamiento por pérdidas internas. Por lo tanto, algunos transformadores de potencia necesitan una cámara de compensación de expansión del líquido aislante.

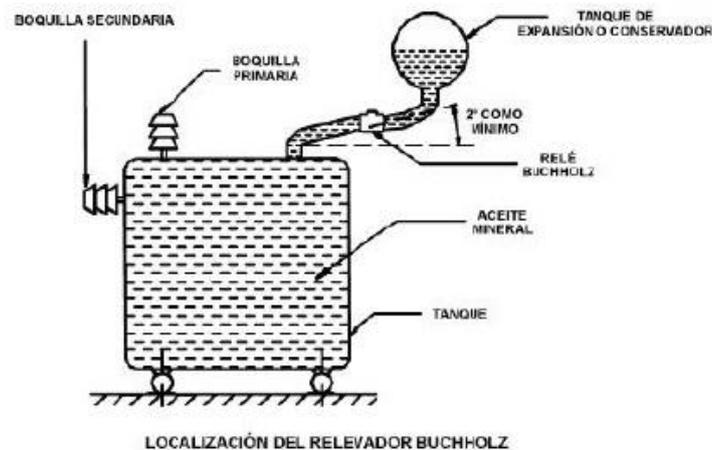


Figura N°11 Tanque de Expansión o Conservador de Líquido Aislante

Fuente: Transformador de potencia (www.ingelec.uns.edu.ar)

2.1.3.2.3 Transformadores Trifásicos.

El transformador más utilizado actualmente es el trifásico. Esto se debe a que la producción, distribución y consumo de energía eléctrica se realizan en corriente alterna trifásica. Entendemos por transformador trifásico aquel que es utilizado para transformar un sistema trifásico equilibrado de tensiones en otro sistema equilibrado de tensiones trifásico pero con diferentes valores de tensiones e intensidades.

Actualmente casi todos los sistemas principales de generación y distribución de potencia en el mundo son trifásicos de CA. Para transformar la corriente alterna trifásica se puede hacer uso de tres transformadores monofásicos. En el sistema trifásico estos tres transformadores deben trabajar como una sola unidad. Es lógico preguntarse si no sería posible unir los tres transformadores monofásicos en un solo artefacto trifásico y con ello conseguir economía de material. Imaginémonos tres transformadores independientes. Uniéndolos en un solo transformador trifásico, dejamos sin modificación aquella parte de los núcleos que llevan los arrollamientos y unimos los demás lados de los tres núcleos en un

camino magnético común. Tal sistema magnético puede ser comparado con la conexión en estrella de tres circuitos eléctricos.

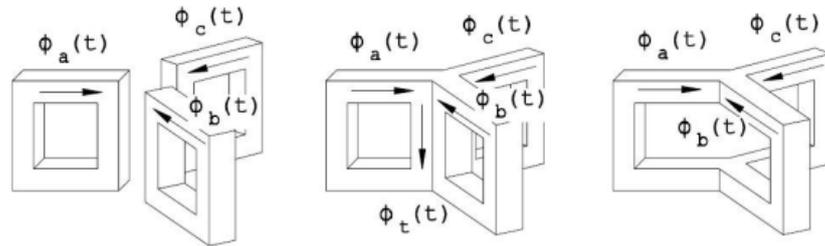


Figura N°12 Transformadores monofásicos

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Las formas muy comunes de realizar las conexiones de los bobinados de los arrollamientos son: estrella (con o sin neutro), en triángulo y en zig-zag.

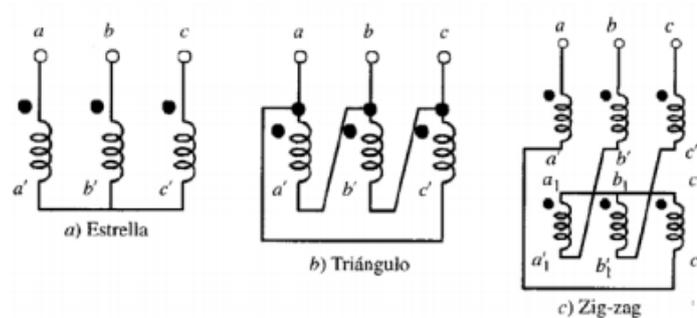


Figura N°13 Conexiones de Bobinados de los Arrollamientos

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Las distintas conexiones se designan con letras, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- Estrella: (Y, en el lado de alta tensión) y (y en el lado de baja tensión).
- Triángulo: (D en el lado de alta tensión) y (d en el lado de baja tensión).
- Zig-zag: (Z en el lado de alta tensión) y (z en el lado de baja tensión).

a. Conexiones de los transformadores.

Las conexiones básicas de los transformadores trifásicos son: Y-y, Y-d, D-y, D-d, Y-z.

Conexión Y-y.

En esta clase de transformadores, las tres fases de ambos bobinados están conectadas en estrella, siendo la tensión de línea $\sqrt{3}$ veces mayor que la tensión de fase. Aquí también coincide que la relación de transformación.

$$m = \frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{V_{F1}}{V_{F2}}$$

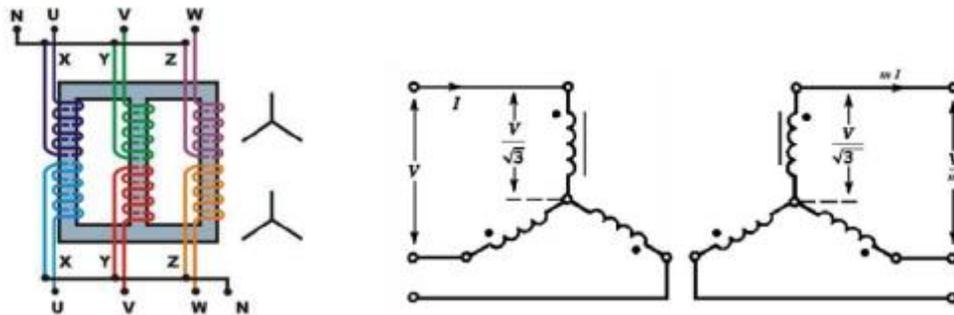


Figura N°14 Conexión Estrella - Estrella

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Conexión Y-d.

En esta clase de transformadores las tres fases del bobinado primario están conectadas en estrella y las del secundario en triángulo. Aquí el voltaje de línea primario está relacionado con el voltaje de fase por: $V_{L1} = \sqrt{3} V_{F2}$, mientras que el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario $V_{L1} = V_{F2}$, por tanto la relación de voltajes de fase es: $m = V_{F1} / V_{F2}$, por lo que la relación general entre voltajes de línea será:

$$\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \sqrt{3} \frac{V_{F1}}{V_{F2}} = \sqrt{3}m$$

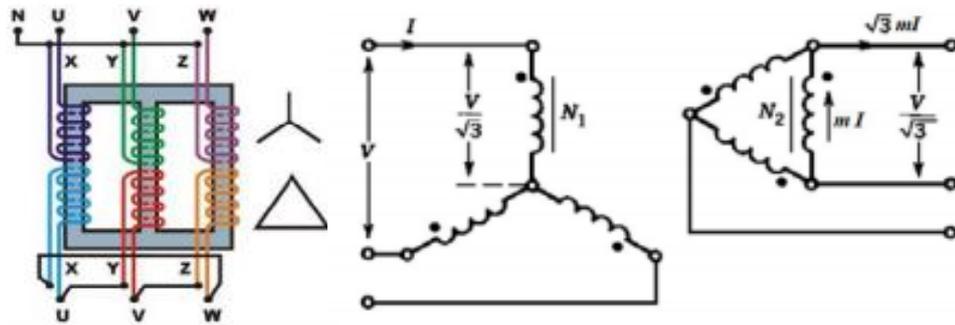


Figura N°15 Conexión Estrella - Triangulo

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Conexión D-y.

En esta clase de transformadores, las tres fases del bobinado primario están conectadas en triángulo, mientras que las del bobinado secundario lo están en estrella. Aquí el voltaje de línea primario es igual al voltaje de fase primario, $V_{L1} = V_{F1}$, mientras que los voltajes secundarios $V_{L2} = \sqrt{3} V_{F2}$. Por lo tanto $V_{L1} / V_{L2} = m / \sqrt{3}$.

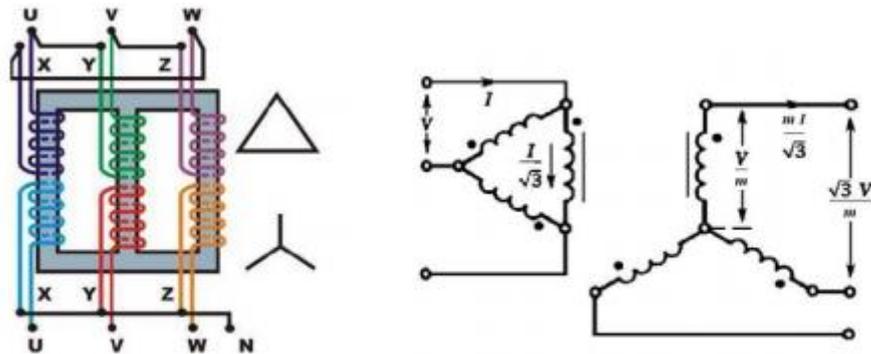


Figura N°16 Conexión Triangulo - Estrella

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Conexión D-d.

Se utiliza esta conexión cuando se desean mínimas interferencias en el sistema. Además, si se tiene cargas desequilibradas, se compensa dicho desequilibrio, ya

que las corrientes de la carga se distribuyen uniformemente en cada uno de los devanados. En esta clase de transformadores tanto el bobinado primario y secundario está conectados en triángulo, resultando las tensiones de línea y de fase iguales, resultando la relación de transformación:

$$m = \frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{V_{F1}}{V_{F2}}$$

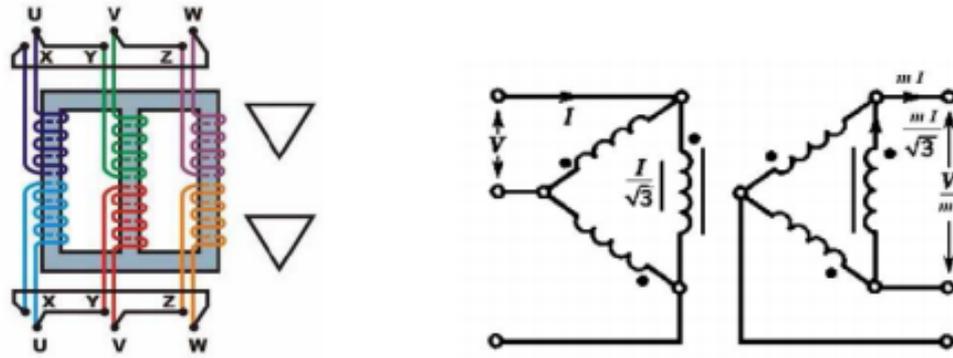


Figura N°17 Conexión Triangulo - Triangulo

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

Conexión Y-z (Zig-zag).

Se consigue la conexión zig-zag descomponiendo cada fase del bobinado secundario en dos mitades, las cuales se colocan en columnas sucesivas del núcleo magnético y arrolladas en sentido inverso, conectando los finales en estrella. Esta conexión se emplea únicamente en el lado de baja tensión. Tiene un buen comportamiento frente a desequilibrios de carga.

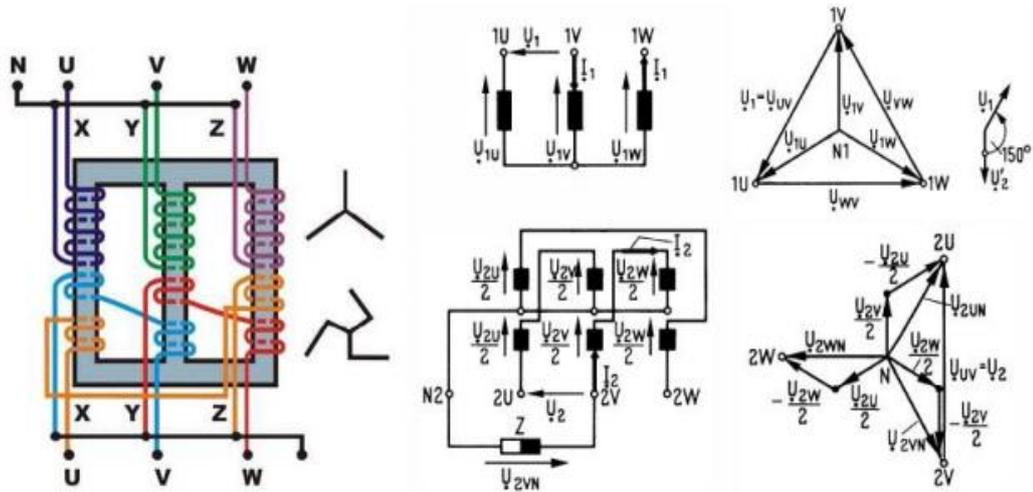


Figura N°18 Conexión Estrella-Z (Zigzag)

Fuente: Transformador Trifásico (www.ingelec.uns.edu.ar)

2.1.4 TRANSMISIÓN.

Es la red de transporte de energía eléctrica, se considera parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

Para ello, los niveles de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar la tensión se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por Efecto Joule. Con este fin se remplazan subestaciones elevadoras en las cuales dicha transformación se efectúa empleando transformadores, o bien autotransformadores. De esta manera, una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 220 kV y superiores, denominados alta tensión, de 400 o de 500 kV.

Parte de la red de transporte de energía eléctrica son las llamadas líneas de transporte.

2.1.5 RED DE DISTRIBUCIÓN.

a) Acometida.

Se llama acometida en las instalaciones eléctricas a la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora hacia la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.

Las acometidas en baja tensión (de 0 a 600/1000 V dependiendo del país) finalizan en la denominada caja general de protección mientras que las acometidas en alta tensión (a tensión mayor de 600/1000 V) finalizan en un centro de transformación del usuario, donde se define como el comienzo de las instalaciones internas o del usuario. La capacidad de la línea de transmisión afecta al tamaño de estas estructuras principales.

Continuidad de la acometida.

Los conductores de la acometida deberán ser continuos, desde el punto de conexión de la red hasta los bornes de la entrada del equipo de medida. No se aceptarán empalmes, ni derivaciones, en ningún tramo de la acometida. En la caja o armario de medidores deberá reservarse en su extremo una longitud del conductor de la acometida suficiente que permita una fácil conexión al equipo de medida.

Tipos de acometida.

- Acometida aérea: cuando la entrada de cables del suministrador se da por lo alto de la construcción, normalmente por medio de una mufa y tubo, desde un poste de la red de suministro, en alta tensión los cables del suministro suelen ser llevados al usuario por tuberías enterradas para minimizar los peligros desde las redes aéreas de la empresa suministradora, pero cuando son aéreas es usual el uso de pórticos o torres.
- Acometida subterránea, cuando la entrada de cables del suministrador se da por debajo de la construcción, desde un registro o pozo de visita de la red de suministro.

b) Alimentador.

Transporta la energía desde el lado de carga del principal dispositivo de protección hasta la entrada de los dispositivos de protección de los circuitos derivados.

El número y dimensionamiento de los conductores del alimentador, se determina de acuerdo a las características del sistema y los factores de demanda aplicables.

c) Circuitos Derivados.

Transportan la energía desde el último dispositivo de protección hasta las salidas para los aparatos o equipos eléctricos.

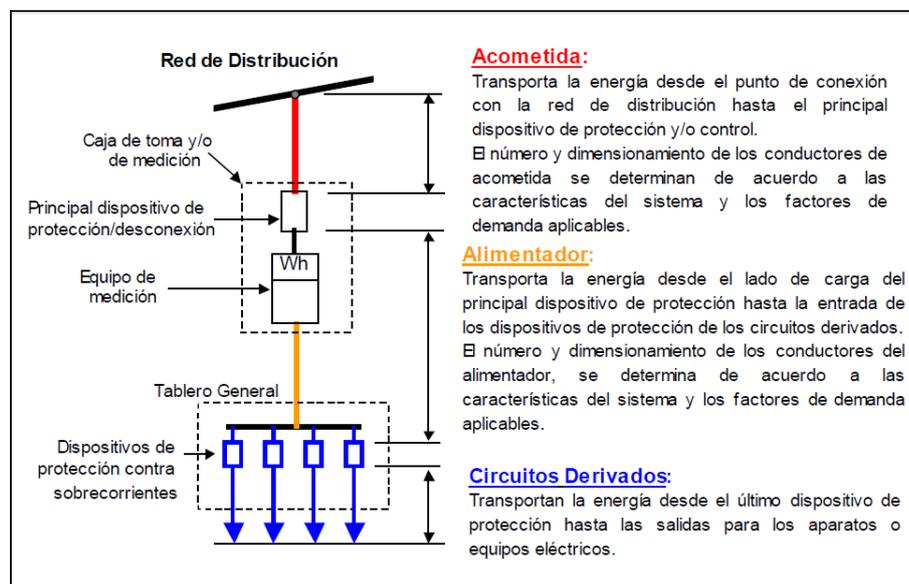


Figura N°19 Conexión Delta Abierto

FUENTE: Código Nacional Eléctrico

2.1.6 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general 3 principales, y las demás son derivadas.

Las secciones principales son las siguientes:

1. Sección de medición.
2. Sección para las cuchillas de paso.
3. Sección para el interruptor.

Las secciones derivadas normalmente llevan interruptores, depende de que tipo, hacia los transformadores.

Como norma general, se puede hablar de subestaciones eléctricas elevadoras, situadas en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de tensión, hasta 132, 220 o incluso 400 kV, antes de entregar la energía a la red de transporte. Las subestaciones eléctricas reductoras, reducen el nivel de tensión hasta valores que oscilan, habitualmente entre 13,2, 15, 20, 45 ó 66 kV y entregan la energía a la red de distribución. Posteriormente, los centros de transformación reducen los niveles de tensión hasta valores comerciales (baja tensión) aptos para el consumo doméstico e industrial, típicamente 400 V.

Existen dos razones técnicas que explican por qué el transporte y la distribución en energía eléctrica se realizan a tensiones elevadas, y en consecuencia, por qué son necesarias las subestaciones eléctricas:

- Las pérdidas de potencia que se producen en un conductor por el que circula una corriente eléctrica, debido al Efecto Joule, son directamente proporcionales al valor de esta ($P = I^2 \cdot R$).
- La potencia eléctrica transportada en una red es directamente proporcional al valor de su tensión y al de su intensidad ($P = V \cdot I$).

Por tanto, cuanto mayor sea el valor de la tensión, menor deberá ser el de intensidad para transmitir la misma potencia y, en consecuencia, menores serán las pérdidas por efecto Joule.

Además de transformadores, las subestaciones eléctricas están dotadas de elementos de maniobra (interruptores, seccionadores, etc.) y protección (fusibles, interruptores automáticos, etc.) que desempeñan un papel fundamental en los procesos de mantenimiento y operación de las redes de distribución y transporte.

2.2 CARGAS ELECTRICAS.

a. GENERALIDADES.

Una carga es un elemento que consume energía eléctrica; en general existen dos tipos de cargas dentro de los sistemas eléctricos: Cargas lineales y las Cargas no lineales. Una carga es lineal cuando la tensión aplicada a sus extremos y la corriente que pasan por ella están estrechamente relacionadas.

- Cargas lineales resistivas: Hornos eléctricos de resistencias, lámparas incandescentes.
- Cargas lineales inductivas: Motores eléctricos, transformadores.
- Cargas lineales capacitivas: Condensadores para corrección de factor de potencia.

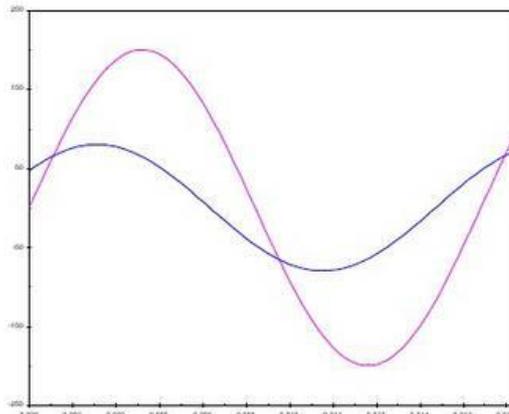


Figura N° 20 Forma fasorial de cargas lineales

Fuente: Constructor eléctrico.

Por el contrario se dice que una carga es no lineal cuando la relación tensión/corriente no es constante. Las cargas no lineales conectadas a la red de corriente alterna absorben corrientes que no son senoidales. La Carga eléctrica que demanda corriente discontinuamente o cuya impedancia varia durante el ciclo de la forma de onda del voltaje alterno –aplicado. A continuación se citan algunas cargas típicas no lineales:

- Equipos electrónicos, en general monofásicos, que internamente trabajan con corriente continua (ordenadores, impresora, autómatas programables, etc.).

- Instalaciones de iluminación con lámparas de descarga.
- Transformadores, reactancias con núcleos de hierro, etc., cuya curva de magnetización es no lineal.

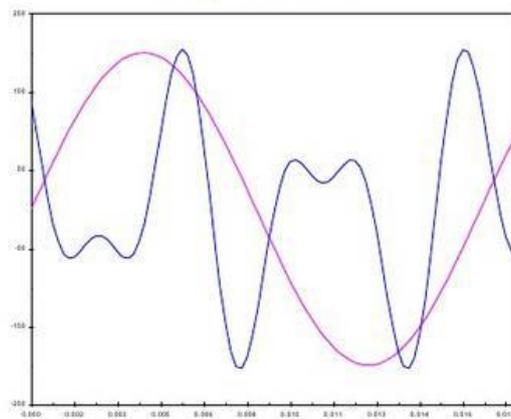


Figura N° 21 Forma fasorial de cargas no lineales
Fuente: Constructor eléctrico.

b. CARGAS ELECTRICAS RESISTIVAS.

En un circuito puramente resistivo, la corriente está en fase con la tensión y es función inmediata de la tensión. Tales cargas son referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica designada con la letra R y expresada en Ohm (Ω). Las cargas resistivas pueden encontrarse en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en donde la energía que requieren para funcionar es transformada en energía lumínica o energía calorífica, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 1.0. Por lo tanto, si la tensión y la corriente están en fase, tenemos que:

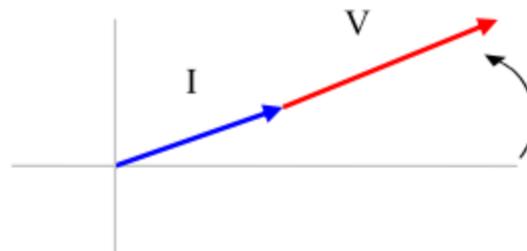


Figura N° 22 Diagrama fasorial de un circuito resistivo
Fuente: Campos Electromagneticos (Aguilar Gutierrez)

En donde:

I = Corriente eléctrica (A).

V = Tensión eléctrica (V).

R = Resistencia eléctrica (Ω).

La resistencia eléctrica absorbe potencia en Watts igual a:

$$P=V^2/R=V*I \dots\dots\dots(1)$$

En la figura N° 23, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase que existe entre ellas, la cual es igual a cero, es decir, se encuentran en fase.

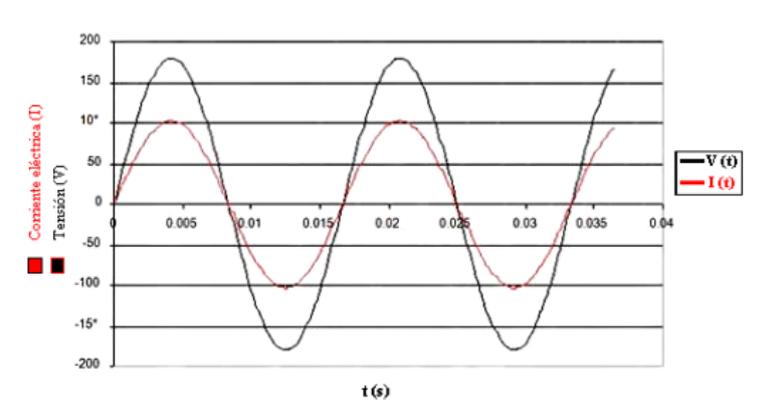


Figura N° 23 Diagrama de onda de tensión y corriente en fase
Fuente: Cargas críticas y calidad de energía (Carpio Ibañez)

c. CARGAS ELECTRICAS INDUCTIVAS.

Las cargas inductivas son encontradas en cualquier lugar donde haya bobinados involucrados, por ejemplo en los equipos del tipo electromecánicos como los motores, balastros, transformadores, entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0. Considerándose por lo tanto que las cargas inductivas, sean el origen del bajo factor de potencia. En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con la tensión ya que va atrasada 90° con respecto a la tensión.

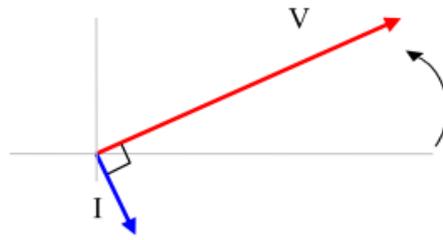


Figura N° 24 Diagrama fasorial de un circuito inductivo
 Fuente : Campos Electromagneticos (Aguilar Gutierrez)

En la figura N° 25 , se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente eléctrica en función del tiempo y el desfase de 90° de la corriente con respecto a la tensión.

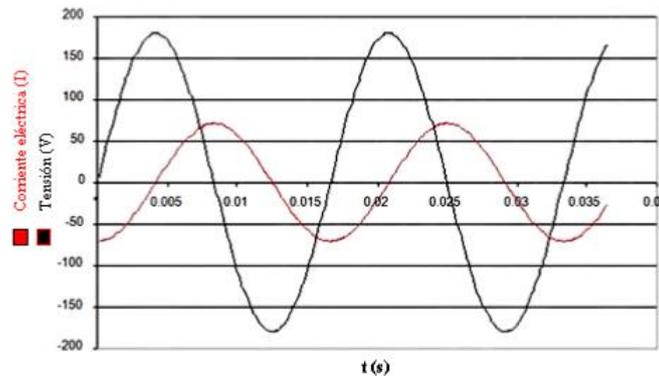


Figura N° 25 Diagrama de onda de corriente en atraso con respecto a la tension
 Fuente :Cargas criticas y calidad de energia (Carpio Ibañez)

d. CARGAS ELECTRICAS CAPACITIVAS:

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se halla adelantada respecto de la tensión 90°. En la Figura N° 26, se presenta el diagrama fasorial correspondiente a las cargas capacitivas. Las cargas de tipo capacitivo son: Bancos de capacitores y Motores síncronos.

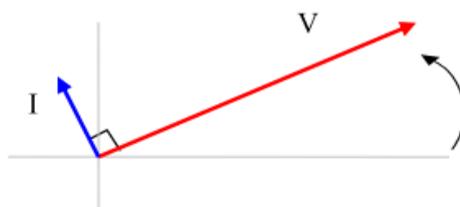


Figura N° 26 Diagrama fasorial de un circuito capacitivo
 Fuente : Campos Electromagneticos (Aguilar Gutierrez)

En un circuito puramente capacitivo, no existe consumo de energía aún si hay corriente circulando. Las cargas capacitivas generan potencia reactiva expresada en volts amperes Reactivos (VAR). En la figura 10, se muestran las ondas senoidales de tensión y corriente Eléctrica en función del tiempo, para este caso la corriente se adelanta 90° con respecto a la tensión. Un capacitor almacena energía eléctrica. Las dos superficies conductoras están separadas por un aislante no conductor. Cuando una corriente eléctrica es aplicada a un capacitor, los electrones de la corriente se acumulan en la placa adjuntada a la terminal a la cual es aplicada la corriente eléctrica. Cuando la corriente es retirada, los electrones fluirán de regreso a través del circuito para alcanzar la otra terminal del capacitor. Los capacitores son utilizados en motores eléctricos, radio circuitos, fuentes de poder y muchos otros circuitos. La capacidad de un capacitor para almacenar energía eléctrica es llamada capacitancia (C). La unidad principal de medida es el faradio, pero la mayoría de los capacitores están medidos en microfaradios. La corriente lleva el voltaje de un capacitor. El voltaje a través de las terminales comienza a cero voltios mientras la corriente está a su máximo. A medida que la carga se desarrolla en la placa del capacitor, el voltaje se eleva y la corriente cae. A medida que un capacitor se descarga, la corriente se eleva y el voltaje cae.

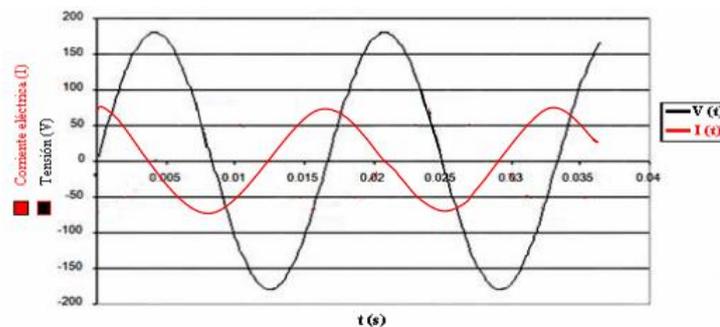


Figura N° 27 Diagrama de onda de corriente en adelanto 90° con respecto a la tensión
Fuente :Cargas criticas y calidad de energia (Carpio Ibañez)

e. **CARGAS COMBINADAS:**

En la práctica una carga no está constituida solamente por cargas resistivas, inductivas o capacitivas, ya que estas tres cargas con frecuencia coexisten en los circuitos eléctricos. Sin embargo para el caso de una industria la carga mas predominante es la carga inductiva, de ahí que sea el factor por el cual se realiza este trabajo. Las diversas cargas

son usualmente abastecidas directamente de la red principal de suministro eléctrico, sin embargo el suministro de potencia reactiva puede ser suministrado por equipos conectados en un punto de la red eléctrica, normalmente se utiliza para ello los bancos de capacitores que son fuentes suministradoras de potencia reactiva.

2.3 TIPOS DE POTENCIAS ELECTRICAS.

2.3.1 POTENCIA ACTIVA.

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Se designa con la letra P y se mide en vatios (W). Para sistemas eléctricos trifásicos equilibrados y el triángulo de impedancias se tiene la siguiente ecuación:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos\varphi \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

V_L : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

I_L : Corriente de línea en amperios (A)

P: Potencia Activa en Watt (W)

$\cos\theta$: Factor de Potencia del sistema

La potencia activa representa en realidad la potencia útil medida en wattios (W), es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando se pone a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria, la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico, la luz que proporciona una lámpara, etc.

Por otra parte, la potencia activa es realmente la potencia contratada en la empresa eléctrica y que llega al domicilio, la industria, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red eléctrica de distribución. La potencia consumida por todos los

aparatos eléctricos utilizados normalmente se registra en contadores o medidores de electricidad, que instala la empresa suministradora para medir el total de la energía eléctrica consumida en el periodo de tiempo determinado en el contrato.

2.3.2 POTENCIA REACTIVA.

La potencia reactiva es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la eficiencia de su trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia (más alejado de la unidad) mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica, por lo que su consumo está penalizado por la compañía suministradora en la tarifa eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR y su múltiplo es el kVAR (KilovoltioAmperio-Reactivo).

La potencia reactiva en función de los valores de tensiones y corrientes de línea:

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{sen } \varphi \dots \dots \dots (3)$$

2.3.3 POTENCIA APARENTE.

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($\text{Cos}\phi=1$), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a suministrar a bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S y se mide en voltamperios (VA).

La potencia aparente o potencia total es la suma, según el teorema de Pitágoras, de la potencia activa y la aparente. Estas dos potencias representan la potencia total que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas. Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los consumidores, es decir, hasta los hogares, fábricas, industrias, etc.

La potencia aparente en función de los valores de tensiones y corrientes de líneas:

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \dots \dots \dots (4)$$

Las cargas eléctricas por lo general se miden en amperes, kilowatts o kilovolt-amperes; para que un sistema de distribución o parte de éste se planee eficientemente se debe conocer la "Demanda Máxima" del mismo.

Como ya se ha mencionado, en general las cargas eléctricas rara vez son constantes durante un tiempo apreciable, o sea que fluctúan de manera continua, en una curva de carga de 24 horas de un transformador de distribución, la carga varía entre un máximo a las 19:30 horas y un mínimo a las 3:30 horas, aunque los valores cambien, este tipo de curva se repetirá constantemente, así se presentarán variaciones similares de máximo y mínimo en todas las partes del sistema de distribución, el valor más elevado se denomina pico o demanda máxima.

2.3.4 FACTOR DE POTENCIA.

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, o sea que, el factor de potencia debe tratar de coincidir con el coseno ϕ pero no es lo mismo.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio eléctrico exigen valores de 0,9 y más. También podemos decir que es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilo voltioamperios (KVA). También es término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha

convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, generadores, transformadores, etc. Este carácter reactivo obliga a que, junto al consumo de potencia activa (KW), se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas generadoras de electricidad, aunque puede ser producida por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de observar y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia ó $\cos \phi$ y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna, además de observar la interacción de una potencia con respecto a las otras dos ya que al modificar una potencia repercutiría en la modificación de las otras dos potencias.

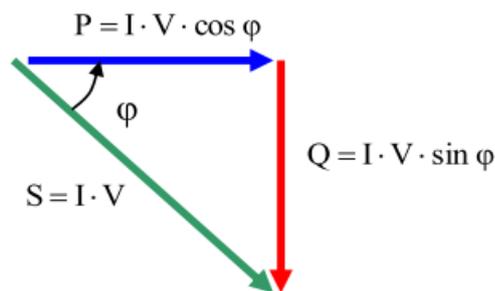


Figura N°28 Triangulo de Potencia

Fuente : Campos Electromagneticos (Aguilar Gutierrez)

Como se puede observar en el triángulo de la figura N°28, el factor de potencia ó $\cos \phi$ representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia

real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente ecuación:

$$\cos \varphi = F.P = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (5)$$

De aquí se define también que:

$$S = P + jQ \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

jQ = Potencia reactiva inductiva (VAR).

El resultado de esta operación será 1 o un número fraccionario menor que 1 en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (P) y (S).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que 1 (como por ejemplo 0,95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión en el circuito de corriente alterna. Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a 1, pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, o sea, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es 1, porque como ya vimos anteriormente en ese caso no existe desfase entre la intensidad de la corriente y la tensión.

Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de tensión y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que 1 (como por ejemplo 0,8), lo que indica el retraso o desfase que produce la carga inductiva en la senoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la senoide de la tensión.

2.3.4.1 MEDICIONES DEL FACTOR DE POTENCIA.

Sabemos que el factor de potencia puede ser calculado cuando las potencias activa y reactiva son conocidas. Este método puede también aplicarse para calcular el factor de potencia de la energía consumida durante un cierto periodo de tiempo. Usando medidores de potencia activa y reactiva y un reloj, es posible determinar la energía consumida durante un periodo determinado de tiempo y así calcular el factor de potencia. Este tiempo es necesario considerar la relación entre las revoluciones del disco medidor por unidad de energía usada.

a. MEDICIÓN EN CIRCUITOS DE UNA SOLA FASE.

El método más simple es medir la potencia (usando un Watímetro) y la corriente y el voltaje.

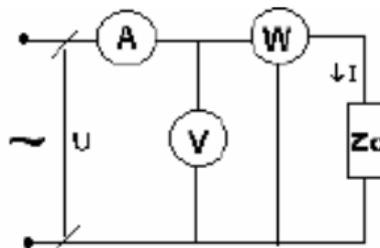


Figura N°29 Medicion del $\cos\varphi$ en un circuito de una sola fase

Fuente : Campos Electromagneticos (Aguilar Gutierrez)

Entonces tenemos $\cos\varphi$ es igual a:

$$\cos\varphi = \frac{P}{V * I} = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(7)$$

Otro método es usar un medidor de fase tipo Brüger. Este es un dispositivo con dos armazones cruzados y sin acción de resorte para el indicador. El punto, asumirá una posición arbitraria (medidor) es su posición de descanso.

b. MEDICION DE UN CIRCUITO TRIFASICO SIMETRICO Y EQUILIBRADO.

Cuando el sistema es simétrico y equilibrado, el desfase entre la tensión y corriente es el mismo para cada fase, por lo cual el factor de potencia trifásico coincidirá con el factor de potencia en cada una de las fases. Este valor se determina con un vatímetro, un voltímetro y un amperímetro, que medirán la potencia de una fase, la tensión de una fase y la corriente de la fase respectiva. El método de Aron también es utilizado para conocer el factor de potencia. Partiendo de dos lecturas W_1 y W_2 se puede determinar el factor de potencia, haciendo el cociente de la lectura menor y la mayor. Utilizando un amperímetro, un voltímetro y un vatímetro:

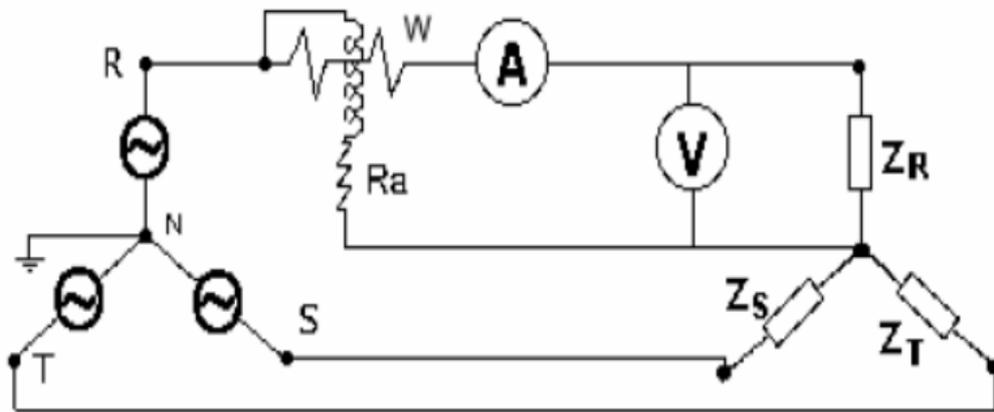


Figura N°30 Diagrama eléctrico de conexión.

Fuente : Fundamentos de Electronica (Salvador Chilet)

2.3.5 FACTOR DE SIMULTANEIDAD.

“Relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia simultánea máxima de un grupo de artefactos eléctricos o clientes durante un período determinado; y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo período.”

Nota:

Al utilizar este término es necesario especificar a qué nivel de la red se está haciendo referencia. (DGE – Terminología en Electricidad, Sección 88, pag.91)

2.3.6 CÁLCULO DE SECCIONES DE LÍNEAS ELÉCTRICAS.

El cálculo de secciones de líneas eléctricas es un método de cálculo para obtener la sección idónea de los conductores empleados, siendo el conjunto de conductores capaz de:

- Transportar la potencia requerida con total seguridad; que dicho transporte se efectúe con un mínimo de pérdidas de energía mantener los costes de instalación en unos valores aceptables

A la hora de dimensionar un conductor se aplican tres criterios básicos:

- Que su caída de tensión esté dentro de los límites admisibles; que el calentamiento por efecto Joule no destruya el material aislante del conductor; que en caso de cortocircuito, no se destruya el conductor.

a. Sección del conductor monofásica.

- Conociendo la intensidad monofásica

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{K \cdot \Delta V} \dots \dots \dots (8)$$

- Conociendo la potencia monofásica

$$S = \frac{2L \cdot W}{K \cdot S \cdot \Delta V} \dots \dots \dots (9)$$

b. Sección del conductor Trifásico.

- Conociendo la intensidad trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{K \cdot \Delta V} \dots \dots \dots (10)$$

- Conociendo la potencia trifásica

$$S = \frac{L \cdot W}{K \cdot \Delta V} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

S : Sección del conductor en mm².

I : Intensidad de corriente en amperios.

V : Tensión de servicio en Voltios.

W : Potencia transportada en Vatios.

L : Longitud de la línea en metros.

ΔV : Caída de tensión desde el principio al final de la línea en Voltio.

ΔW : Perdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en %.

K : Conductividad eléctrica, para el cobre 56.

2.3.7 CAÍDA DE TENSIÓN.

Llamamos caída de tensión de un conductor a la diferencia de potencial que existe entre los extremos del mismo. Este valor se mide en voltios y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por el mismo.

Los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que: La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y la caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%. Los conductores de los circuitos derivados deben ser dimensionados para que: La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.

a. Caída de tensión monofásica.

- Conociendo la intensidad monofásica

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{K \cdot S} \dots \dots \dots (12)$$

- Conociendo la potencia monofásica

$$\Delta V = \frac{2L.W}{K.S.V} \dots \dots \dots (13)$$

b. Caída de tensión trifásica

- Conociendo la intensidad trifásica

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos \phi}{K.S} \dots \dots \dots (14)$$

- Conociendo la potencia trifásica

$$\Delta V = \frac{L.W}{K.S.V} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

- S : Sección del conductor en mm².
- I : Intensidad de corriente en amperios.
- V : Tensión de servicio en Voltios.
- W : Potencia transportada en Vatios.
- L : Longitud de la línea en metros.
- ΔV : Caída de tensión desde el principio al final de la línea en Voltio.
- ΔW : Perdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en %.
- K : Conductividad eléctrica, para el cobre 56.

2.4 ESQUEMA ELECTRICO.

Un esquema eléctrico es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella, en la que queda perfectamente definido cada uno de los componentes de la instalación y la interconexión entre ellos.

2.4.1 Elementos Típicos en un Esquema Eléctrico.

La siguiente es una relación básica de elementos gráficos que se suelen encontrar en un esquema eléctrico.

a. Leyendas.

En un esquema, los componentes se identifican mediante un descriptor o referencia que se imprime en la lista de partes. Por ejemplo, M1 es el primer Motor, K1 es el primer Contactor, Q1 es el primer Interruptor magnetotérmico. Por cables ya que esto hace que no se entiendan dichas leyendas.

b. Símbolos.

Los estándares o normas en los esquemáticos varían de un país a otro y han cambiado con el tiempo. Lo importante es que cada dispositivo se represente mediante un único símbolo a lo largo de todo el esquema, y que quede claramente definido mediante la referencia y en la lista de partes.

c. Cableado y conexiones.

El cableado se representa con líneas rectas, colocándose generalmente las líneas de alimentación en la parte superior e inferior del dibujo y todos los dispositivos, y sus interconexiones, entre ambas líneas. Las uniones entre cables suelen indicarse mediante círculos, u otros gráficos, para diferenciarlas de los simples cruces sin conexión eléctrica.

2.4.2 Tipos.

Los principales tipos de esquemas eléctricos son:

- Esquema funcional, que representa el circuito de una forma esquemática simple para su fácil interpretación.
- Esquema multifilar, representa todo el conexionado del circuito, atendiendo a la situación real de los elementos dentro de éste.

- Esquema unifilar, representa todos los conductores de un tramo por una sola línea, indicando el número de conductores con lazos oblicuos sobre la línea.

a. Esquema funcional.

Este tipo de esquema presenta una serie de características si lo comparamos con los esquemas unifilares y multifilares.

1. Es de observación más rápida comparada con los otros tipos de esquema.
2. Es un esquema puramente práctico para el técnico que tiene que hacer el montaje o la reparación.
3. Es más simple con respecto a su dibujo gráfico.
4. No debe tener nunca cruces entre las líneas.

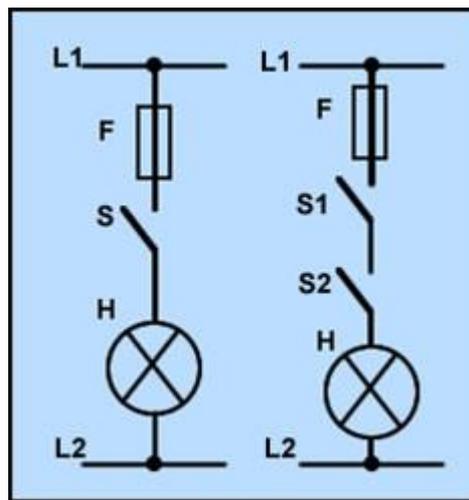


Figura N°31 Esquemas Funcionales.

Fuente : Esquemas Electricos (www.etitudela.com)

- En el esquema de la izquierda, se tiene un fusible, un interruptor y una lámpara.
- En el esquema de la derecha, tenemos un fusible, dos interruptores y una lámpara.

En los esquemas unifilar y multifilar, se encontrara los mismos circuitos, pero representados en los esquemas respectivos. Así, se hace una comparación entre las diferentes maneras de representar un circuito eléctrico.

b. Esquema unifilar.

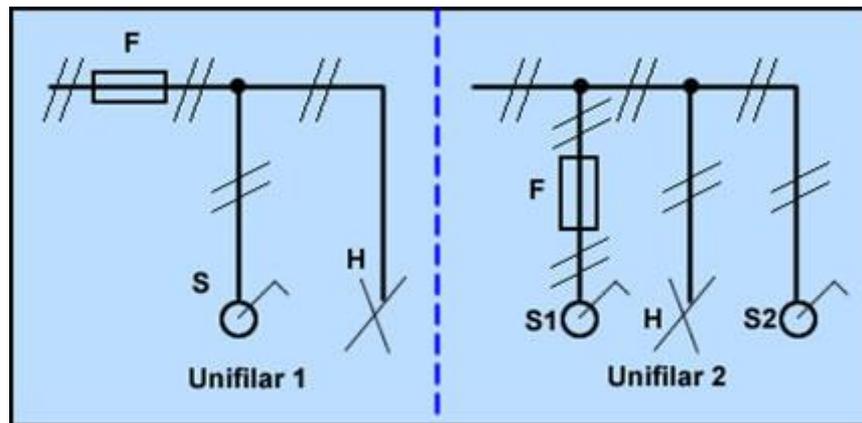


Figura N°32 Esquemas Unifilares.

Fuente : Esquemas Electricos (www.etitudela.com)

Como podemos ver, disponemos en representación gráfica dos esquemas unifilares.

En los esquemas o planos unifilares, los conductores están representados por un único trazo o línea; es decir, un trazo con dos rayitas casi perpendiculares a él, significa que es bifilar, dos conductores. Si tuviese tres líneas transversales, sería Trifilar, tres conductores.

En este tipo de esquema, es más complicado su análisis, aunque parezca más simple, realmente no lo es. En el caso que tuviésemos que representar varios elementos eléctricos, su interpretación resultaría imposible. Quizá, por esto último, solo nos encontraremos con este tipo de esquema en los casos en que haya que representar gráficamente una instalación eléctrica, ya sea una vivienda o una nave industrial, por citar dos ejemplos. En planos eléctricos en que se tenga que representar elementos de mando y control, de potencia, etc. no se acostumbra a utilizar este tipo de esquema.

Nota: La única ventaja que le veo a este tipo de esquema, es que resulta más sencillo saber el diámetro del tubo por el cual pasarán los conductores, por lo demás, no son muy útiles que digamos.

c. **Esquema multifilar.**

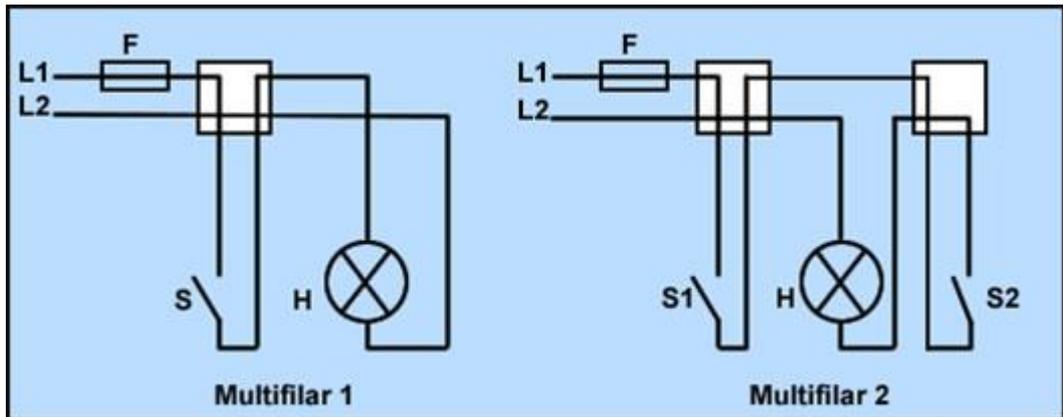


Figura N°33 Esquemas Unifilares.

Fuente : Esquemas Electricos (www.etitudela.com)

Aquí disponemos de los mismos circuitos eléctricos que están representados gráficamente en las funcional y unifilar. Y, que corresponden a dos circuitos de instalación eléctrica de una vivienda, para ser exactos, de una habitación. Como podemos observar, cada conductor está representado por una línea, y éstas se cruzan entre sí, lo cual, no solamente dificulta su dibujo, sino, también, su interpretación. Esto último, nos indica que serán más fáciles los errores que cometamos cuando tengamos que interpretarlos. En los dos esquemas aquí representados, se ha colocado dos cajas de derivación o empalme, normalmente no se verá, se ha colocado para que resulte sencillo observar los dos esquemas. Como característica común, las líneas jamás se unen en una conexión, lo cual, hace complicado, su representación gráfica y su interpretación.

CAPITULO III:
MATERIALES Y METODO

3.1 MATERIALES.

Dentro del Material utilizado se tiene lo siguiente:

3.1.1 SUSTANCIAS.

a. Potencia instalada.

Es la sumatoria de la potencia en vatios de todos los equipos eléctricos (datos de placa) que se conectan a la red de la vivienda en cuestión. También se podrá expresar en KW o KVA según el enfoque de estudio.

b. Demanda.

Es la carga en KW o KVA que se utiliza durante cierto tiempo. Se acostumbra a representar la demanda diaria en gráficos, donde se pueda apreciar el periodo T igual a 24 horas el ciclo de carga. Se puede observar el valor de la demanda máxima, la mínima y la promedio.

3.1.2 SOFWARES Y DOCUMENTOS.

- Software AutoCAD, S10, Office Microsoft (Excel y Word).
- Tablas de sección de conductor eléctricos NYY Indeco
- Revistas y presentaciones publicadas por OSINERGMIN y Código Nacional Eléctrico.
- Normativa técnica peruana de diseño e instalación eléctrica.

3.1.3 CUADRO DE CARGAS.

3.1.3.1 CUADRO DE CARGAS ELECTRICAS DE LA POTENCIA INSTALADA Y MAXIMA DEMANDA TEORICA DE LA SUBESTACIONES N°01 Y N°02 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Cuadro N°2 CUADRO DE CARGAS DE LA SUBESTACION ELECTRICAS N°01

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (KW)	MAXIMA DEMANDA (KW)
C-1	Cocina	22	15.1
	Cafetería	10	8
	Oficina de Admisión	39.4	35
	Oficina administrativa	20	18.2
C-2	Post Grado	33	20
	Escuela Académica Ingeniería de Sistemas e Informática	58	49
	Tanque Elevado	13.4	11
	Biblioteca	14.6	13
C-3	Centro de Idiomas	54	40
	Almacén Central	10	7.5
	SS.HH 01	4	3.7
	Loza deportiva	3.7	3.4
	Salón de Exposición	10.3	7
C-4	Centro Cultural - Auditorio	180	54
C-5	Alumbrado Público Cerco	8	8
C-6	Alumbrado Público Admisión	6	6
C-7	Alumbrado Público Plaza y Biblioteca	7	7
C-8	Alumbrado Público ingeniería de Sistemas e Informática	5	5
C-9	Alumbrado Público Alameda.	5	5
C-10	Laboratorio Escuela Académica Ingeniería de Sistemas e Informática	70	45

FUENTE: Jefatura de Infraestructura de la Universidad Nacional Del Santa.

Cuadro N°3 CUADRO DE CARGAS DE LA SUBESTACION ELECTRICAS N°02

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (KW)	MAXIMA DEMANDA (KW)
C-1	Pool de Aulas	37	35
C-2	Taller de Maestranza	22	19
	Escuela Académica Ciencias	58.6	48.6
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	55	45
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	40	35
C-4	Escuela Académica Comunicación	58	53
	Escuela Académica Educación	48.6	38
C-5	Planta Piloto Agroindustrial	32	30
C-6	Laboratorio de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	45	42
	Escuela Académica ingeniería Civil	38	32
	Escuela Académica Enfermería	49	42
C-8	Alumbrado Público Cerco	4.6	4.6
C-9	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	3.8	3.8
C-10	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	5.3	5.3
C-11	Alumbrado Público Energía	4.3	4.3
C-12	Alumbrado Público Alameda.	4.2	4.2
C-13	Alumbrado Público Playa de Estacionamiento	5	5

FUENTE: Jefatura de Infraestructura de la Universidad Nacional Del Santa.

3.1.4 PLANO ELECTRICO.

Ver Anexo A – Distribución Actual Eléctrica del Campus de la Universidad Nacional del Santa.

3.2 METODO DE INVESTIGACION.

3.2.1 VARIABLES.

La variable independiente es la Redistribución de las cargas eléctricas.

La variable dependiente es la Demanda de energía eléctrica.

3.2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

3.2.2.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Variable Independiente:

La redistribución de las cargas eléctricas nos representa un balance apropiado en el consumo de energía eléctrica.

Variable Dependiente:

La Demanda de Energía Eléctrica: Se define Demanda Eléctrica como la carga que se representa en KW o KVA que se utiliza durante cierto tiempo. A mayor equipos eléctricos estén en funcionamiento al mismo tiempo la demanda será mayor., en la mayoría de los casos los cargos por demanda incluyen como un componente de la factura de servicio eléctrico para empresas y para clientes comerciales e industriales.

3.2.2.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL.

Variable Independiente:

La redistribución de las cargas eléctricas nos representa un balance apropiado en el consumo de energía eléctrica del Campus de la Universidad Nacional del Santa.

Variable Dependiente:

La Demanda de Energía Eléctrica: Es la carga que se representa en KW o KVA que se utiliza durante cierto tiempo, lo cual será analizada.

3.2.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo realiza uso del método cuantitativo

Análítico: es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. Al referirnos a diversos saberes en los que la aplicación del método analítico es posible, vemos una gradación que va desde las aplicaciones más empíricas y concretas hasta las más abstractas y simbólicas.

Sintético: Es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos por el análisis, se trata en consecuencia de hacer una explosión metódica y breve, en resumen. En otras palabras decir que la síntesis es un procedimiento mental que tiene como meta la comprensión cabal de la esencia de lo que ya conocemos en todas sus partes y particularidades.

Deductivo, es la formulación o enunciación de sistemas de axiomas o conjunto de tesis de partida en una determinada Teoría. Es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. Esto quiere decir que las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera. En todos los casos, los investigadores que apelan al método deductivo empiezan su trabajo planteando supuestos (coherentes entre sí) que se limitan a incorporar las características principales de los fenómenos. El trabajo sigue con un procedimiento de deducción lógica que finaliza en el enunciado de las leyes de carácter general.

3.2.4 TIPO DE ESTUDIO.

Tipo de Estudio: Explicativo

Como su nombre lo indica, su interés se centró en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque se relacionan dos o más variables. Su interés se centró en explicar cómo se manifiesta la Redistribución las Cargas Eléctricas del Campus de la Universidad Nacional del Santa.

3.2.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño de estudio es pre experimental, longitudinal y transeccional con medición antes y después de un caso único. (El análisis del comportamiento de la redistribución de las Cargas Eléctricas).

El diseño que se utiliza será el pre experimental, considerando la naturaleza de las dos variables. Variable independiente “redistribución de las cargas eléctricas” del Campus y la variable dependiente “Demanda de Energía Eléctrica” en función de la redistribución de cargas eléctricas.

3.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO:

Se tiene la siguiente metodología de cálculo.

a. DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION ACTUAL Y REPLANTEADA.

Se tiene la siguiente secuencia:

- Determinar la distribución del plano actual, identificar y analizar el cuadro de cargas.
- Desarrollar un replanteo del cuadro de cargas y elaborar un nuevo plano eléctrico.

b. DETERMINACION DE LA CAIDA DE TENSION.

- Mediante el plano eléctrico y el cuadro de cargas de la distribución actual y la redistribución calcular la caída de tensión para cada circuito.

c. DETERMINACION DE LAS POTENCIAS EN LAS SUBESTACIONES.

- Mediante la distribución actual y la redistribución del cuadro de cargas determinar la potencia de trabajo en cada subestación.

CAPITULO IV:

CALCULOS Y DISCUSION DE

RESULTADOS

4.1 DETERMINACION DE LAS CARGAS ELECTRICAS.

Se realizó la siguiente recolección de datos referente al cuadro de cargas eléctricas de la Potencia Instalada y Máxima Demanda en cada edificio de la Universidad Nacional del Santa según los expedientes Técnicos existente en la jefatura de Infraestructura y se determinó la Máxima Demanda real según el análisis de los cuadros de cargas de Máxima demanda de los meses de Junio hasta Noviembre del 2015 (Anexo D: Cuadro de cargas de Máxima Demanda en los meses de Junio hasta Noviembre del 2015 de la S.E. N°01 Y N° 02 de la Universidad Nacional del Santa); donde se tomaron medida del amperaje en los horarios de 8:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm donde se tomaron los valores más altos por circuito durante los 6 meses de medición para ambas Subestaciones Eléctricas del Campus.

Cuadro N° 4 Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada, Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Sub estación N°01 de la Universidad Nacional del Santa.

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA* (KW)	MAXIMA DEMANDA* (KW)	MAXIMA DEMANDA** (KW)
C-1	Cocina	22	15.1	7.400
	Cafetería	10	8	3.664
	Oficina de Admisión	39.4	35	5.242
	Oficina administrativa	20	18.2	5.267
C-2	Post Grado	33	20	5.000
	Escuela Académica Ingeniería de Sistemas e Informática	58	49	11.917
	Tanque Elevado	13.4	11	4.991
	Biblioteca	14.6	13	1.305
C-3	Centro de Idiomas	54	40	5.125
	Almacén Central	10	7.5	3.747
	SS.HH 01	4	3.7	0.825
	Loza deportiva	3.7	3.4	1.504
	Salón de Exposición	10.3	7	5.060
C-4	Centro Cultural	180	54	31.825
C-5	Alumbrado Público Cerco	8	8	2.500
C-6	Alumbrado Público Admisión	6	6	4.203
C-7	Alumbrado Público Plaza y Biblioteca	7	7	3.200
C-8	Alumbrado Público ingeniería de Sistemas e Informática	5	5	3.200
C-9	Alumbrado Público Alameda.	5	5	1.980
C-10	Laboratorio Escuela Académica Sistemas e Informática	70	45	7.081
TOTAL		573.4	360.9	115.033

*Datos tomados de la Jefatura de Infraestructura de la Universidad Nacional del Santa.

**Datos reales recolectados según medición durante 6 meses.

FUENTE: Elaboración Propia.

Del Cuadro N° 4 se tiene una Potencia Instalada total de 573.4 KW y una Demanda Máxima 360.9 KW y una Demanda Máxima real total de 115.033 KW. Además podemos observar que la Máxima Demanda real total es un 31.87% de la Máxima Demanda total.

Cuadro N° 5 Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada, Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa.

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (KW)*	MAXIMA DEMANDA (KW)*	MAXIMA DEMANDA (KW)**
C-1	Pool de Aulas	38	35	35.000
C-2	Taller de Maestranza	22	19	14.500
	Escuela Académica Ciencias	58.6	48.6	13.780
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	80	75	24.560
	SS.HH 02	2.4	2.4	1.200
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	40	35	14.200
C-4	Escuela Académica Comunicación	58	53	14.100
	Escuela Académica Educación	48.6	38	13.890
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	32	20	27.560
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	45	42	16.470
	Escuela Académica ingeniería Civil	38	32	14.950
	Escuela Académica Enfermería	49	42	13.900
C-7	Alumbrado Público Cerco	4.6	4.6	2.200
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	3.8	3.8	1.560
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	5.3	5.3	3.240
C-10	Alumbrado Público Energía	4.3	4.3	2.540
C-11	Alumbrado Público Alameda.	4.2	4.2	2.760
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	5	5	3.676
TOTAL		538.8	469.2	220.086

*Datos tomados de la Jefatura de Infraestructura de la Universidad Nacional del Santa.

**Datos reales recolectados según medición durante 6 meses.

FUENTE: Elaboración Propia.

Del Cuadro N° 5 se tiene una Potencia Instalada total de 538.8 KW y una Demanda Máxima total de 469.2 KW y Demanda Máxima real total es de 220.086 KW. Además podemos observar que la Máxima Demanda real total es un 46.92 % de la Máxima Demanda total.

Nota: No se incluye el Laboratorio Genética; que llega tablero Eléctrico de la Escuela Académica Biología en Acuicultura y tampoco el Laboratorio de Investigación Agroindustrial que llega del tablero Eléctrico de la Escuela Académica Ingeniería Agroindustrial por contar

con acometidas provisionales. La potencia Instalada de Laboratorio Genética es de 100 KW y de Máxima demanda 70 KW y del Laboratorio de Investigación Agroindustrial es de 150 KW y de Máxima demanda de 80.5 KW según la jefatura de Infraestructura de la universidad nacional del santa.

Como resumen de los cuadros N° 04 y N°05:

Evaluando la S.E. N° 01 tiene:

- Potencia Instalada: 573.4 KW
- Demanda Máxima: 360.9 KW
- Demanda Máxima real: 115.033 KW.
- El transformador potencia de diseño de 400KVA y 105KW de potencia contratada, además el área de trabajo no presenta proyectos futuros actualmente lo cual nos permite entender que no será necesita una redistribución eléctrica por que opera a menos de su potencia de diseño.

Evaluando la S.E. N° 02 tiene:

- Potencia Instalada Total: 538.8 KW
- Demanda Máxima Teórica 469.2 KW
- Demanda Máxima Actual Total: 220.086 KW.
- El transformador tiene potencia de diseño de 400KVA Y 250 KW de potencia contratada, además área de trabajo presenta proyectos futuros actualmente y tiene que abastecer de energía eléctrica al laboratorio de genética y laboratorio de agroindustria, entonces la subestación eléctrica N° 02 será motivo de evaluación de este modo ver si tenemos que balancear las demanda eléctricas redistribuyendo las cargas con la S.E.N°01.

La subestación eléctrica N°02 presenta un transformador con una conexión Δ abierta, a lo contrario del subestación eléctrica N°01 que opera en forma normal con sus bobinas.

Se sabe que ocasiones no se puede utilizar el banco de transformadores completo para realizar una transformación trifásica. Por ejemplo se supone que un banco $\Delta - \Delta$ compuesta por transformadores separados tienen un fase en falla, la cual debe remitirse para corregirla.

En la FIGURA N° 34 muestra la situación resultante.

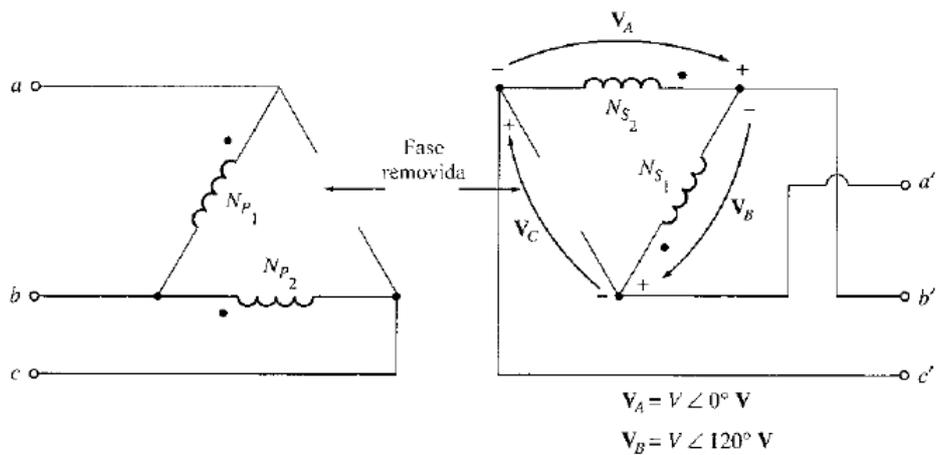


Figura N°34 Esquemas conexión de un transformador en Δ abierta.

Fuente: Máquinas Eléctricas – 3ra Edición – Stephen Chapman

Si los dos voltajes secundarios que permanecen son $V_A = V \angle 0^\circ \text{ V}$ y $V_B = V \angle 120^\circ \text{ V}$. El voltaje que pasa a través de la abertura que dejó el otro transformador está dada por:

$$V_C = -V_A - V_B$$

$$V_C = -V \angle 0^\circ \text{ V} - V \angle -120^\circ \text{ V}$$

$$V_C = -V - (-0.5 - j0.866)$$

$$V_C = -0.5V + j0.866V$$

$$V_C = V \angle 120^\circ \text{ V}$$

Este es el mismo voltaje que se presentaría si el tercer transformador estuviera aun allí. La fase C a veces se denomina fase fantasma. Entonces, la conexión de delta abierta permite que un banco de transformadores continúe en operación solo con dos transformadores, permitiendo que fluya cierta cantidad de potencia aun cuando haya sido removida una fase dañada.

La potencia aparente que solo puede suministrar de un transformador en delta abierto parece dos tercios de su potencia nominal puesto que solo están puesto dos tercios de sus transformadores. Sin embargo, esto no es tan sencillo. Para entender lo que ocurre en un transformador, véase la FIGURA N°35.

FIGURA N°35a. Muestra el banco de transformadores trabajando en forma normal, conectando a una carga resistiva. Si el voltaje nominal de uno de los transformadores del banco es V_{ϕ} y la corriente nominal es I_{ϕ} , la potencia máxima que puede suministrarse a la carga es:

$$P = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos \theta$$

El ángulo entre el voltaje y la corriente en cada desfase es 0° , por lo cual la potencia suministrada por el transformador es:

$$P = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos \theta$$

$$P = 3V_{\phi}I_{\phi}$$

El transformador en delta abierta se muestra en la FIGURA N°35b. Es importante notar los ángulos de voltajes y corrientes en el banco transformador. Debido a la pérdida de uno de los transformadores de fase, ahora la corriente en la línea de transmisión es igual a la corriente de fase en cada transformador, y las corrientes y voltaje del banco transformador difieren en un ángulo de 30° . Puesto que los ángulos del voltaje y la corriente difieren en cada uno de los dos transformadores, es necesario examinar por separado cada transformador de la máxima potencia que puede suministrar. Para el transformador 1, el voltaje está a un ángulo de 150° y la corriente a un ángulo 120° , entonces la expresión de la máxima potencia en el transformador 1 es:

$$P_1 = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos(150^{\circ} - 120^{\circ})$$

$$P_1 = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos(30^{\circ})$$

$$P_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_{\phi}I_{\phi}$$

Para la potencia de transformador 2, el voltaje está a un ángulo de 30° y la corriente a un ángulo de 60° entonces su potencia es:

$$P_1 = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos(30^{\circ} - 60^{\circ})$$

$$P_1 = 3V_{\phi}I_{\phi} \cos(-30^{\circ}) = P_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_{\phi}I_{\phi}$$

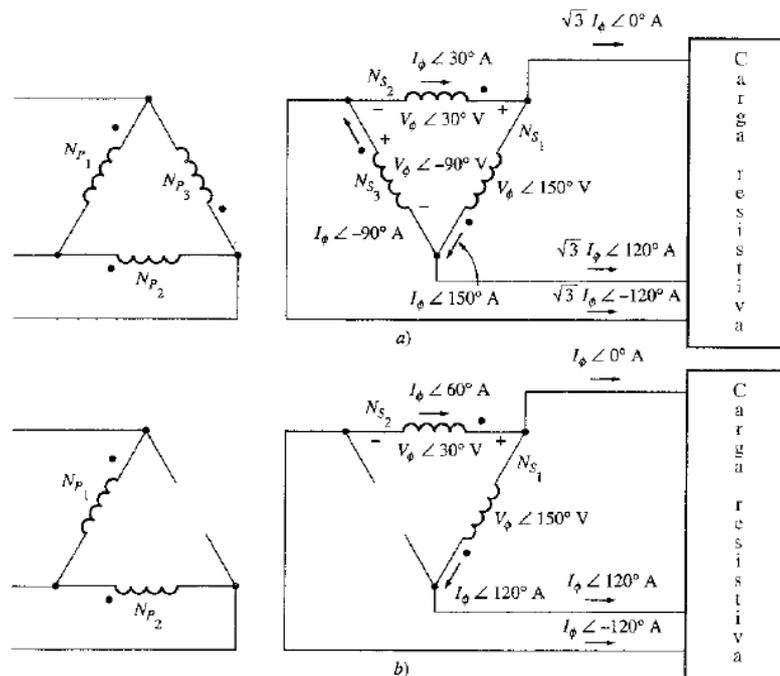


Figura N°35: Configuración delta-delta (Δ - Δ) y delta Δ abierto

a) Voltajes y corriente en un banco de transformadores delta-delta.

b) Voltaje y corriente en un banco de transformadores en delta abierta.

Fuente: Máquinas Eléctricas – 3ra Edición – Stephen Chapman

La potencia total máxima del banco en delta abierta está dada por:

$$P_1 = \sqrt{3}V_\phi I_\phi$$

La corriente nominal es la misma en cada transformador, si hay dos o tres de ellos, y el voltaje también es el mismo, de modo que la relación entre la potencia de salida disponible del banco en delta abierto a la potencia de salida disponible del banco trifásico normal es:

$$\frac{P_{open\Delta}}{P_{3fases}} = \frac{\sqrt{3}V_\phi I_\phi}{\sqrt{3}V_\phi I_\phi} = \frac{I}{\sqrt{3}} = 0.577$$

La potencia de salida disponible en el banco en delta abierta es el 57.7% de la nominal del banco original de tres transformadores.

Verificando en su placa de diseño del transformador del transformador N°02 (Anexo G:

Figuras (Sub Estaciones N° 2) podemos ver que la potencia del transformador es 400 KVA

por lo tanto en estudio tomaremos la potencia de placa de 400KVA.

A continuación se tiene los cuadros de la Potencia Instalada y Máxima Demanda de las Cargas en Redistribución.

Para la redistribución en la Sub Estación N° 2, se independizaron dos edificios (Laboratorio de Investigación Escuela Académica Ingeniería Agroindustrial y el Laboratorio Genética), para los cuales se conoce la Máxima Demanda real (Anexo D: Cuadro de cargas de Máxima Demanda en los meses de Junio hasta Noviembre del 2015 de la S.E. N°01 Y N° 02 de la Universidad Nacional del Santa). Además se incluyeron tres Zonas: Zona 1, Zona 2 y Zona 3 (Anexo B: Plano eléctrico de la redistribución de las cargas eléctricas del campus de la Universidad Nacional Del Santa), para estos se hizo el cálculo de Potencia Instalada y Máxima Demanda de las Zonas futuras de consumo.

Cálculos Justificativos:

Zona 1:

- Área Techada: $1490 \text{ m}^2((90 + 1400 \text{ m}^2(90 \times 15 + 50))$
Según el CNE (Primeros 90 m^2 corresponde 2500W , restante 1000 W). Entonces se tiene una Potencia Instalada de 18.5 KW ; además se tiene un total de 8 Lámparas de 50 W c/u . En total se tiene una Potencia Instalada de 18.9 KW
- Factor de Simultaneidad 0.6 , luego Máxima Demanda: 12.6 KW

Zona 2:

- Área Techada: $165 \text{ m}^2(90 + 55 \text{ m}^2)$
Según el CNE (Primeros 90 m^2 corresponde 2500W , restante 1000 W). Entonces se tiene una Potencia Instalada de 3.5 KW ; se tiene 3 Lozas Deportivas de 8 lámparas de 50 W c/u .
- En total se tiene una Potencia Instalada de 4.7 KW y una Máxima Demanda de 3.1 KW . Para un factor de simultaneidad de 0.6 .

Zona 3:

- Área Techada: $160 \text{ m}^2(90 + 50 \text{ m}^2)$
Según el CNE (Primeros 90 m^2 corresponde 2500W , restante 1000 W). Entonces se tiene una Potencia Instalada de 3.5 KW ; se tiene un total de 12 lámparas de 50 W c/u para alumbrado de Piscina.
- En total se tiene una Potencia Instalada de 4.7 KW y una Máxima Demanda de 3.1 KW . Para un factor de simultaneidad de 0.6 .

Con los valores encontrados de la Potencia Instalada y la Máxima Demanda se tiene el siguiente Cuadro.

Cuadro N° 6 Redistribución de las Cargas Eléctricas de la Potencia Instalada y Máxima Demanda y Máxima Demanda real de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa.

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (KW)	MAXIMA DEMANDA TEORICA (KW)	MAXIMA DEMANDA ACTUAL (KW)
C-1	Pool de Aulas	38	32	35.000
C-2	Taller de Maestranza	22	19	14.500
	Escuela Académica Ciencias	58.6	48.6	13.780
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	80	39.7	24.560
	SS.HH 02	2.4	2.4	1.200
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	40	35	14.200
C-4	Escuela Académica Comunicación	58	53	14.100
	Escuela Académica Educación	48.6	38	13.890
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	32	20	27.560
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	45	38	16.470
	Escuela Académica ingeniería Civil	38	32	14.950
	Escuela Académica Enfermería	49	42	13.900
C-7	Alumbrado Público Cerco	4.6	4.6	2.200
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	3.8	3.8	1.560
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	5.3	5.3	3.240
C-10	Alumbrado Público Energía	4.3	4.3	2.540
C-11	Alumbrado Público Alameda.	4.2	4.2	2.760
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	5	5	3.676
C-13	Laboratorio Genética	100	70	15.200
C-14	Laboratorio Agroindustrial	150	80.5	47.770
C-15	Zona 1 (Cancha Multiuso y Oficinas)	18.9	12.6	12.600
C-16	Zona 2 (Lozas Deportivas y SS.HH)	4.7	3.1	3.100
C-17	Zona 3(Piscina y SS.HH)	4.7	3.1	3.100
TOTAL		817.1	599.2	301.940

*Datos tomados de la Jefatura de Infraestructura de la Universidad Nacional del Santa.

**Datos reales recolectados según medición durante 6 meses.

FUENTE: Elaboración Propia.

Del Cuadro N° 6 se tiene una Potencia Instalada Total de 817.1 KW y una Demanda Máxima total de 599.2 KW y Demanda Máxima real total 301.940 KW. Además podemos observar que la Máxima Demanda real total es un 50.39 % de la Máxima Demanda total.

4.2 DETERMINACION DE LA CAIDA DE TENSION.

De los datos Recolectados se calculó la Caída de Tensión para cada Circuito, en cada Sub Estación.

Cálculos Justificativos: de las ecuaciones siguientes se tiene el cálculo de la Caída de Tensión.

a. Caída de tensión monofásica.

$$\Delta V = \frac{2LxW}{KxSxV} \dots \dots \dots (16)$$

b. Caída de tensión trifásica.

$$\Delta V = \frac{LxW}{KxSxV} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

S : Sección del conductor en mm².

KW : Potencia transportada en Kilo Vatios.

L : Longitud de la línea en metros.

ΔV : Caída de tensión desde el principio al final de la línea en Voltio.

K : Conductividad eléctrica, para el cobre 56.

V : Voltaje de Línea.

Como ejemplo se tiene los siguiente Cálculos.

- Centro Cultural (Carga Trifásica):

S : 360 mm².

KW : 31.825 KW

L : 183.88 m

K : 56 m/Ω.mm²

V : 220 V

$$\Delta V = \frac{183.88x31825}{56x120x220} = 1.32 V (0.60\%)$$

De esta manera se tiene el siguiente cuadro.

Cuadro N° 7 Caída de Tensión en los Circuitos de la Subestación N°01 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA (KW)**	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Cocina	7.400	3-1x120	113.45	0.57	0.26
	Cafetería	3.664	3-1x120	92.93	0.23	0.10
	Oficina de Admisión	5.242	3-1x120	86.72	0.31	0.14
	Oficina administrativa	5.267	3-1x120	119.41	0.43	0.19
C-2	Post Grado	5.000	3-1x120	71.32	0.24	0.11
	Escuela Académica Ingeniería de Sistemas e Informática	11.917	3-1x120	379.85	3.06	1.39
	Tanque Elevado	4.991	3-1x35	259.3	3.00	1.36
	Biblioteca	1.305	3-1x120	225.18	0.20	0.09
C-3	Centro de Idiomas	5.125	3-1x120	70.44	0.24	0.11
	Almacén Central	3.747	3-1x120	263.04	0.67	0.30
	SS.HH 01	0.825	3-1x10	287.69	1.93	0.88
	Loza deportiva	1.504	3-1x10	333.93	4.08	1.85
	Salón de Exposición	5.060	3-1x35	267.9	3.14	1.43
C-4	Centro Cultural	31.825	(3-1x180)x2	183.88	1.32	0.60
C-5	Alumbrado Público Cerco	7.081	3-1x35	98.7	1.62	0.74
C-6	Alumbrado Público Admisión	4.203	3-1x35	89.6	0.87	0.40
C-7	Alumbrado Público Plaza y Biblioteca	3.200	3-1x16	200.1	3.25	1.48
C-8	Alumbrado Público ingeniería de Sistemas e Informática	3.200	3-1x16	323.7	5.25	2.39
C-9	Alumbrado Público Alameda.	1.980	3-1x10	245.7	3.95	1.79
C-10	Laboratorio Escuela Académica Sistemas e Informática	2.500	3-1x300	366.8	0.25	0.11

FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 7 se puede apreciar que la caída de Tensión de cada circuito no supera los 2.5% (5.5 Voltios). Donde la máxima es 2.39 %(5.25 V) y la mínima es 0.09 %(0.20 V). Al utilizar la Máxima Demanda Actual, la cual fue medida.

Cuadro N° 8 Caída de Tensión en los Circuitos de la Subestación N°01 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda teórica.

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA* (KW)	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Cocina	15.1	3-1x120	113.45	1.16	0.53
	Cafetería	8	3-1x120	92.93	0.50	0.23
	Oficina de Admisión	35	3-1x120	86.72	2.05	0.93
	Oficina administrativa	18.2	3-1x120	119.41	1.47	0.67
C-2	Post Grado	20	3-1x120	71.32	0.96	0.44
	Escuela Académica Ingeniería de Sistemas e Informática	49	3-1x120	379.85	12.59	5.72
	Tanque Elevado	11	3-1x35	259.3	6.61	3.01
	Biblioteca	13	3-1x120	225.18	1.98	0.90
C-3	Centro de Idiomas	40	3-1x120	70.44	1.91	0.87
	Almacén Central	7.5	3-1x120	263.04	1.33	0.61
	SS.HH 01	3.7	3-1x10	287.69	8.64	3.93
	Loza deportiva	3.4	3-1x10	333.93	9.22	4.19
	Salón de Exposición	7	3-1x35	267.9	4.35	1.98
C-4	Centro Cultural	54	(3-1x180)x2	183.88	2.24	1.02
C-5	Alumbrado Público Cerco	8	3-1x35	98.7	1.83	0.83
C-6	Alumbrado Público Admisión	6	3-1x35	89.6	1.25	0.57
C-7	Alumbrado Público Plaza y Biblioteca	7	3-1x16	200.1	7.11	3.23
C-8	Alumbrado Público ingeniería de Sistemas e Informática	5	3-1x16	323.7	8.21	3.73
C-9	Alumbrado Público Alameda.	5	3-1x10	245.7	9.97	4.53
C-10	Laboratorio Escuela Académica Sistemas e Informática	45	3-1x300	366.8	4.47	2.03

FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 8 se aprecia que la Máxima Demanda Teórica Determinada por la Unidad de Jefatura de la UNS, Se tiene que la Caída de Tensión en algunas áreas Superan los 2.5 % permitidos, lo cual se requiere un replanteo de la Máxima Demanda Teórica o talvez un cambio del sección del conductor.

Cuadro N° 9 Caída de Tensión en los Circuitos de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA * (KW)	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Pool de Aulas	35.000	3-1x120	220.55	5.22	2.37
C-2	Taller de Maestranza	14.500	3-1x120	101.52	1.00	0.45
	Escuela Académica Ciencias	13.780	3-1x120	170.16	1.59	0.72
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	24.560	3-1x120	161.71	2.69	1.22
	SS.HH 02	1.200	3-1x10	190.07	1.85	0.84
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	14.200	3-1x120	162.08	1.56	0.71
C-4	Escuela Académica Comunicación	14.100	3-1x120	395.72	3.77	1.72
	Escuela Académica Educación	13.890	3-1x120	318.84	3.00	1.36
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	27.560	3-1x120	45.25	0.84	0.38
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	16.470	3-1x120	321.51	3.58	1.63
	Escuela Académica ingeniería Civil	14.950	3-1x120	137.96	1.40	0.63
	Escuela Académica Enfermería	13.900	3-1x120	202.28	1.90	0.86
C-7	Alumbrado Público Cerco	2.200	3-1x10	162.6	2.90	1.32
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	1.560	3-1x10	224.9	2.85	1.29
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	3.240	3-1x10	89.6	2.36	1.07
C-10	Alumbrado Público Energía	2.540	3-1x10	168.5	3.47	1.58
C-11	Alumbrado Público Alameda.	2.760	3-1x10	157.8	3.54	1.61
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	3.676	3-1x10	145.3	4.34	1.97

FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 9 se puede apreciar que la caída de Tensión de cada circuito no supera los 2.5% (5.5 Voltios). Donde la máxima es 2.37 % (5.22 V) y la mínima es 0.38 % (0.84 V). Al utilizar la Máxima Demanda Actual lo cual fue medida.

Cuadro N° 10 Caída de Tensión en los Circuitos de la Subestación N°02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda Teórica.

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA* (KW)	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Pool de Aulas	35	3-1x120	220.55	5.22	2.37
C-2	Taller de Maestranza	19	3-1x120	101.52	1.30	0.59
	Escuela Académica Ciencias	48.6	3-1x120	170.16	5.59	2.54
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	75	3-1x120	161.71	8.20	3.73
	SS.HH 02	2.4	3-1x10	190.07	3.70	1.68
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	35	3-1x120	162.08	3.84	1.74
C-4	Escuela Académica Comunicación	53	3-1x120	395.72	14.19	6.45
	Escuela Académica Educación	38	3-1x120	318.84	8.20	3.73
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	20	3-1x120	45.25	0.61	0.28
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	42	3-1x120	321.51	9.13	4.15
	Escuela Académica ingeniería Civil	32	3-1x120	137.96	2.99	1.36
	Escuela Académica Enfermería	42	3-1x120	202.28	5.75	2.61
C-7	Alumbrado Público Cerco	4.6	3-1x10	162.6	6.07	2.76
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	3.8	3-1x10	224.9	6.94	3.15
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	5.3	3-1x10	89.6	3.85	1.75
C-10	Alumbrado Público Energía	4.3	3-1x10	168.5	5.88	2.67
C-11	Alumbrado Público Alameda.	4.2	3-1x10	157.8	5.38	2.45
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	5	3-1x10	145.3	5.90	2.68

FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 10 se aprecia que también la Máxima Demanda Teórica Determinada por la Unidad de Jefatura de la UNS, donde la Caída de Tensión en algunas áreas Superan los 2.5 % permitidos, lo cual se requiere un replanteo de la Máxima Demanda Teórica o talvez un cambio de la sección del conductor.

A continuación se tiene el cálculo de la Caída de Tensión de las Cargas en Redistribución en ambas Sub Estaciones.

- Debido a que no existe redistribución de las cargas en la Sub Estación N° 1, la caída de tensión se tiene de los cuadros N° 7 y 8.

**Cuadro N° 11 Caída de Tensión en la Redistribución de los Circuitos de la Subestación
N°02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda real.**

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA* * (KW)	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Pool de Aulas	35.000	3-1x120	220.55	5.22	2.37
C-2	Taller de Maestranza	14.500	3-1x120	101.52	1.00	0.45
	Escuela Académica Ciencias	13.780	3-1x120	170.16	1.59	0.72
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	24.560	3-1x120	161.71	2.69	1.22
	SS.HH 02	1.200	3-1x10	190.07	1.85	0.84
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	14.200	3-1x120	162.08	1.56	0.71
C-4	Escuela Académica Comunicación	14.100	3-1x120	395.72	3.77	1.72
	Escuela Académica Educación	13.890	3-1x120	318.84	3.00	1.36
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	27.560	3-1x120	45.25	0.84	0.38
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	16.470	3-1x120	321.51	3.58	1.63
	Escuela Académica ingeniería Civil	14.950	3-1x120	137.96	1.40	0.63
	Escuela Académica Enfermería	13.900	3-1x120	202.28	1.90	0.86
C-7	Alumbrado Público Cerco	2.200	3-1x10	162.6	2.90	1.32
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	1.560	3-1x10	224.9	2.85	1.29
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	3.240	3-1x10	89.6	2.36	1.07
C-10	Alumbrado Público Energía	2.540	3-1x10	168.5	3.47	1.58
C-11	Alumbrado Público Alameda.	2.760	3-1x10	157.8	3.54	1.61
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	3.676	3-1x10	145.3	4.34	1.97
C-13	Laboratorio Genética	15.200	3-1x120	315.2	3.24	1.47
C-14	Laboratorio Agroindustrial	47.770	3-1x120	150.7	4.87	2.21
C-15	Zona 1 (Cancha Multiuso y Oficinas)	12.600	3-1x50	151.7	3.10	1.41
C-16	Zona 2 (Lozas Deportivas y SS.HH)	3.100	3-1x10	152.7	3.84	1.75
C-17	Zona 3(Piscina y SS.HH)	3.100	3-1x10	153.7	3.87	1.76

FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 11 se puede apreciar que la caída de Tensión de cada circuito no supera los 2.5% (5.5 Voltios). Donde la máxima es 2.37 %(5.22 V) y la mínima es 0.38 %(0.84 V).

**Cuadro N° 12 Caída de Tensión en la Redistribución de los Circuitos de la Subestación
N°02 de la Universidad Nacional del Santa con la Máxima Demanda Teórica.**

CIRCUITO	DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA* (KW)	SECCION DEL CONDUCTOR (mm2)	LONGITUD (m)	CAIDA DE TENSION (V)	% ΔV
C-1	Pool de Aulas	35	3-1x120	220.55	5.22	2.37
C-2	Taller de Maestranza	19	3-1x120	101.52	1.30	0.59
	Escuela Académica Ciencias	48.6	3-1x120	170.16	5.59	2.54
C-3	Escuela Académica Ingeniera Agroindustrial	39.7	3-1x120	161.71	4.34	1.97
	SS.HH 02	2.4	3-1x10	190.07	3.70	1.68
	Escuela Académica Ingeniería en Energía	35	3-1x120	162.08	3.84	1.74
C-4	Escuela Académica Comunicación	53	3-1x120	395.72	14.19	6.45
	Escuela Académica Educación	38	3-1x120	318.84	8.20	3.73
C-5	Planta Piloto Agro-Industriales	20	3-1x120	45.25	0.61	0.28
C-6	Laboratorios de la Escuela Académica Biología en Acuicultura	42	3-1x120	321.51	8.26	3.76
	Escuela Académica ingeniería Civil	32	3-1x120	137.96	2.99	1.36
	Escuela Académica Enfermería	42	3-1x120	202.28	5.75	2.61
C-7	Alumbrado Público Cerco	4.6	3-1x10	162.6	6.07	2.76
C-8	Alumbrado Público Pabellón de Aulas	3.8	3-1x10	224.9	6.94	3.15
C-9	Alumbrado Público Biología en Acuicultura	5.3	3-1x10	89.6	3.85	1.75
C-10	Alumbrado Público Energía	4.3	3-1x10	168.5	5.88	2.67
C-11	Alumbrado Público Alameda.	4.2	3-1x10	157.8	5.38	2.45
C-12	Alumbrado Playa de Estacionamiento	5	3-1x10	145.3	5.90	2.68
C-13	Laboratorio Genética	70	3-1x120	315.2	14.92	6.78
C-14	Laboratorio Agroindustrial	80.5	3-1x120	150.7	8.21	3.73
C-15	Zona 1 (Cancha Multiuso y Oficinas)	12.6	3-1x50	151.7	3.10	1.41
C-16	Zona 2 (Lozas Deportivas y SS.HH)	3.1	3-1x10	152.7	3.84	1.75
C-17	Zona 3(Piscina y SS.HH)	3.1	3-1x10	153.7	3.87	1.76

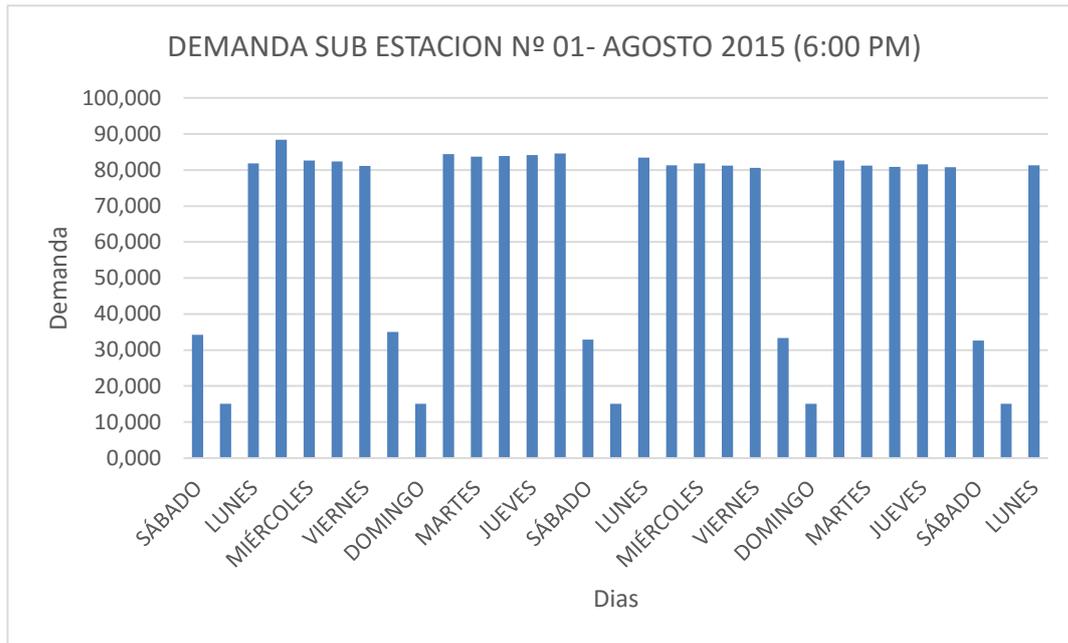
FUENTE: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 12 se aprecia que también la Máxima Demanda Teórica Determinada por la Unidad de Jefatura de la UNS, donde la Caída de Tensión en algunas áreas Superan los 2.5 % permitidos, lo cual se requiere un replanteo de la Máxima Demanda Teórica o talvez un cambio de la sección del conductor.

4.3 DETERMINACION DE LA POTENCIA DE TRABAJO.

Se determina las potencia de Trabajo de las Subestaciones N°01 y N°02 teniendo los cuadros de cargas de los meses de junio hasta julio del 2015 (Anexo D: Cuadro de cargas de Máxima Demanda en los meses de Junio hasta Noviembre del 2015 de la S.E. N°01 Y N° 02 de la Universidad Nacional del Santa), donde se aprecia el día de máxima demanda:

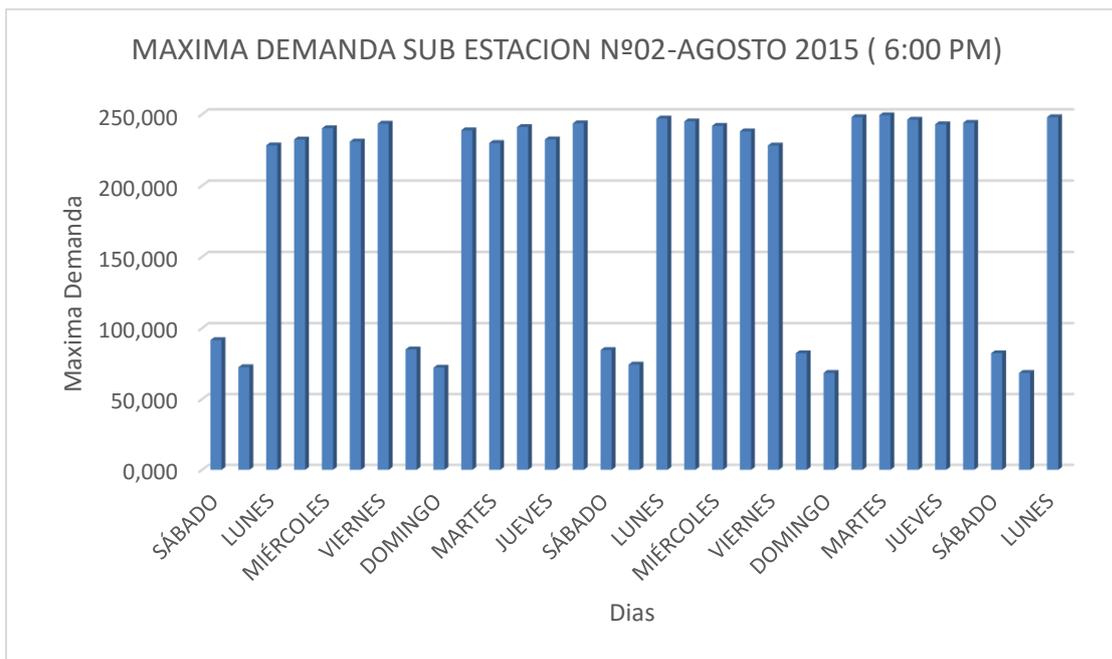
Grafica N° 1 Máxima Demanda en la Sub Estación N° 1.



Fuente: Elaboración Propia

De la grafica N° 1 se tiene la máxima potencia de trabajo, siendo 88.408 KW, que se dio el día martes 04/08/2015 a las 6:00 pm, la S.E. N°01 tiene una potencia contratada de 105 KW y está operando a 22.10% su potencia de diseño de 400KVA.

Grafica N°2 Máxima Demanda de Trabajo en la Sub Estación N° 2.



Fuente: Elaboración Propia

De la grafica N° 2 se tiene la máxima potencia de trabajo considerando también la Máxima Demanda de los edificios de Laboratorio Genética y Laboratorio de investigación Agroindustria, se tiene una Máxima Demanda de 249.326 KW, que se dio el día martes 25/08/2015 a las 6:00 pm, lo cual cumple para la potencia contratada actualmente de 250 KW. Y está operando a 62.33% su potencia de diseño de 400KVA.

Asumiendo Cargas Futuras para la S.E. N°02, se tiene los siguientes Datos:

Zona 1: Máxima Demanda: 12.6 KW.

Zona 2: Máxima Demanda de 3.1 KW.

Zona 3: Máxima Demanda de 3.1 KW.

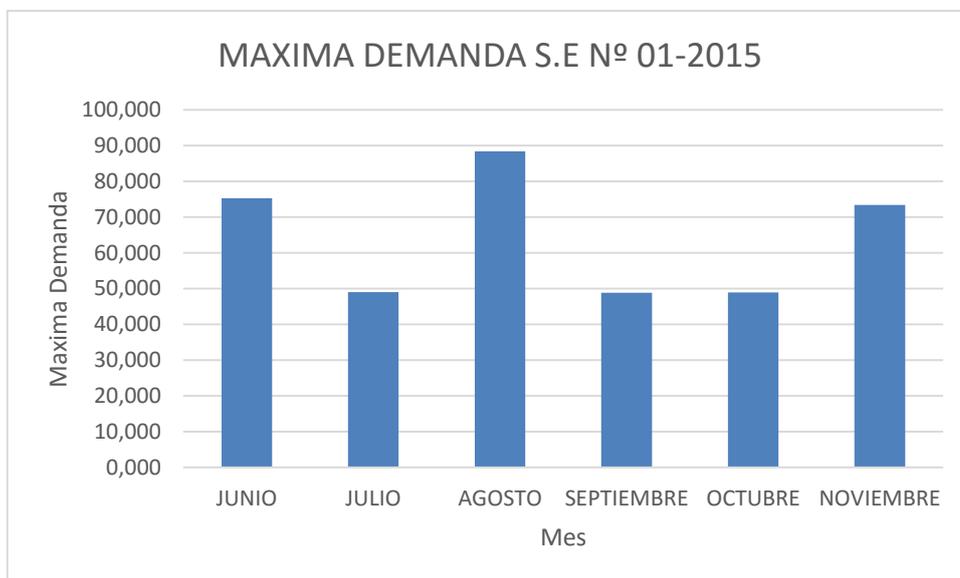
Por lo tanto la máxima demanda seria: $249.326 + 12.6 + 3.1 + 3.1 = 268.126$, entonces se necesitara una nueva potencia contratada futura de 270 KW.

4.4 DISCUSION DE RESULTADOS:

4.4.1 CON REFERENCIA A LOS CALCULOS:

- La Universidad Nacional del Santa cuenta con dos Sub Estaciones de las cuales la primera brinda energía a (20 áreas) y la segunda a (20 áreas), donde: la Potencia actual contratada para la Sub Estación N° 1 es de 105 KW y la Potencia actual contratada para la Sub Estación N° 2 es de 250 KW.
- Se tienen los comportamientos de la Máxima Demanda actual para cada subestación en función de los meses de junio hasta noviembre del 2015.

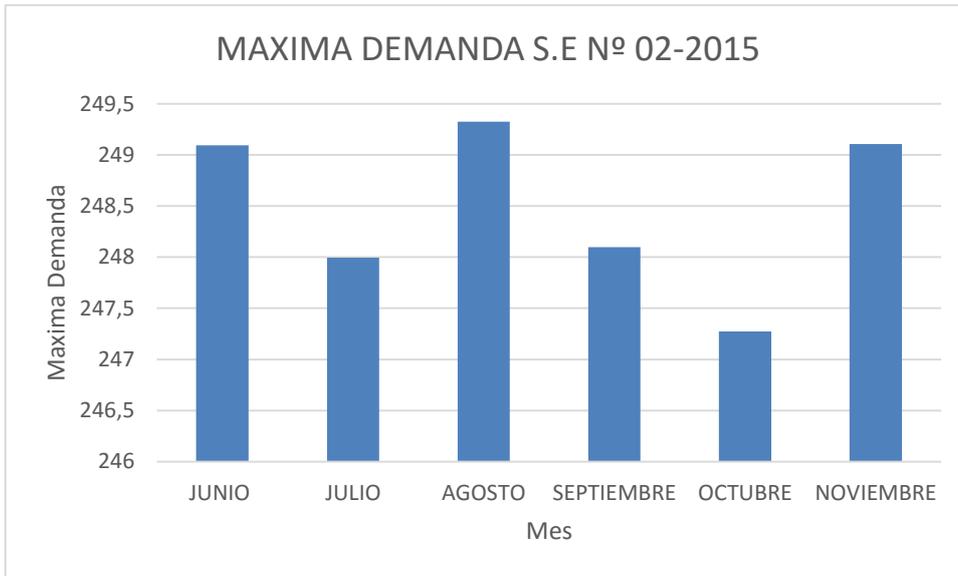
Grafico N° 3 Comportamiento de la Máxima Demanda S.E N° 1



Fuente: Elaboración propia.

Se tiene un valor de la Máxima Demanda para el mes de agosto de 88.408 KW.

Grafico N° 4 Comportamiento de la Máxima Demanda S.E N° 2



Fuente: Elaboración propia.

Se tiene un valor de la Máxima Demanda para el mes de agosto de 249.326 KW.

- Del cálculo de la Caída de Tensión Actual se tiene que en los Cuadros N° 7, N° 9 y N° 11 no superan los 2.5 % del voltaje lo cual dicta el Código Nacional de Electricidad.
- Del cálculo de la Caída de Tensión Teórica se tiene que en los Cuadros N° 8, N° 10 y N° 12 en algunos circuitos se superan los 2.5 % del voltaje lo cual dicta el Código Nacional de Electricidad.
- Se necesitara contratar una nueva potencia contratada 110 KW en la Sub Estación N° 1 y 270 KW en la Sub Estación N° 2 por parte de la concesionaria (Hidrandina) para compensar las cargas Futuras.

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se determinó que no es necesario una redistribución de cargas eléctricas entre las S.E. N° 01 opera al 22.10% su potencia de diseño y S.E. N°02 opera al 62.33% su potencia de diseño por tener capacidad para cargas futuras.
- Se concluye que se tiene una Potencia Instalada en la Sub Estación N° 01 de 573.4 KW, una Demanda Máxima 360.9 KW y Demanda Máxima real 115.033 KW. Además se tiene que la Máxima Demanda es un 31.87% de la Máxima Demanda real.
- Se concluye que la Potencia Instalada de la Sub Estación N° 02 de 543.8 KW, una Demanda Máxima de 471.2 KW y Demanda Máxima real 220.086 KW. Además se tiene que la Máxima Demanda es un 47.50 % de la Máxima Demanda real.
- Se concluye que la Potencia Instalada de la Sub Estación N° 02 en Redistribución de las cargas que incluyen las cargas futuras y los circuitos de los Laboratorios de Biología y Agroindustria es de 817.1 KW, una Demanda Máxima de 599.2 KW y una Demanda Máxima real 301.94 KW. Además se tiene que la Máxima Demanda es un 49.89 % de la Máxima Demanda real.
- Se concluye que la caída de tensión para cada circuito en las Sub Estaciones N° 01 y N° 02 no se supera los 2.5%. (5.5 V). a su vez se tiene un caída de Tensión mayor de 2.39 % (5.25 V) y la mínima es 0.09 % (0.20 V) con la Máxima Demanda real y para la Máxima Demanda teórica si hay caídas de tensión que superan los 2.5%. (5.5 V).
- Con los Datos Recolectados se obtuvo una Máxima Demanda de Trabajo actual de 104.725 KW en la Sub Estacion N° 1 y Actualmente se cuenta con una Potencia de Trabajo de 105 KW.
- Con los Datos Recolectados se obtuvo una Máxima Demanda de Trabajo actual de 249.326 KW para la Sub Estación N° 2. y Actualmente se cuenta con una Potencia de Trabajo de 250 KW.
- Con la proyección de la carga en las Zonas 1, 2 y 3 se tiene una Máxima Demanda de trabajo para la Sub Estación N°2 de 268.126 KW.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda solicitar una nueva potencia contratada de 110 KW para la Sub Estación N° 1 y 270 KW para la Sub Estación N° 2 para evitar penalizaciones o problemas técnicos futuros.
- Se recomienda realizar operaciones de mantenimiento preventivo y Correctivo de manera periódica con la finalidad de evitar Fugas y Fallas Eléctricas previsibles en la determinación de la Máxima Demanda. Y además contar con un stock de equipos y herramientas.
- Es necesario hacer un análisis y evaluar si se requiere de un mantenimiento predictivo los transformadores de las Sub Estaciones.
- Se recomienda hacer uso de un Analizador de Redes para poder tener datos más precisos y tener un mejor análisis del comportamiento de las Cargas Eléctricas.
- Se recomienda hacer un análisis de los grupos electrógenos para determinar la influencia en la demanda del Campus de la Universidad Nacional del Santa.
- Se recomienda realizar un aumento de la sección del conductor para los circuitos que no cumplan con la caída de tensión determinada por el Código Nacional de Electricidad (CNE).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

TEXTOS:

BASTIAN, P. (2001). "ELECTROTECNIA". (1a ed.). AKAL.

ISBN 9788446013464

COTO, A.(2002). "ANALISIS DE SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA". Universidad de Oviedo.

ISBN 8483173344

CHAPMAN, S. (2012). "MAQUINAS ELECTRICAS". (5a ed.). Mc Graw Hill.

ISBN 6071507243

ENRIQUEZ, H. (1985). "EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES". (2a ed.). Limusa.

ISBN 9789681819354

KOSOW, I. (2001). "MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES". (4a ed.). Pearson.

ISBN 968880293X

TESIS CONSULTADAS:

- DOS SANTOS ALVINO, Carlos José (2009). "ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA INHERENTES A SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE USO EXCLUSIVO", Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. España
- LEZAMA CENTENO, José Enrique (2007). "ANÁLISIS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE LAS SUBESTACIONES DOSQUEBRADAS, CUBA Y LA ROSA DE TENSIONES 115 , 33 Y 13,2 KV PARA EL CAMBIO DE TENSIÓN EN BAJA Y EL FLUJO DE REACTIVOS DE LINEA", Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. España.

- EDGAR C. Hernández Natera (2004). “ACTUALIZACIÓN DE LAS CARGAS EN PDVSA ANACO Y DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS PRESENTES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO”, En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. España.
- MALAVÉ CABRERA, Perminio (2000). “ANÁLISIS EN LA REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉCNICAS Y NO TÉCNICAS EN LOS ALIMENTADORES DE DISTRIBUCIÓN A NIVEL DE 13.8 KV, PERTENECIENTES A LA SUBESTACIÓN UNIVERSIDAD, MATURÍN-EDO. MONAGAS”, En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. España.
- NUÑEZ SUAREZ. Pedro (2013). “REUBICACIÓN ÓPTIMA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS CONSIDERANDO EL SISTEMA DE PROTECCIÓN”, En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- ORMAZA BUSTAMANTE, David (2008).” METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS Y NO TÉCNICAS, Y LA DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA Y ENERGÍA”, En su Tesis para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad Tecnológica de Guayaquil. Colombia.

LINKS:

Calculo de la Máxima Demanda (2015).Perú: Disponible en:

<http://pedrorojasvera.blogspot.pe/2012/08/calculo-de-la-maxima-demanda.html> [2015, 03 de mayo].

Transformador de Potencia (2015).Perú: Disponible en:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>[2015, 10 de mayo].

Tabla Conductor NYY. (2015). Perú: Disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/34782768/6-Tabla-NYY#scribd> [2015, 18 de mayo].

Tipos de Potencias Eléctricas. (2015). Perú: Disponible en:

<http://potenciaelectrica.wikispaces.com/4+Potencia+Activa+-+Reactiva+-+Aparente>[2015, 28 de abril].

Calculo de las Caídas de Tensión. (2015). Perú: Ministerio de Ciencia y Tecnología

Disponible en:

http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03r1.pdf [2015, 15 de agosto].

Transformadores de Potencia. (2015).Perú: Disponible en:

http://www.academia.edu/8308786/transformadores_de_potencia [2015, 22 de julio].

ANEXOS