



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE  
MANABÍ**

**EXTENSIÓN CHONE  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS DE CARGAS ELÉCTRICAS Y SU INCIDENCIA  
EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO  
DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE” EN EL SEGUNDO  
SEMESTRE DEL 2012”**

**AUTORES:**

**BERMÚDEZ CEVALLOS DAVID FERNANDO  
LUCIO INTRIAGO CARLOS ALBERTO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. FREDDY CAMPUZANO DOMÍNGUEZ**

**CHONE – MANABÍ – ECUADOR**

**AÑO: 2012-2013**



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Ing. Freddy Campuzano Domínguez, Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Extensión Chone, en calidad de Director de Tesis,

**CERTIFICO:**

Que la presente TESIS DE GRADO titulada: *“Análisis de cargas Eléctricas y su incidencia en el sistema de Distribución de Energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone” en el segundo semestre del 2012*”, ha sido exhaustivamente revisada en varias sesiones de trabajo, se encuentra lista para su presentación y apta para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de Grado son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: Bermúdez Cevallos David Fernando y Lucio Intriago Carlos Alberto, siendo de su exclusiva responsabilidad.

---

Ing. Freddy Campuzano Domínguez  
DIRECTOR DE TESIS



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones e investigaciones, presentadas en esta Tesis de Grado, es exclusiva de sus autores.

---

Bermúdez Cevallos David Fernando  
**AUTOR**

---

Lucio Intriago Carlos Alberto  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**  
**CARRERA DE INGIENERIA ELECTRICA**

**INGENIERO ELECTRICO**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: *“Análisis de cargas Eléctricas y su incidencia en el sistema de Distribución de Energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone” En el segundo semestre del 2012*”. Elaborado por los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Bermúdez Cevallos David Fernando y Lucio Intriago Carlos Alberto

Dr. Marcos Zambrano Zambrano.  
**DECANO**

Ing. Freddy Campuzano D  
**DIRECTOR DE TESIS**

.....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....  
**SECRETARIA**



## DEDICATORIA

El ser grato es de los humanos y como buen católico tengo que agradecer primeramente a Dios por sobre todas las cosas, luego de manera muy especial a mis padre que me ha dado su apoyo incondicional, a mi familia a mis hermanos que también contribuyeron para lograr este objetivo de triunfo. Durante mi carrera universitaria. También a la **UNIVERSIDAD “LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE”**, y a las autoridades , maestros, así como también al director de tesis Ing. Freddy Campuzano Domínguez, que ha hecho posible presentar este ostentoso trabajo.

Finalmente a mi compañero de tesis que ha hecho un esfuerzo para lograr este triunfo y amigos que de una u otra manera han contribuido para la feliz realización de esta proyecto.

David Fernando Bermúdez Cevallos



## DEDICATORIA

El ser grato es de los humanos y como buen católico tengo que agradecer primeramente a Dios por sobre todas las cosas, luego de manera muy especial a mi esposa que me ha dado su apoyo incondicional, a mi familia a mis hijas y mi madre que también contribuyeron para lograr este objetivo de triunfo. Durante mi carrera universitaria. También a la **UNIVERSIDAD “LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE”**, y a las autoridades, maestros, así como también al director de tesis Ing. Freddy Campuzano Domínguez, que ha hecho posible presentar este ostentoso trabajo.

Finalmente a mi ex compañero de tesis que dios lo llamo a realizar una misión sin retorno que comenzamos un proyecto pero no pudimos culminarlo por motivo de un accidente provoco que no esté con nosotros ya que fue una persona con mucha perseverancia a mis amigos que de una u otra manera han contribuido para la realización de esta tesis.

Carlos Alberto Lucio Intriago



## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios que me ha brindado la sabiduría y las fuerzas para llevar a cabo una excelente educación en el transcurso de mi vida a seguir.

A mi esposa por llenar mi vida de alegría a mis hermanos por ser parte de mi vida y a todo quienes contribuyeron para hacer efectivo este proyecto de gran valía para todo ser humano.

A mis padres que con cariño y calor humano me fortalecen para seguir adelante y la oportunidad de darme una excelente educación en el transcurso de mi vida sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Finalmente a todos los catedráticos que brindaron sus conocimientos y aportaron en mí para culminar con éxito una etapa más de mi vida y poder aportar de esta manera a la sociedad en general

David Fernando Bermúdez Cevallos



## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir una etapa más en mi vida estudiantil, que me permite la obtención de un título académico profesional, este título lo dedico primeramente a Dios que nos permite fortalecer los conocimientos y sabiduría para lograr las metas que me he propuesto.

A mi madre que de una u otra manera me ha brindado su apoyo y comprensión en este duro camino que nos ha tocado vivir, a mi familia mi esposa y mis hijas es la razón de mi vida, que son la fuente de inspiración para continuar con el sendero de la superación.

Finalmente, a los catedráticos que compartieron sus conocimientos y aportaron en mí, un granito de arena para culminar con éxito una etapa más de mi vida y poder aportar de esta manera a la sociedad.

Carlos Alberto Lucio Intriago

## ÍNDICE GENERAL

Página de título o portada.....	I
Página de aprobación de tutor.....	II
Página de declaración de autoría.....	III
Página de aprobación del tribunal.....	IV
Página de dedicatoria.....	V
Página de agradecimiento.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Macro.....	2
Meso.....	2
Micro.....	2
Formulación del problema.....	3
Delimitación del problema.....	3
Problema.....	3
Interrogante de la investigación.....	3
Justificación.....	4
Objetivo general.....	5
Objetivo específico.....	5
<b>CAPITULO I</b>	
Consideraciones generales.....	7
Alcance del estudio.....	7
Factibilidad de análisis.....	7

Conductores eléctricos.....	8
Cobre.....	8
Aplicación y propiedades.....	8
Cobre fundido.....	9
Estado natural.....	10
Cargas eléctricas.....	11
Carga eléctrica elemental.....	12
Principio de conservación de la carga.....	13
Invariante relativista.....	17
Densidad de carga.....	17
Densidad de carga lineal.....	18
Densidad de carga superficial.....	18
Formas para cambiar la carga eléctrica de los cuerpos.....	19
Carga no lineales.....	20
Los armónicos.....	22
Armónico característico.....	22
Tipos de armónicos.....	24
Armónicos fundamentales.....	24
Segundos armónicos.....	24
Terceros armónicos.....	25
Causas para que aparezca un armónico.....	27
Como se crea la distorsión armónica de corriente.....	27
Que son las corrientes armónicas.....	28
Factor de cresta.....	30

Factor de potencia y armónicas.....	30
Cargas resistivas.....	30
Cargas resistivas e inductivas.....	30
Cargas capacitivas.....	30
El problema de los armónicos.....	31
Instrumentación medica.....	32
Condensadores.....	33
Conductores.....	34
Transformadores.....	35
Aparatos de medida.....	35
La distorsión armónica y sus efectos perjudiciales.....	36
Límites de distorsión armónica.....	37
Clasificación de transformadores. El factor K.....	39
Transformadores de factor K.....	44
Solución para los armónicos.....	45
Tipos de filtros armónicos.....	46
Comparación de filtros.....	51
Tipos de señales producidas por diversos equipos eléctricos.....	51
Transformadores.....	54
Principios de funcionamiento.....	55
Principios de inducción electromagnética.....	57
Relación de corriente.....	57
Capacidad de los transformadores.....	58
Eficiencia diaria de los transformadores.....	60

Caída de voltaje.....	60
Protecciones.....	61
Conductores.....	61
Análisis de armónico.....	62
Detalle técnico.....	62
Carga instalada.....	62
Área administrativa.....	62
Bloque pedagógicos.....	66
Bloque de aula N°1.....	66
Bloque de aula N°2.....	72
Auditórium.....	75
Área deportiva.....	76
Iluminación externa y locales comerciales.....	77
Análisis de corrientes y voltajes.....	78
Análisis de enlaces.....	81
Conductores de enlace a utilizar.....	81
Centro de carga – protecciones.....	82
Diagramas eléctrico.....	83
Comparación de datos.....	83
Resultado obtenido.....	83

## **CAPITULO II**

Hipótesis y variable.....	85
Hipótesis.....	85
Variable.....	85

Variable independiente (causa).....	85
Variable independiente (efecto).....	85
Termino de relación.....	85

### **CAPITULO III**

Metodología.....	86
Tipo de investigación.....	86
Diseño de la investigación.....	86
Método.....	86
Técnica de recolección de información.....	86
Obtención de la información.....	87
Población y muestra.....	87
Población.....	87
Muestra.....	87
Encuesta dirigida a los estudiantes de 5to semestre.....	88
Marco administrativos.....	90
Recursos.....	90
Presupuesto.....	91

### **CAPITULO IV**

Análisis de presupuesto.....	92
Comprobación de hipótesis.....	107

### **CAPITULO V**

Recomendaciones.....	108
Conclusiones.....	108
Bibliografía.....	109

Anexo.....	110
Planos eléctricos.....	120

## **INTRODUCCIÓN**

La energía eléctrica proveniente de los sistemas de distribución, adolece de diferentes circunstancias; Sean estos de periodos cortos o largos de cortes de fluido eléctrico debido a desperfectos propios del sistema, por fenómenos atmosféricos u ocasionados por los diferentes tipos de carga que tienen sus abonados, lo que trae como consecuencia retrasos, paralizaciones, perturbaciones como sobre tensiones, calentamientos de conductores, quemaduras de protecciones y sobre todo, la destrucción de equipos o dispositivos instalados.

En el presente trabajo se realizará un estudio pormenorizado de los diferentes tipos de cargas que están instalados en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone en horas pico, la capacidad de los centros de transformación y el propósito fundamental de este trabajo, es asegurar los dispositivos eléctricos y equipos existentes dentro de la institución; así como también brindar un servicio eléctrico de calidad a los educando para el desarrollo normal del aprendizaje académico y asegurar una labor continua en las áreas administrativas. Finalmente es de destacar la predisposición de los involucrados para concluir esta investigación que sin duda alguna será acogida con beneplácito por las autoridades, catedráticos y estudiantes de nuestra Universidad.

Se analizaran los distintos tipos de cargas instaladas y los efectos producidos por los armónicos y sus soluciones, además del estudio de cargas por sectores permitirán realizar las restauraciones necesarias para obtener resultados óptimos además se entregaran los planos eléctricos de la Universidad Laica Eloy Alfaro Extensión Chone para su mantenimiento respectivo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **Contextos:**

**MACRO:** Esto conlleva a dar prioridad y minimizar gastos al momento de utilizar equipos y dispositivos que en cierta forma nos solucionan circunstancias pero a la vez nos suman otras. Los países exportadores de dispositivos electrónicos como China, Japón, Estados Unidos de América, llenan el mundo de dispositivos y equipos como UPS, reguladores de voltajes, corta picos, computadoras, luces ahorrativas que solucionan problemas económicos, pero a la vez perturban los sistemas eléctricos por medio de armónicos, económicos incalculables.

**MESO:** En las primeras décadas del siglo XXI, nuestro país atraviesa una etapa de transición eléctrica, con la creación de nuevas centrales generación de distintas formas sean estas hidráulicas, eólica, solares que solucionarían cualquier eventualidad o crisis que de estos recursos se producirán gastos innecesarios a los ministerios competentes. Para esto se debería exigir a las distintas empresas suministradoras de energía eléctrica un análisis pormenorizado de los proyectos que prestaran servicio a instituciones y comunidades; solicitando valores reales de cargas, centros de transformación conductores de enlaces y centros de cargas a fin de evitar desperfectos o pérdidas de energía.

**MICRO:** En el Cantón Chone, los profesionales que egresan de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, proveen en sus trabajos de tesis gran parte de investigación y conocimiento a fin de dar solución a problemas que podrían presentarse dentro de la institución y la comunidad en general.

Con el desarrollo del trabajo de investigación se trata de dar soluciones a los problemas ocasionados por desperfectos en los sistemas eléctricos sean estos de carácter físico y/o tecnológico, producidos generalmente por la instalación discriminada de cargas no lineales.

### **Formulación del problema.**

¿De qué manera incide el análisis de las cargas eléctricas en los sistemas de distribución de Energía Eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone?

### **Delimitación del problema.**

Campo: Medidas de Potencia

Área: Eléctrica

Aspecto: Análisis de cargas

Delimitación temporal: enero 2013 – Junio 2013

Delimitación especial: Predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

**PROBLEMA:** Funcionamiento inadecuado de los centros de transformadores de cargas y protecciones del sistema eléctrico en los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

Tema: “Análisis de cargas eléctricas y su incidencia en el sistema de distribución de energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone” en el segundo semestre del 2013”

### **Interrogantes de la investigación**

¿Es adecuado el sistema de distribución eléctrica de los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, para el desarrollo de las Actividades Pedagógicas?

¿Son apropiados los conductores de distribución de enlaces eléctricos utilizados en los distintos centros de cargas?

¿Las cargas no lineales tales como UPS, computadoras, reguladores de voltajes producen efectos secundarios a los sistemas de distribución?

¿Las variaciones de voltaje interrumpen la labor pedagógica y administrativa de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone?

## **JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la Ciencia y Tecnología, genera en el hombre la necesidad de ampliar sus conocimientos intelectuales; por esto, los centros de Educación Superior, se proyectan a satisfacer las necesidades de sus educando con talleres y laboratorios propios a fin de desarrollar las actividades pedagógicas con elevados estándares de calidad académica.

Con la vigencia de Constitución del 2008, obliga a las Universidades del Ecuador que se administren con políticas acordes al desarrollo de ciencia y tecnología; para en corto plazo alcanzar la calidad que exige un mundo competitivo; y con la vigencia de la ley de Educación Superior la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, está adecuando su malla curricular a las nuevas políticas de la CEAACES; para ello ha dispuesto a las diferentes facultades y escuelas, desarrollar proyectos investigativos de implementación con sus estudiantes previo a la obtención del título de tercer nivel.

La población estudiantil que tiene la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, conlleva a que sus autoridades implementen sus áreas físicas pedagógicas, acorde a las necesidades académicas, y esto ha originado que la cantidad y calidad de fluido eléctrico suministrado sea insuficiente, debido a que sus centros de transformación eléctrica trabajan a su máxima capacidad, creando caídas de voltajes originadas en su mayoría por los tipos de cargas eléctricas instaladas.

Se justifica esta investigación porque brindará a la institución la oportunidad de optimizar la calidad de energía eléctrica, ya que se analizará cada uno de los enlaces eléctricos existentes, evitando así interrupciones tanto en el área administrativa como sus labores académicas producidas por sobrecargas eléctricas.

Es oportuna la investigación ya que permitirá reorientar las distribuciones de las cargas para que exista un suministro de energía confiable en aulas y laboratorios por cuanto docentes y estudiantes hacen uso de la tecnología de punta permanentemente.

La ejecución de la investigación se considera factible, por cuanto se poseen los conocimientos básicos y los recursos necesarios para la implementación del trabajo.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General.**

Analizar las cargas eléctricas través de la investigación bibliográfica y de campo los tipos de cargas eléctricas de los sistemas de transformadores que abastecen a los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone y orientar la redistribución de cargas eléctricas para mejorar el desarrollo de las actividades de la Institución.

### **Objetivo Específicos.**

- Realizar el censo de las cargas eléctricas instaladas y analizar las interrupciones del fluido eléctrico en los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.
- Determinar el diámetro de los conductores eléctricos adecuados para cada tipo de cargas.
- Establecer los centros de cargas necesarios que optimicen la calidad de fluido eléctrico capaz de prolongar el tiempo de vida útil de los equipos y dispositivos eléctricos existentes.
- Elaborar el plano de distribución de cargas de la energía eléctrica de acuerdo al análisis

- Entregar el proyecto eléctrico a las autoridades de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, para que tomen los correctivos necesarios.

## **CAPITULO I**

### **1. CONSIDERACIONES GENERALES.**

#### **1.1. Alcance de estudio**

Los profesionales de Ingeniería Eléctrica que necesiten equipos eléctricos, deben considerar que estos alcanzan una utilización ideal, cuando las instalaciones cumplen con los criterios técnicos; para lograr este objetivo es necesario conocer con exactitud las normas y conceptos fundamentales de la Ingeniería Eléctrica.

Al iniciar este proyecto se consideró en los fenómenos eléctricos en varios casos sin explicación, producidos por las cargas lineales y no lineales instaladas; en la actualidad que la electrónica se ha desarrollado a pasos agigantados provee a la humanidad de grandes soluciones; Estas soluciones tienen sus efectos secundarios, en muchos casos perjudiciales para los sistemas eléctricos.

El proyecto tiene un alcance de estudio generalizado; destinado especialmente a Instituciones Públicas, donde sus equipos y dispositivos son sustentos electrónicos, lo que a posterior ocasionara interrupciones del servicio eléctrico, sobre tensión y destrucción de equipos.

##### **1.1.1. Factibilidad de Análisis.**

El análisis de las cargas eléctricas y su incidencia en los sistemas de distribución eléctrica, permite al profesional establecer las precauciones en eventuales eventos que perturban los sistemas eléctricos. Siendo el Centro de Enseñanza Superior el de mayor desempeño en la Zona Norte de Manabí y necesita tener un sistema eléctrico adecuado más aun contando con las facilidades y los parámetros que hacen posible un análisis exhaustivo a fin de lograr una carga ideal.

## 1.2. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los metales que suelen utilizarse en la fabricación de conductores son: Cu, Al.

### 1.2.1. Cobre.

Mineral Cobre esta muestra contiene dos tipos importantes de minerales de cobre: Calcopirita y Bornita. Los minerales de cobre se encuentran en todo el mundo, pero el bajo porcentaje de metal obtenido del mineral y la inaccesible situación de los depósitos hacen que las mismas sean poco lucrativas. El cobre es el segundo metal más utilizado en el mundo y valorado por su conductividad, maleabilidad, resistencia a la corrosión, y por su belleza. La tabla periódica de los elementos agrupa a estos en filas y en columnas según sus propiedades químicas. Los elementos aparecen ordenados por su número atómico.

**Aplicaciones y Propiedades.** Producción del cobre y los yacimientos contienen generalmente concentraciones muy bajas del metal. Esta es la causa de que muchas de las distintas fases de producción tengan por objeto la eliminación de impurezas. La mena de cobre se tritura y muele antes de ser introducida en una cámara de flotación, en la que el cobre se encuentra en la superficie, mientras los fragmentos sobrantes se unen. Después, el concentrado, que se denomina carga, se introduce en un horno de reverbero que separa más impureza. Durante el proceso de fundición se extraen los gases de desechos, y el material forma en el fondo del horno un charco de hierro y cobre fundidos, llamado mata. La capa anaranjada de metal impuro en la superficie de la mata es escoria que se drena y extrae mientras la mata de cobre sigue su proceso en un convertidor. El cobre fundido del convertidor es moldeado, y debe ser refinado una vez más por electrolisis antes de utilizarse para la fabricación de productos como cables eléctricos y herramientas. Su punto de fusión es de 1083 °C, mientras que su punto de ebullición es de unos 2595 °C, y tiene una densidad de 8,96 g/cm<sup>3</sup>. Su masa atómica es 63,54 número atómico es 29 peso atómico 63,54.

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza. Debido a su extraordinaria conductividad, solo superada por la plata, el uso más extendido del cobre se da en la industria eléctrica. Su ductilidad permite transformarlo en cable de cualquier diámetro, a partir de 0.025mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4 200kg/cm<sup>2</sup>.

Puede usarse tanto en circuitos y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinarias eléctricas en general: Generadores, Motores, Reguladores, Equipos de Señalización, Aparatos Electromagnéticos y Sistemas de Comunicaciones.

La historia, informa que el cobre se ha utilizado para acuñar monedas y confeccionar útiles de cocina, tinajas y objetos ornamentales. En un tiempo era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera para proteger los cascos ante posibles colisiones. El cobre se puede galvanizar fácilmente como tal o como base para otros metales; con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos.

#### **1.2.1. a. Cobre Fundido.**

El mineral de cobre debe ser triturado y concentrado antes de ser fundido en el horno; se obtiene así cobre metal con una pureza de aproximadamente el 98%. La metalurgia del cobre varía según la composición de la mena. El cobre es bruto se tritura, se lava y se prepara en barras. Los óxidos y carbonato se reducen con carbonos.

Las menas más importantes, las formadas por sulfuros, no contienen más de un 12% de cobre, llegando en ocasiones tan solo al 1%, y han de triturarse y concentrarse por flotación. Los concentrados se funden en un horno de reverbero que produce cobre metálico en bruto con una pureza aproximada del 98%. Este

cobre en bruto se purifica por electrolisis, obteniéndose barras con una pureza que superan el 99,9%.

El cobre puro es blando, pero pueden endurecerse posteriormente. Las aleaciones de cobre, mucho más duras que el metal puro, presentan una mayor resistencia y por ello no pueden utilizarse en aplicaciones eléctricas. No obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones más importantes son el latón, una aleación con cinc y el bronce, una aleación con estaño. A menudo tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. Ambos se emplean en grandes cantidades. También se usa el cobre en aleaciones con oro, plata y níquel, el bronce de cañón y la plata alemana o alpaca.

El cobre forma dos series de compuestos químicos: de cobre (I), en la que el cobre tiene una valencia de 1, y de cobre (II), en que su valencia es 2. Los compuestos de cobre (I) apenas tienen importancia en la industria y se convierten fácilmente en compuesto de cobre (II) al oxidarse por la simple exposición al aire. Los compuestos de cobre (II) son estables. Algunas disoluciones de cobre tienen la propiedad de disolver la celulosa, por lo que se usan grandes cantidades de cobre en la fabricación del rayón. También se emplea el cobre en muchos pigmentos, en insecticidas como el verde de Schweinfurt, o en fungicidas como la mezcla de burdeos, aunque para estos fines está siendo sustituido ampliamente por productos orgánicos sintéticos.

#### **1.2.1. b. Estado Natural.**

El cobre utiliza el lugar 25 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Frecuentemente se encuentra agregado con otros metales como el oro, plata, bismuto y plomo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas aunque se han hallado masas compactas de hasta 420 toneladas. El cobre se encuentra en

todo el mundo en la lava basáltica, localizándose el mayor depósito conocido en la cordillera de los Andes en Chile, bajo la forma de pórfido.

Este País posee aproximadamente el 25% de las reservas mundiales conocidas de cobre y a comienzo de 1980 se convirtió en el primer País productor de este metal. Los principales yacimientos se localizan en Chuquibambilla, Andina, El Salvador y El Teniente.

Las principales fuentes del cobre son la calcopirita y la bornita, sulfuros mixtos de hierro y cobre. Otras menas importantes son los sulfuros de cobre calcosina y cebellina; la primera se encuentra Chile, México, Estados Unidos y la Antigua URSS y la segunda en Estados Unidos, La enargita, un Sulfoarseniato de cobre, se encuentra en la antigua Yugoslavia, Sudáfrica y América del Norte; la Azurita, un carbonato básico de cobre, en Francia y Australia y la Malaquita, otro carbonato básico de cobre, en los Montes Urales, Namibia y Estados Unidos.

La Tetraedrita, un sulfoantimoniuro de cobre y de otros metales y la Crisocola, un silicato de cobre, se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza; la cuprita, un óxido en España, Chile, Perú y Cuba y la Atacamita, un cloruro básico, cuyo nombre proviene de la región Andina de Atacama, en el norte de Chile y Perú.

### **1.3. CARGAS ELECTRICAS**

La carga eléctrica es una propiedad específica de la materia del Cu, que se presenta en dos tipos. Éstas llevan ahora el nombre con las que Benjamín Franklin las denominó: cargas positivas y negativas. Cuando cargas del mismo tipo se encuentran se repelen y cuando son diferentes se atraen. Con el advenimiento de la teoría cuántica, relativamente se pudo demostrar formalmente que las partículas, además de presentar carga eléctrica, presentan un momento magnético

intrínseco, denominado espín, que surge como consecuencia de aplicar la teoría de la relatividad especial a la mecánica cuántica.

### 1.3.1. Carga eléctrica elemental

Las investigaciones de la Física, apuntan a que la carga eléctrica es una propiedad cuantizada. La unidad más elemental de carga que se encontró es la carga que tiene el electrón, es decir alrededor de  $1\,602\,176\,487(0) \times 10^{-19}$  culombios y es conocida como carga elemental. El valor de la carga eléctrica de un cuerpo, es representado como  $q$  o  $Q$ , se mide según el número de electrones que posea en exceso o en defecto.

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de carga eléctrica se denomina culombio (símbolo C) y se define como la cantidad de carga que a la distancia de 1 metro ejerce sobre otra cantidad de carga igual, la fuerza de  $9 \times 10^9$  N.

Un culombio corresponde a  $6,241\,509 \times 10^{18}$  electrones. El valor de la carga del electrón fue determinado entre 1910 y 1917 por Robert Andrew Millikan y en la actualidad su valor en el Sistema Internacional de acuerdo con la última lista de constantes del CODATA publicada es.

$$e = \frac{1C}{6,241509 \times 10^{18}} = 1,602176 \times 10^{-19}C$$

Como el culombio puede no ser manejable en algunas aplicaciones, por ser demasiado grande, se utilizan también sus submúltiplos:

$$1 \text{ mili culombio} = \frac{1C}{1.000} = 1mC$$

$$1 \text{ micro culombio} = \frac{1C}{1.000.000} = 1\mu C$$

Frecuentemente se usa también el sistema CGS cuya unidad de carga eléctrica es el Franklin (Fr). El valor de la carga elemental es entonces de aproximadamente  $4,803 \times 10^{-10}$  Fr.

### **1.3.2. Principio de conservación de la carga**

En concordancia con los resultados experimentales, el principio de conservación de la carga establece que no hay destrucción ni creación neta de carga eléctrica, y afirma que en todo proceso electromagnético la carga total de un sistema aislado se conserva.

En un proceso de electrización, el número total de protones y electrones no se altera, sólo existe una separación de las cargas eléctricas. Por tanto, no hay destrucción ni creación de carga eléctrica, es decir, la carga total se conserva. Pueden aparecer cargas eléctricas donde antes no había, pero siempre lo harán de modo que la carga total del sistema permanezca constante. Además esta conservación es local, ocurre en cualquier región del espacio por pequeña que sea.

Para esto es necesario un análisis principalmente a las cargas y tipos de cargas instaladas, ya que estas producen distorsiones y pérdidas de voltajes; varios eventos durante el transcurso de este siglo han influenciado para que las cargas eléctricas y los servicios de los sistemas de distribución cambien radicalmente. El primero lo constituye la invención del transistor, donde nace la electrónica de potencia apareciendo como consecuencia inmediata la carga no lineal, un segundo evento lo constituye el problema de los energéticos ocurridos en los años setenta donde la electrónica se masifica con más afán para producir equipos más eficientes con menor consumo de energía y una tercera influencia

mundial ocurre afines de los ochenta donde que se busca mejorar la productividad con equipos más eficaces, eficientes conjugando la reducción de costos y a su vez ofreciendo servicios de calidad.

A inicios de este siglo XX las cargas eléctricas consideradas típicas eran de tipo resistivo, inductivo o capacitivo es decir cargas lineales y resulta algo paradójico que a inicios del siglo XXI las nuevas cargas eléctricas lo constituyen en un alto porcentaje cargas no lineales. Si se revisa la tendencia actual del desarrollo tecnológico se encontrara que todo dispositivo tienen entre sus componentes internas algún dispositivo de control electrónico las mismas que en gran parte poseen fuentes de alimentación de modo conmutado o de otro tipo.

Las Empresas que suministran servicio eléctrico se mantuvieron durante mucho tiempo en una época en la que se podría llamar de la navegación tranquila, ya que estas solamente se preocupaban de satisfacer la creciente demanda de sus "usuarios" ya sea construyendo centrales de generación o subestaciones con mayor capacidad y por supuesto asumiendo que las cargas eléctricas eran las ya conocidas (resistivas - inductivas - capacitivas) las cuales a excepción de su tamaño no eran de preocupación técnica alguna para los profesionales de dichas empresas. Muchos de los estudios en la red eléctrica de distribución eran orientados solamente con fines de protección de los equipos de la red. Se daba además un marcado divorcio entre "abonado" y empresa eléctrica, ya que poco o nada en cuanto a información técnica cruzada existía.

Las empresas eléctricas en el ámbito mundial se preocupan mucho de la eficiencia, de la optimización de recursos, reducción de costos y la calidad en todos los aspectos que esta pueda estar involucrada. La época de la navegación tranquila para todas las empresas eléctricas ha llegado a su fin para abrir paso a una nueva época en la cual todo gira en función del cliente de la red eléctrica.

Este trabajo revisa ciertos aspectos técnicos actuales que se ven afectados en la red de distribución eléctrica y propone ciertos análisis matemáticos tendientes a reducir armónicos generados ya sea desde cargas puntuales o como efecto del conjunto de cargas. El objetivo de este artículo es concientizar a los técnicos que forman parte de las Empresas Eléctricas, libre ejercicio, entidades de Educación Superior, entidades públicas relacionadas al sector eléctrico, fabricantes de equipos y a los clientes de la red, sobre los cambios que se han dado en la red de distribución eléctrica en el nuevo entorno bajo el cual se navega.

Muchos estudios se han realizado con respecto a la influencia de los armónicos de corriente y voltaje en aparatos eléctricos y electrónicos, los mismos que han mostrado que si existen efectos secundarios sobre el desempeño de muchos de estos equipos. El propósito de este ítem no es analizar nuevamente los efectos internos de los armónicos de corriente en los equipos eléctricos, sino más bien revisar las nuevas clases de cargas eléctricas y las formas de onda típicas de corriente que se puede encontrar en acometidas de varios tipos de clientes.

Existe una gran diversidad de cargas eléctricas las mismas que debido a su función específica generan formas de onda de corriente diferentes a la onda sinusoidal y varias inclusive afectan directamente a la forma de onda de voltaje. A continuación se muestran varias curvas de corriente de equipos de tipo residencial, industrial, comercial que se han podido capturar con equipos de análisis de calidad de energía.

Al igual que las otras leyes de conservación, la conservación de la carga eléctrica está asociada a una simetría del lagrangiano, llamada en física cuántica invariancia gauge. Así por el teorema de Noether a cada simetría del lagrangiano asociada a un grupo uniparamétrico de transformaciones que dejan el lagrangiano invariante le corresponde una magnitud conservada. La conservación de la carga implica, al igual que la conservación de la masa, que en cada punto del espacio se

satisface una ecuación de continuidad que relaciona la derivada de la densidad de carga eléctrica con la divergencia del vector densidad de corriente eléctrica, dicha ecuación expresa que el cambio neto en la densidad de carga dentro de un volumen prefijado es igual a la integral de la densidad de corriente eléctrica sobre la superficie que encierra el volumen, que a su vez es igual a la intensidad de corriente eléctrica:

$$-\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = I = -\frac{\partial Q}{\partial t}$$

Esta propiedad se conoce como cuantización de la carga y el valor fundamental corresponde al valor de carga eléctrica que posee el electrón y al cual se lo representa como  $e$ . Cualquier carga  $q$  que exista físicamente, puede escribirse como  $N \times e$  siendo  $N$  un número entero, positivo o negativo.

Por convención se representa a la carga del electrón como  $(-e)$ , para el protón  $(+e)$  y para el neutrón,  $0$ . La física de partículas postula que la carga de los quarks, partículas que componen a protones y neutrones toman valores fraccionarios de esta carga elemental. Sin embargo, nunca se han observado quarks libres y el valor de su carga en conjunto, en el caso del protón suma  $(+e)$  y en el neutrón suma  $0$ .

Aunque no tenemos una explicación suficientemente completa de porqué la carga es una magnitud cuantizada, que sólo puede aparecer en múltiplos de la carga elemental, se han propuestos diversas ideas:

- Paul Dirac mostró que si existe un monopolo magnético la carga eléctrica debe estar cuantizada.
- En el contexto de la teoría de Kaluza-Klein, Oskar Klein encontró que si se interpretaba el campo electromagnético como un efecto secundario de la curvatura de un espacio tiempo de topología, entonces la

compacidad de  $S^1$  comportaría que el momento lineal según la quinta dimensión estaría cuantizado y de ahí se seguiría la cuantización de la carga.

La existencia de cargas fraccionarias en el modelo de quarks, complica el panorama, ya que el modelo estándar no aclara por qué las cargas fraccionarias no pueden ser libres. Y sólo pueden ser libres cargas que son múltiplos enteros de la carga elemental.

### **1.3.3. Invariante relativista**

Otra propiedad de la carga eléctrica es que es un invariante relativista. Eso quiere decir que todos los observadores, sin importar su estado de movimiento y su velocidad, podrán siempre medir la misma cantidad de carga. Así, a diferencia del espacio, el tiempo, la energía o el momento lineal, cuando un cuerpo o partícula se mueve a velocidades comparables con la velocidad de la luz, el valor de su carga no variará. El valor de la carga no varía de acuerdo a cuán rápido se mueva el cuerpo que la posea.

### **Densidad de carga**

Se llama densidad de carga eléctrica a la cantidad de carga eléctrica que se encuentra en una línea, superficie o volumen. Por lo tanto se distingue en estos tres tipos de densidad de carga. Se representaría con las letras griegas lambda ( $\lambda$ ) para densidad de carga lineal, sigma ( $\sigma$ ) para densidad de carga superficial y rho ( $\rho$ ) para densidad de carga volumétrica.

Puede haber densidades de cargas tanto positivas como negativas. No se debe confundir con la densidad de portadores de carga.

A pesar de que las cargas eléctricas son cuantizadas con  $q$  y, por ende, múltiplos de una carga elemental, en ocasiones las cargas eléctricas en un cuerpo están tan cercanas entre sí, que se puede suponer que están distribuidas de manera uniforme por el cuerpo del cual forman parte. La característica principal de estos cuerpos es que se los puede estudiar como si fueran continuos, lo que hace más fácil, sin perder generalidad, su tratamiento. Se distinguen tres tipos de densidad de carga eléctrica: lineal, superficial y volumétrica.

#### **1.3.4. Densidad de carga lineal.**

Se usa en cuerpos lineales como, por ejemplo hilos.

$$\lambda = \frac{Q}{L}$$

Donde  $Q$  es la carga encerrada en el cuerpo y  $L$  es la longitud. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se mide en C/m (culombios por metro).

#### **Densidad de carga superficial.**

Se emplea para superficies, por ejemplo una plancha metálica delgada como el papel de aluminio.

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

Donde  $Q$  es la carga encerrada en el cuerpo y  $S$  es la superficie. En el SI se mide en  $C/m^2$  (culombios por metro cuadrado).

### **Densidad de carga superficial.**

Se emplea para cuerpos que tienen volumen.

$$\rho = \frac{Q}{V}$$

Donde  $Q$  es la carga encerrada en el cuerpo y  $V$  el volumen. En el SI se mide en  $C/m^3$  (culombios por metro cúbico).

### **1.3.5. Formas para cambiar la carga eléctrica de los cuerpos.**

Artículo principal: Electrización.

Se denomina electrización al efecto de ganar o perder cargas eléctricas, normalmente electrones, producido por un cuerpo eléctricamente neutro. Los tipos de electrificación son los siguientes.

**Electrización por contacto:** Cuando ponemos un cuerpo cargado en contacto con un conductor se puede dar una transferencia de carga de un cuerpo al otro y así el conductor queda cargado, positivamente si cedió electrones o negativamente si los ganó.

**Electrización por fricción:** Cuando frotamos un aislante con cierto tipo de materiales, algunos electrones son transferidos del aislante al otro material o viceversa, de modo que cuando se separan ambos cuerpos quedan con cargas opuestas.

**Carga por inducción:** Si acercamos un cuerpo cargado negativamente a un conductor aislado, la fuerza de repulsión entre el cuerpo cargado y los electrones de valencia en la superficie del conductor hace que estos se desplacen a la parte más alejada del conductor al cuerpo cargado, quedando la región más cercana con

una carga positiva, lo que se nota al haber una atracción entre el cuerpo cargado y esta parte del conductor. Sin embargo, la carga neta del conductor sigue siendo cero (neutro).

**Carga por el Efecto Fotoeléctrico:** Sucede cuando se liberan electrones en la superficie de un conductor al ser irradiado por luz u otra radiación electromagnética.

**Carga por Electrólisis:** Descomposición química de una sustancia, producida por el paso de una corriente eléctrica continua.

**Carga por Efecto Termoeléctrico:** Significa producir electricidad por la acción del calor.

### **1.3.6. Cargas no Lineales.**

Varios eventos durante el transcurso de este siglo han influenciado para que las cargas eléctricas y los servicios de los sistemas de distribución cambien radicalmente. El primero lo constituye la invención del transistor, donde nace la electrónica de potencia apareciendo como consecuencia inmediata la carga no lineal, un segundo evento lo constituye el problema de los energéticos ocurridos en los años setenta donde la electrónica se masifica con más afán para producir equipos más eficientes con menor consumo de energía y una tercera influencia mundial ocurre afines de los ochenta donde se busca mejorar la productividad con equipos más eficaces, eficientes conjugando la reducción de costos y a su vez ofreciendo servicios de calidad.

Si se revisa la tendencia actual del desarrollo tecnológico se encontrara que todo dispositivo tienen entre sus componentes internas algún dispositivo de control electrónico las mismas que en gran parte poseen fuentes de alimentación de modo conmutado o de otro tipo.

Las empresas que suministran servicio eléctrico se mantuvieron durante mucho tiempo en una época en la que se podría llamar de la navegación tranquila, ya que estas solamente se preocupaban de satisfacer la creciente demanda de sus "usuarios" ya sea construyendo centrales de generación o subestaciones con mayor capacidad y por supuesto asumiendo que las cargas eléctricas eran las ya conocidas (resistivas - inductivas - capacitivas) las cuales a excepción de su tamaño no eran de preocupación técnica alguna para los profesionales de dichas empresas. Muchos de los estudios en la red eléctrica de distribución eran orientados solamente con fines de protección de los equipos de la red. Se daba además un marcado divorcio entre "abonado" y empresa eléctrica, ya que poco o nada en cuanto a información técnica cruzada existía.

Hoy en día en muchas empresas eléctricas en el ámbito mundial se habla mucho de la eficiencia, de la optimización de recursos, reducción de costos y la calidad en todos los aspectos que esta pueda estar involucrada. La época de la navegación tranquila para todas las empresas eléctricas ha llegado a su fin para abrir paso a una nueva época en la cual todo gira en función del cliente de la red eléctrica.

Este trabajo revisa ciertos aspectos técnicos actuales que se ven afectados en la red de distribución eléctrica y propone ciertos análisis matemáticos tendientes a reducir armónicas generadas ya sea desde cargas puntuales o como efecto del conjunto de cargas. El objetivo es concientizar a los técnicos que forman parte de empresas eléctricas, libre ejercicio, entidades de educación superior, entidades públicas relacionadas al sector eléctrico, fabricantes de equipos y a los clientes de la red, sobre los cambios que se han dado en la red de distribución eléctrica en el nuevo entorno bajo el cual se navega.

Muchos estudios se han realizado con respecto a la influencia de los armónicos de corriente y voltaje en aparatos eléctricos y electrónicos, los mismos que han mostrado que si existen efectos secundarios sobre el desempeño de muchos de estos equipos. El propósito de este ítem no es analizar nuevamente los efectos internos de las armónicas de corriente en los equipos eléctricos, sino más

bien revisar las nuevas clases de cargas eléctricas y las formas de onda típicas de corriente que se puede encontrar en acometidas de varios tipos de clientes.

Existe una gran diversidad de cargas eléctricas las mismas que debido a su función específica generan formas de onda de corriente diferentes a la onda senoidal y varias inclusive afectan directamente a la forma de onda de voltaje.

#### 1.4. LOS ARMONICOS.

Son componente senoidal de forma periódica de valor determinado que tiene una frecuencia que es un múltiplo de la frecuencia fundamental.

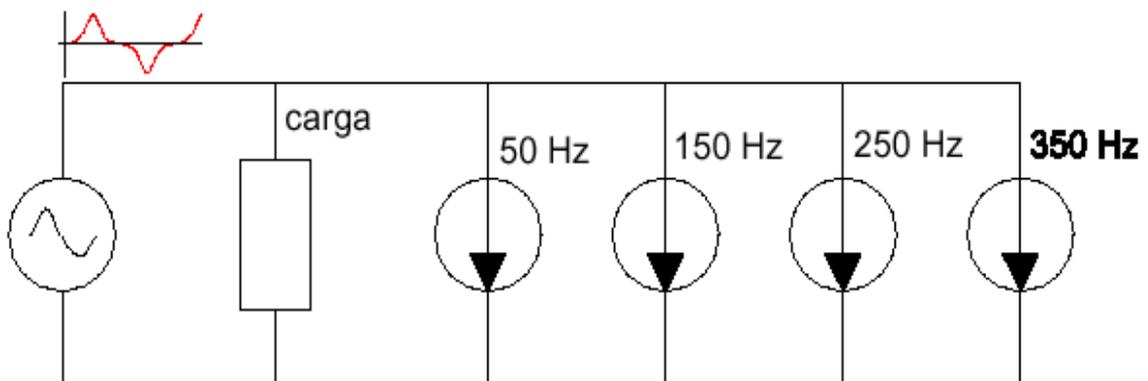
**Armónico, característico.** Esos armónicos producidos por el equipo del convertidor del semiconductor en el curso del operación normal. En un convertidor del seis-pulso, los armónicos característicos son los armónicos impares del, por ejemplo, el 5to, 7mo, 11vo, 13vo, y otros.

$$h = kq \pm 1$$

k= cualquier numero entero

q= número de pulsos del convertidor

Los armónicos se comportan como fuentes de intensidad dispuestas en paralelo y a diferente frecuencia donde la suma de las intensidades es la corriente que alimenta la carga (múltiplos enteros de la frecuencia fundamental).



*fig. 1 - efectos de armónicos ideales*

Una señal limpia con ausencia de distorsión armónica sería así

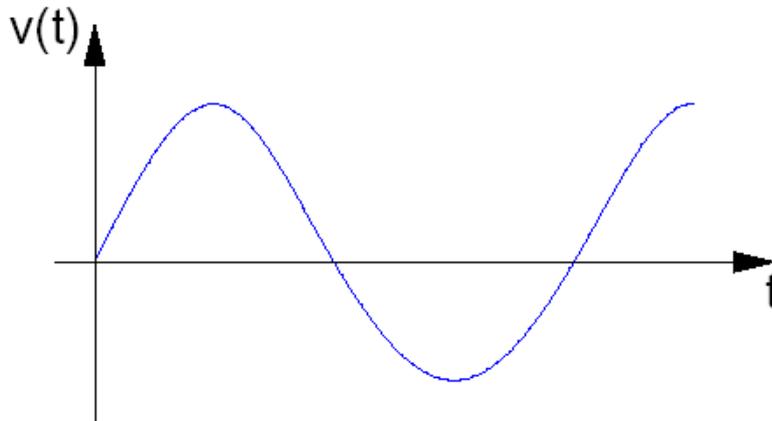


Fig. 2 señales limpia

En cambio una señal en la que existen armónicos se vería así:

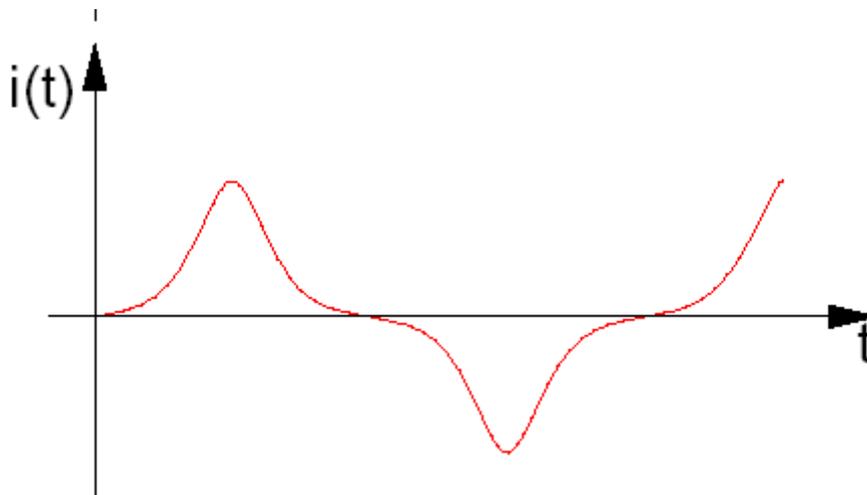


Fig. 3 señales con presencia de armónicos

Esto es debido a que en esta nueva señal es la suma de la señal original más una señal de frecuencia superior a la fundamental dando como resultado una nueva señal parecida a la original pero con diferente área de energía.

### 1.4.1. Tipos de Armónicos.

En este estudio vamos a clasificar a los armónicos según sus características, a la manera en que se generan y a la manera en que estos perjudican a nuestro sistema.

**Armónicos fundamentales:** también llamados armónicos de secuencia directa, son aquellos en los que su campo lleva el mismo sentido que el campo que genera la frecuencia fundamental.

- Secuencia directa:

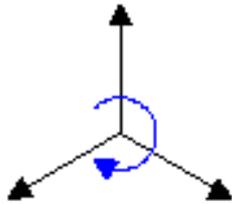


Fig. 4

**Segundos armónicos:** también son llamados de secuencia inversa, son aquellos que se oponen al campo de la frecuencia fundamental y en las máquinas rotatorias hacen el freno al oponerse al giro de las máquinas producto de la señal fundamental, estos provocan el calentamiento de las máquinas, aunque en algunos casos se aprovechan sus características para frenar motores al inyectar una pequeña señal de corriente directa a la máquina.

*armónicos de sec inversa*

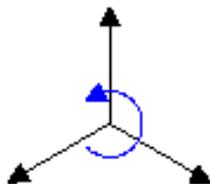


Fig. 5

**Terceros armónicos:** también llamados de secuencia homopolar, son aquellos que circulan únicamente por el neutro (donde se suman).

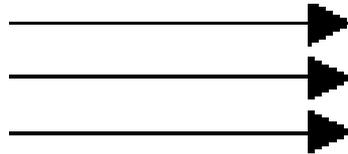
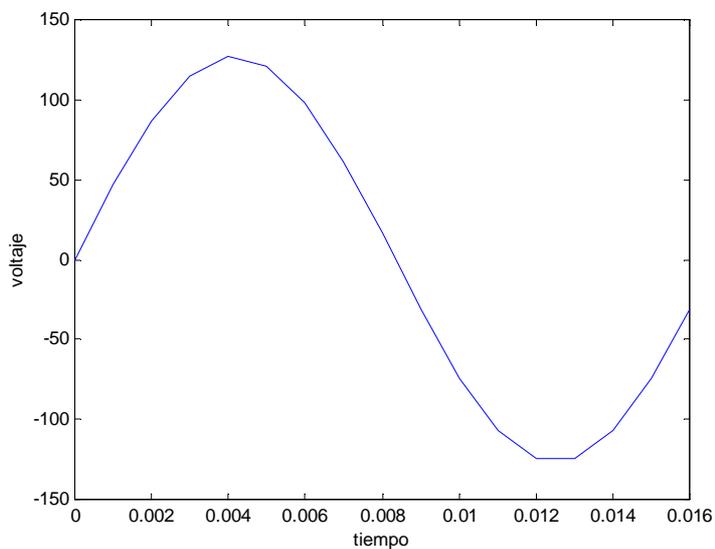


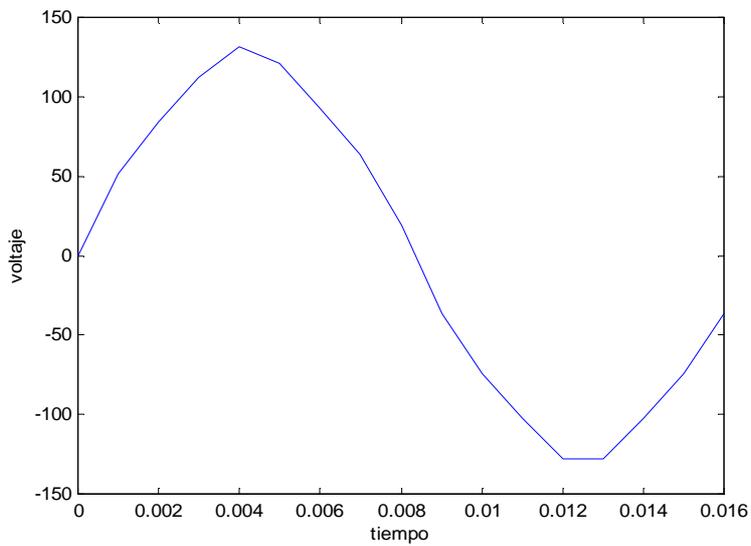
Fig. 6

**Ejemplo:**

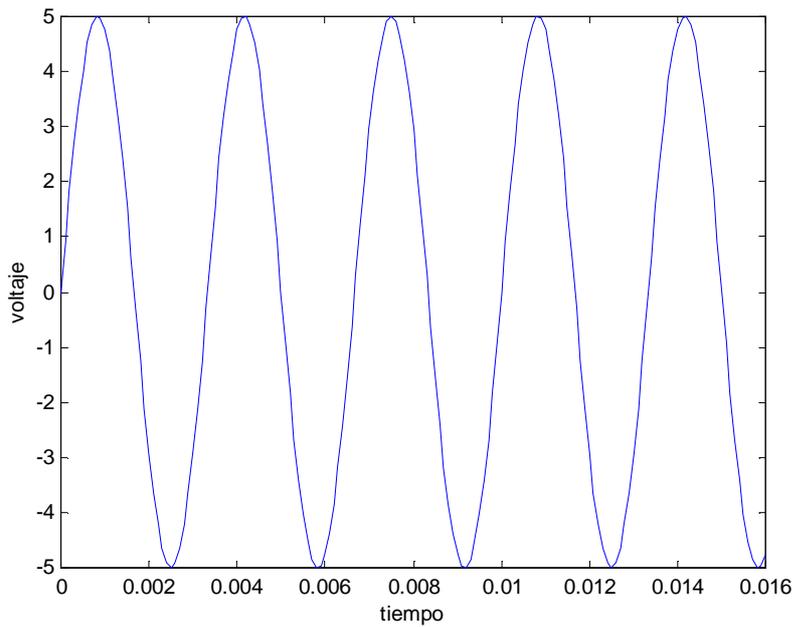
Llamaremos a una señal  $x(t) = 127 \text{ sen}(120\pi t + \Theta)$ ; donde  $\Theta$  es el ángulo de desfase que en este caso es cero; esta señal proviene de un generador el cual se usara para alimentar a un motor monofásico de CA. Al encender el motor la señal en el osciloscopio cambia drásticamente como se ve en la figura.



**Figura 7 A señal que nos da el generador**



**Fig. 8 señales B después de arrancar el motor**



**Fig. 9 señal A menos la señal B (armónico producido por el motor)**

Como podemos ver la señal original cambio al arrancar el motor debido a que esta carga no es lineal y por consecuencia genero una señal armónica 5 veces mayor su frecuencia a la de la señal original la cual se deforme un poco

#### **1.4.2. Causas para que aparezca un armónico.**

La distorsión armónica se ha convertido en una preocupación en aumento para los administradores de hospitales, fábricas, para los usuarios de equipo de automatización y del mismo modo para los ingenieros especificadores. Las armónicas no sólo son un desperdicio de energía, sino que reducen la vida del equipo, la confiabilidad del sistema eléctrico, la eficiencia del sistema y la productividad del equipo.

La distorsión armónica son deformaciones de la onda sinusoidal. Se causan distorsiones armónicas en líneas de corriente alterna al conectar a estas cargas "no lineales", es decir, cargas cuyo consumo de corriente no es sinusoidal. Ejemplos de cargas no lineales son las computadoras, copiadoras, máquinas de fax, motores de velocidad variable y en general todo equipo que posea una fuente de poder interna. Sin embargo, últimamente se han desarrollado fuentes de poder muy especiales que se presentan al sistema eléctrico como cargas lineales. Estas se denominan fuentes con Corrector de Factor de Potencia o sistemas con "Factor de Potencia Corregido".

#### **¿Cómo se crea la distorsión armónica de corriente?**

Las armónicas son el resultado de cargas que son no – lineales. Los circuitos rectificadores de las UPS son cargas no – lineales. En las instalaciones de las UPS trifásicas las armónicas de mayor intensidad son la tercera y la quinta. La tercera armónica puede causar serios problemas en los sistemas trifásicos, ya que estas corrientes no se cancelan en el conductor de neutro y pueden sobrecargarlo.

Este conductor normalmente no está dimensionado para altas corrientes, ya que las corrientes de la fundamental se cancelan en el neutro. En el peor de los casos, la sobrecarga podría causar fuego. De cualquier manera, o que usualmente sucede es que el interruptor del circuito se abre o se queman fusibles sin razón aparente, causando disturbios inexplicables en la operación.

### 1.4.3. Que son las corrientes armónicas.

Las armónicas son corrientes no deseadas generadas por dispositivos de conmutación. Se presentan en múltiplos de la frecuencia fundamental y el valor más alto aparece en  $n-1$  donde  $n$  es el número de dispositivos de conmutación, por ejemplo: el nivel más alto de armónicos de un rectificador de 6 pulsos es el 5to armónico. Las corrientes armónicas pueden ser realimentadas o inyectadas en dispositivos arriba de los circuitos de conmutación. El resultado es causar una distorsión de tensión en la salida de este dispositivo, que a su vez puede llevar a funcionamiento defectuoso o bajo rendimiento del equipamiento.

La mayoría de los equipos modernos generan corrientes armónicas: impresoras, fotocopiadoras, ascensores, motores de velocidad variable, computadoras, luces fluorescentes, faxes, motores y también las UPS.

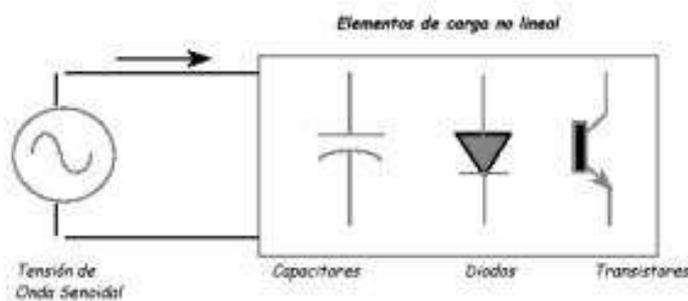


Figura 10 La corriente es absorbida en picos y crea armónicos

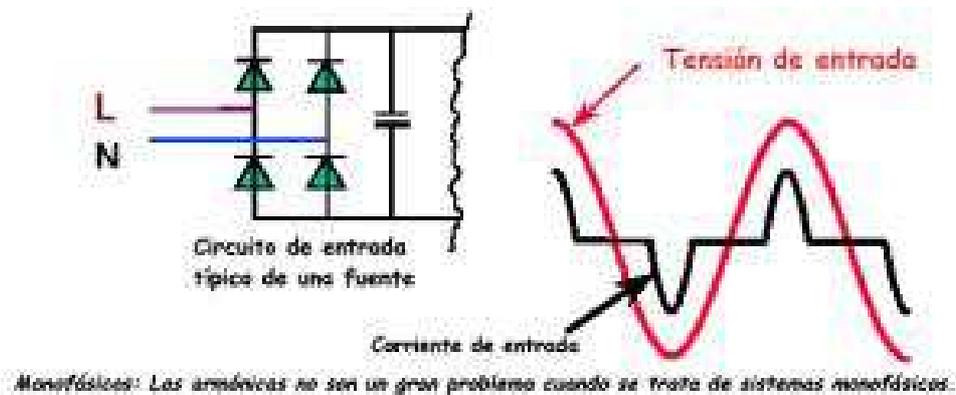


Figura 11

Los rectificadores monofásicos tienen 4 dispositivos de conmutación: la tercera armónica es de mayor amplitud.

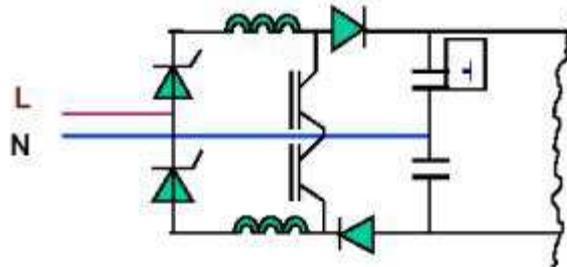


Figura 12

En los sistemas trifásicos el problema se torna más significativo:

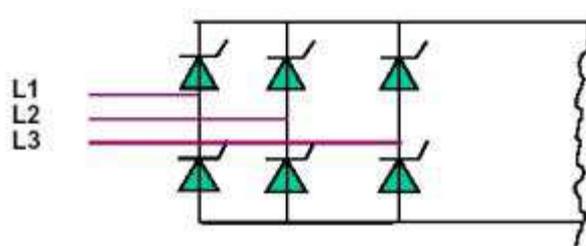


Figura 13

El rectificador trifásico tiene 6 dispositivos de conmutación: la mayor intensidad se produce en la quinta armónica. El rectificador generará armónicas que son inyectadas aguas arriba de la UPS. El nivel THDI de un rectificador de 6 pulsos normal es  $< 30\%$ , Eso significa que hasta un  $30\%$  de corriente armónica no deseada se inyecta en los dispositivos aguas arriba de la UPS, incluyendo la red eléctrica. Esta distorsión puede dañar algunos equipos y los proveedores de energía pueden penalizarlo si usted inyecta armónicas en su alimentación.

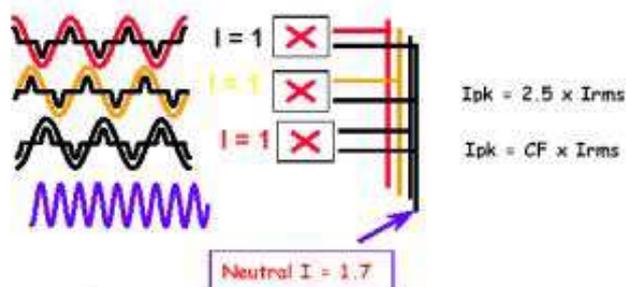


Fig. 14 Corriente en el neutro en sistemas Trifásicos

#### **1.4.4. Factor de Cresta**

El factor de cresta es la relación entre el valor de la tensión o corriente de pico ( $I_m$  o  $U_m$ ) y su valor rms. Para una señal senoidal, el factor de cresta es por lo tanto igual a  $r$ . Para una señal no senoidal, el factor de cresta puede ser superior o inferior a  $r$ . En este último caso, el factor de cresta señala valores de pico divergentes con respecto al valor rms.

El factor de cresta típico de la intensidad generada por cargas no lineales es mucho más elevado que  $r$ . Por lo general, se encuentra entre 1,5 y 2 y puede incluso alcanzar 5 en casos críticos. Un factor de cresta alto indica sobre intensidades transitorias altas que, cuando las detectan los dispositivos de protección, pueden producir disparos intempestivos.

#### **1.4.5. Factor de Potencia y Armónicas.**

##### **Cargas resistivas:**

En este caso la corriente está en fase con la tensión y el factor de potencia es uno.

##### **Cargas resistivas e inductivas:**

La corriente se retrasa a la tensión y el factor de potencia es  $< 1$  atrasado. Cuando más alta la carga inductiva, más bajo será factor de potencia. Para corregir este factor de potencia se pueden adicionar capacitores al circuito y aumentara el Factor de potencia de vuelta hacia 1.

##### **Cargas capacitivas:**

Aquí la corriente se adelantará a la tensión y si la carga capacitiva es alta, el factor de potencia será mayor que 1 y se adelantará. En situaciones dónde la corriente adelanta la tensión, esta puede crear problemas para generadores diésel, alterando el lazo de control de tensión. (Tenga cuidado con las UPS que no pueden controlar sus filtro de entrada para balancear con las cargas)

#### **1.4.6. El Problema de los Armónicos.**

Como los problemas ocasionados por cargas no lineales llegar a ser cada vez más obvios, compañías de electricidad se encaran con la necesidad de disminuir los efectos de cargas no lineales sobre sus instalaciones, alguna compañía de electricidad han descubierto repentinamente un problema sorprendente: Como ellos adicionaron muchas computadoras y equipo electrónico, el factor de potencia para la compañía de electricidad disminuyó. En algunos casos, la reducción en el factor de potencia era suficiente como para producir cargos extras (penalizar el bajo factor de potencia). Aún peor, fallas en transformadores y conductores coincidieron con el bajo factor de potencia.

El uso de equipo electrónico moderno ha cambiado nuestras vidas (la mayoría argumentarían para mejorar) pero tenido cambiado también la característica de carga de las instalaciones modernas. Las cargas electrónicas han ganado el nombre de “Carga no lineal”; para describir la forma de la potencia. Algunos de los efectos adversos de cargas no lineales concentradas sobre una compañía de electricidad son:

- La distorsión de voltaje dentro de instalaciones.
- Las corrientes excedentes por el neutro.
- Los altos niveles voltaje de neutro a tierra.
- El recalentamiento en transformadores.
- Los grandes campos magnéticos que emanan desde transformadores.
- La reducción en la capacidad de distribución.
- Penalización por bajo factor de potencia.

El término carga no lineal se usa usualmente para describir las fuentes de alimentación tipo “switch” que se encuentran en computadoras personal. De hecho, este tipo de fuente de alimentación se usa usualmente en un montón de aplicaciones. Los hornos de microondas, impresoras de láser y otros.

#### 1.4.6. a. Instrumentación médica.

Estéreos, televisores, y la iluminación electrónica están entre unos cuantos dispositivos que usan fuente de alimentación tipo “switch”. Los otros tipos de cargas no lineales incluyen dimmers para luz, rectificadores de 6 pulsos, controladores de carga por fase y ángulo de seis pulsos y rectificadores de 12 pulsos. Los variadores de velocidad comúnmente usan rectificadores de 6 pulsos y controladores de fase y ángulo.

El problema con cargas no lineales es la forma no sinusoidal de la corriente. La figura 15 muestra la forma de la corriente en una fuente monofásica tipo “switch”. La corriente está presente por cortos períodos de 2 a 3 ms por cada medio ciclo. En el contraste, a una carga sinusoidal la corriente se encuentra presente durante todo el medio ciclo (8.33ms) y es similar a la forma de onda del voltaje aplicado. La forma de onda de la corriente en las fuentes tipo “switch” causa diversos problemas.

**El primero:** las pérdidas de voltaje ocasionadas por la forma de la corriente se concentran en un punto dentro de la onda de AC.

**El segundo:** en sistemas de distribución trifásica, las corrientes para cargas equilibradas comparten el regreso entre fases, y la corriente de regreso podría ser cero o no necesariamente produciendo desbalances.

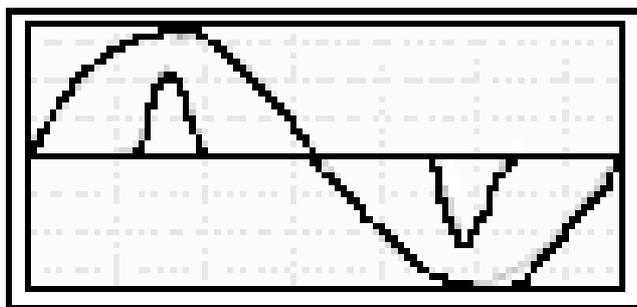


Figura15. Fuente de corriente monofásica tipo “Switch”

Sin embargo, con las fuentes tipo “switch”, la forma de la corriente en cada fase es única en el tiempo con respecto a las otras fases. La corriente de retorno para cargas no lineales debe volver a través del neutro porque no hay posibilidad de que esta lo haga por las fases. Para un buen sistema trifásico balanceado con mínima impedancia en el sistema de distribución, la corriente por neutro llega a ser 1.73 veces más grande que las corrientes de fase. El cableado dimensionado para las corrientes de fase no es adecuado para transportar la corriente de retorno.

**Tercero:** la corriente de pulso para una fuente tipo “switch” se repite a una tasa de 60 Hz, pero los componentes de frecuencia en la forma de onda se concentran en los más los armónicos de orden impar.

#### **1.4.6. b. Condensadores.**

De todos es conocido que en el sistema disponemos de condensadores utilizadas para compensar individualmente el factor de potencia de la carga y que los receptores son predominantemente inductivos, más aun si consideramos la parte de las propias líneas de distribución. Cuando la reactancia inductiva y capacitiva se igualan a una de las frecuencias de las corrientes armónicas (típicamente 5, 7, 11 y 13 o próximas a ellas) entran en resonancia paralelo pudiendo alcanzarse amplitudes de hasta 16 veces el valor de la armónica inicial. Esto crea fatiga dieléctrica, térmica y mecánica esto estropea los dispositivos de protección de otros equipos del sistema. Además estas corrientes armónicas disminuyen notablemente el factor de potencia de la instalación y no es válida la compensación simplemente añadiendo condensadores.

Fnd	9.31 A	86°	18th	0.8%	210°	35th	0.6%	28°
2nd	0.0%	51°	19th	4.4%	81°	36th	0.1%	115°
3rd	82.8%	259°	20th	0.7%	15°	37th	0.5%	179°
4th	0.2%	192°	21st	2.9%	269°	38th	0.1%	204°
5th	67.3%	72°	22nd	0.6%	175°	38th	0.5%	319°
6th	0.4%	338°	23rd	2.0%	119°	40th	0.1%	7°
7th	48.8%	244°	24th	0.4%	332°	41st	0.5%	112°
8th	0.5%	143°	25th	1.8%	321°	42nd	0.2%	178°
9th	30.8%	55°	26th	0.2%	105°	43rd	0.5%	267°
10th	0.6%	309°	27th	1.7%	146°	44th	0.0%	348°
11th	15.8%	220°	28th	0.2%	235°	45th	0.5%	70°
12th	0.7%	104°	29th	1.2%	312°	46th	0.0%	20°
13th	6.2%	3°	30th	0.3%	21°	47th	0.3%	229°
14th	0.7%	259°	31st	0.9%	105°	48th	0.1%	173°
15th	4.8%	111°	32nd	0.3%	182°	49th	0.2%	357°
16th	0.7%	53°	33rd	0.7%	243°	50th	0.1%	344°
17th	5.4%	265°	34th	0.2%	334°			
T.H.D:122.9 %		CONTRIB. IMPARES: 122.9%				CONTRIB. PARES: 2.15		
Frecuencia 60 Hz								

Tabla 1 Análisis de Fourier de la forma de onda de la corriente

#### 1.4.6. c. Conductores.

Incluso sin resonancia, las corrientes armónicas producen pérdidas en las líneas. Los conductores experimentan un calentamiento superior al habitual por efecto Joule debido a que el efecto piel se agrava al aumentar la frecuencia. La solución es aumentar la sección de los conductores. Sin embargo, el sobredimensionamiento de los conductores de fase no es necesario si éstos han sido bien calculados. El conductor neutro es una notable excepción ya que en él se suman los armónicos “triples” ( $6n-3$ ) de secuencia cero (3°, 9°, 15°, 21°). Estas

corrientes pueden crear caídas de tensión importantes a lo largo del neutro, lo que conlleva diferencias de potencial considerables entre éste y el conductor de protección que provocan errores de funcionamiento en los receptores.

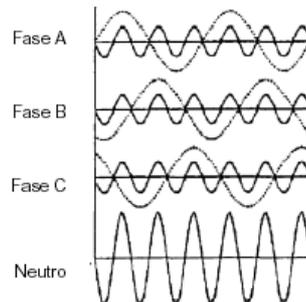


Figura 16

En sistemas trifásicos de cuatro hilos que alimentan cargas no lineales conectadas entre fase y neutro, cuando el sistema esté equilibrado, estas elevadas corrientes de neutro no activan las protecciones.

#### **1.4.6. d. Transformadores.**

Los armónicos influyen fundamentalmente sobre los transformadores de distribución reductores (típicamente triángulo-estrella 380/220V) en los que el mayor porcentaje de cargas sean equipos electrónicos monofásicos, conectados entre línea y neutro.

Las corrientes armónicas del neutro se reflejan en el triángulo, por donde circulan elevando la densidad de flujo en el núcleo. También, las corrientes de Foucault, proporcionales a la frecuencia, aumentan considerablemente.

#### **Aparatos de medida.**

A todos estos problemas se une el que los aparatos de medida habituales determinan el valor eficaz midiendo el valor máximo de la onda y dividiéndolo por el factor de cresta (2), o miden el valor medio y lo multiplican por el factor de

forma (1,11) para ondas sinusoidales. Al dejar de ser la onda sinusoidal pura, la medida de los aparatos es errónea.

#### **1.4.7. La Distorsión Armónica y sus Efectos Perjudiciales.**

La distorsión armónica y sus efectos perjudiciales:

Las cargas no lineales tradicionales, tales como hornos de arco y de inducción, reactores saturables, sumado al gran desarrollo de la tecnología de control por medio de equipamiento electrónico de potencia controlado por tiristores, ha llevado a un incremento significativo de la cantidad de cargas no lineales en el sistema. Desafortunadamente las cargas no lineales, tienen efectos indeseables en el suministro de corriente alterna requiriendo una cantidad importante de potencia reactiva inductiva con una corriente no senoidal. La red necesita estar libre de esta distorsión armónica para prevenir el funcionamiento inadecuado de los equipos. La corriente de las cargas no lineales está compuesta por una componente fundamental a la frecuencia de la red y un número de armónicas cuyas frecuencias son múltiplos de ésta, dependiendo el espectro del tipo de carga que se esté considerando. Estas armónicas conducen a que la corriente en los capacitores se incremente en la medida que su impedancia desciende al aumentar la frecuencia.

La distorsión armónica en la red de corriente alterna puede ocasionar inconvenientes tales como:

- Exceso de corriente en capacitores y bancos de capacitores, con el consiguiente acortamiento de su vida útil. Actuación indebida de fusibles.
- Disparo intempestivo de interruptores y otros equipos de protección. Actuación indebida de fusibles.
- Aumento de las pérdidas, y mal aprovechamiento de la instalación. Sobrecalentamiento de motores y transformadores, y componentes de circuito en general.
- Mal funcionamiento de computadoras y otros equipos electrónicos de control y/o cargas sensibles.

- Interferencia con circuitos de iluminación y telefónicos.
- Resonancia con otros componentes del sistema. Oscilación mecánica en máquinas.
- Errores en equipos de medición, especialmente los de estado sólido. Error en exceso en los medidores de energía
- Operación inestable en el disparo de circuitos que trabajan por cruce por cero de tensión.
- Disminución del factor de potencia.
- Fallas en la aislación.

#### 1.4.8. Límites de distorsión armónica.

Se limitan, para una distribución de energía eléctrica normal, los valores admisibles del contenido de armónicos. Las normas de vigente aplicación son:

**UNE 21248/6-1996.** El contenido de armónicos  $H$  en porcentaje (equivalente al TDH-F definido en la literatura anglosajona), se define según su apartado 2 como:

$$H\% = 100 \sqrt{\sum_{n=2}^{n=N} \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2}$$

#### Dónde:

$I_1$ : es la componente fundamental de la corriente (de frecuencia 50 Hz)

$I_n$ : es el armónico  $n$ ésimo de la corriente.

$N$ : es el máximo orden de armónico a considerar. La norma no especifica este número. Algunos fabricantes consideran hasta el armónico 15, otros hasta el 25 e incluso hay quienes toman hasta el 50.

Los valores admisibles para el contenido de armónicos total y de orden par de la corriente de carga se limitan al 5% y 10% respectivamente.

#### **CEI 555.**

La norma indica como límites los valores de la tabla.

<b>Límites de corrientes armónicas. CEI 555.</b>			
Armónicos impares (n)	Clase A (A)	Clase D absoluto (A)	Clase D relativo (mA/W)
3	2,30	1,08	3,6
5	1,14	0,60	2,0
7	0,77	0,45	1,5
9	0,44	0,30	1,0
11	0,33	0,18	0,6
13	0,21	0,15	0,51
15 al 39	0,15 x (8/n)	0,18 x (11/n)	0,2 x (11/n)
Armónicos pares			
2	1,08	0,3	1
4	0,43	0,15	0,5
6	0,3	-	-
8 al 40	0,23 x (8/n)	-	-

Tabla 1

$I_{sc} / I_L$	Armónicos impares					TDD
	<11	11-17	17-23	23-35	>35	
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0%
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0%
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0%
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0%
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0%

Tabla 2

Límites de corrientes armónicas en punto de acoplamiento común.

ISC = corriente de cortocircuito disponible en el punto de acoplamiento común.

IL = máxima corriente fundamental demandada.

TDD = Distorsión total de demanda.

### Límites de Distorsión de Corriente IEEE-519

Isc / IL TDD (Distorsión Total de Demanda)	
< 20	5%
20 < 50	8%
50 < 100	12%
100 < 1000	15%
> 1000	20%

Tabla 3

Donde

Isc = corriente corto circuito

IL = corriente de carga

#### **Límites de la distorsión del voltaje IEEE-519**

**Usos especiales (hospitales, aeropuertos) el 3%**

Usos generales de los sistemas el 5%

Sistemas dedicados (carga convertida 100%) 10%

#### **1.4.9. Clasificación de transformadores. El factor K.**

Un transformador en presencia de armónicos se calienta y no funciona a su potencia nominal y debe o cambiarse por otro de mayor potencia o disminuirse la carga. El transformador se “desclasifica” asociándole una potencia equivalente.

La potencia equivalente de un transformador es la correspondiente a la sinusoidal que provoque las mismas pérdidas que las producidas con la corriente no sinusoidal aplicada. Esta potencia equivalente es igual a la potencia basada en el valor eficaz de la corriente no sinusoidal multiplicada por el factor “K”. Este factor “K” se define como aquel valor numérico que representa los posibles efectos de calentamiento de una carga no lineal sobre el transformador.

La potencia asignada del transformador que se use debe ser igual o mayor que la potencia equivalente. En el caso en que un transformador en servicio se

desea cargar posteriormente con corrientes armónicas un factor reductor de  $1/K$  debe ser aplicado a la potencia asignada. La siguiente figura muestra la desclasificación de la capacidad de carga de un transformador en función del factor  $K$  de la carga.

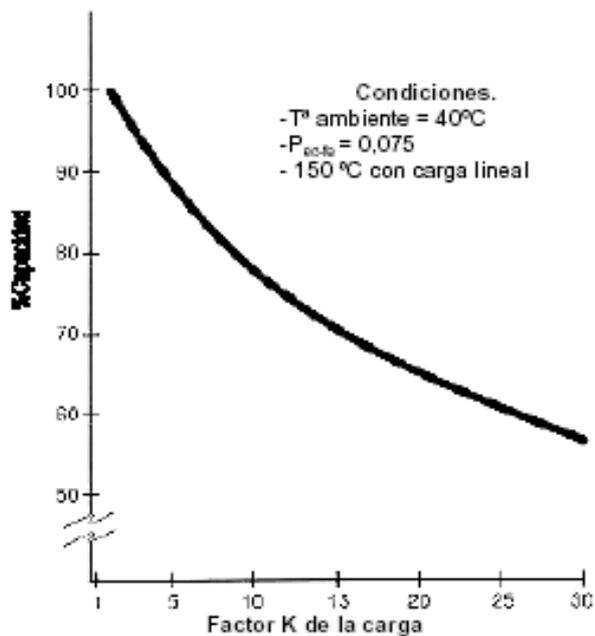


Figura 17

El factor  $K$ , según la norma UNE, se obtiene por la siguiente fórmula.

$$K = \sqrt{1 + \frac{e}{1+e} \left( \frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} \left( n^q \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right)}$$

Dónde:

$e$  - pérdidas por corrientes de Foucault debidas a la corriente sinusoidal a la frecuencia fundamental, divididas por las pérdidas debidas a una corriente continua igual al valor eficaz de la corriente sinusoidal, ambas a la temperatura de

referencia. Este valor lo proporciona el fabricante del transformador y suele valer 0,3.

n: orden del armónico

I: valor eficaz de la corriente sinusoidal y, en el otro caso, la de la corriente no sinusoidal, conteniendo todos los armónicos.

In: es la corriente del enésimo armónico (amplitud o valor eficaz).

I1: es la corriente fundamental (amplitud o valor eficaz).

q: es una constante exponencial que depende de los arrollamientos y de la frecuencia.

Pueden usarse los siguientes valores:

- 1,7 Para transformadores con conductores redondos o rectangulares en los arrollamientos de baja y alta tensión
- 1,5 Para transformadores con conductores de lámina en baja tensión.

A veces distintas distribuciones de carga llevan a idénticos factores K. Existen en el mercado analizadores de armónicos que proporcionan tanto la distorsión armónica como el factor K. En la tabla 5 se muestra el cálculo de la K de una carga conociendo su contenido en armónicos. La tabla 6 muestra el resultado de las mediciones hechas en un centro típico de cálculo cuando la conexión de la fuente de alimentación de los ordenadores se conecta entre línea y neutro, entre dos líneas y considerando el conjunto de cargas.

	Línea-neutro (A)	Línea-línea (A)	Conjunto (A)
Fundamental	0.65	0.82	0.92
Armónico 3º	0.52	0.0	0.26
Armónico 5º	0.42	0.49	0.23
Armónico 7º	0.29	0.29	0.13
Armónico 9º	0.13	0.0	0.06
Armónico 11º	0.12	0.074	0.06
Armónico 13º	0.098	0.033	0.04
<b>Total (eficaz)</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>
THD	116%	70%	42%
Relación de corriente de neutro y de fase	1.61	0.0	0.80
Distorsión de factor de potencia	0.65	0.82	0.92
Desclasificación típica de transformador estándar	69-79%	71-81%	88-93%
Factor K	16	12	5

Cálculo del factor K de una carga no lineal					
n (nº de armónico)	I <sub>n</sub> (corriente de carga no lineal)	(I <sub>n</sub> ) <sup>2</sup>	i <sub>n</sub> = (I <sub>n</sub> ) / (∑ I <sub>n</sub> <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup>	(i <sub>n</sub> ) <sup>2</sup>	(i <sub>n</sub> ) <sup>2</sup> n <sup>2</sup>
1	100.0%	1.000	0.792	0.626	0.626
3	65.7	0.432	0.520	0.270	2.434
5	37.7	0.142	0.298	0.089	2.226
7	12.7	0.016	0.101	0.010	0.495
9	4.4	0.002	0.035	0.001	0.098
11	5.3	0.003	0.042	0.002	0.213
13	2.5	0.001	0.020	0.000	0.066
15	1.9	0.000	0.015	0.000	0.051
17	1.8	0.000	0.014	0.000	0.059
19	1.1	0.000	0.009	0.000	0.027
21	0.6	0.000	0.005	0.000	0.010
23	0.8	0.000	0.006	0.000	0.021
25	0.4	0.000	0.003	0.000	0.006
<b>Total</b>		<b>1.596</b>		<b>1.00</b>	<b>6.33</b>

Este factor K varía en las instalaciones dependiendo si se ha tomado de día con un nivel de carga próximo al 100% o por la noche donde tan sólo suelen existir cargas de iluminación. Además las industrias tienen ciclos estacionales, provocando gran variación en la demanda. Aún es más complejo proveer el contenido de armónicos en el caso de nueva instalación. En general la desclasificación es más frecuente en el caso de instalaciones existentes. El diseño del transformador deberá realizarse para el peor caso registrado.

En EEUU, ANSI/IEEE C57.110-1996 nos proporciona una guía para la desclasificación en función del factor K de la carga y de las pérdidas de dispersión proporcionadas por el fabricante del transformador, parte que la norma no considera. Este método de sobredimensionar el transformador tiene varios inconvenientes: La placa de características, habitualmente no se cambia. La próxima persona que lo visite no sabe que ha sido desclasificado y puede considerar que está trabajando muy por debajo de los valores nominales e incrementar de nuevo la potencia nominal hasta el valor indicado en placa.

Los transformadores suponen la mayor parte de la impedancia de un circuito de distribución y su reactancia puede suponer una oposición considerable a la circulación de los armónicos de mayor frecuencia. Sobredimensionarlo supone reducir su impedancia y, por tanto, los armónicos circulan más fácilmente. Además, se eleva la intensidad de cortocircuito hasta valores que no permiten que la protección primaria saque la unidad fuera de la línea en caso de fallo. Por el contrario, un neutro sub dimensionado, como ya se ha comentado, puede producir elevadas caídas de tensión y considerables diferencias de potencial respecto de tierra no aconsejables para cargas críticas. Es deseable mantener la impedancia del transformador lo menor posible, pero suficientemente grande para que no ocurra lo anterior. Es decir, buscar una situación de compromiso.

Los transformadores desclasificados requieren mayor sección de conductores, mayor calibre en las protecciones y costos adicionales.

Entre otros, los Laboratorios Underwriters (UL) han reconocido los posibles riesgos en la seguridad asociados al uso de transformadores estándares sobredimensionados.

#### **1.4.9. a. Transformadores de factor K**

Aparecen entonces los transformadores de “factor K” para evitar los anteriores inconvenientes. Presentan algunas peculiaridades constructivas respecto de los convencionales. Sobre dimensionamiento de los conductores primarios para soportar las corrientes de circulación reflejadas de los armónicos.

Las secciones del neutro y sus conexiones se dimensionan para una corriente doble de la de línea. El núcleo está diseñado para una menor densidad de flujo. Se emplea menor cantidad de material, pero de mejor calidad, por ejemplo acero magnético M6. Las pérdidas por corrientes de Foucault en los conductores de los transformadores se pueden reducir empleando varios conductores paralelos aislados entre sí. A veces se utilizan conductores de tipo fleje y otras técnicas de interpolación y transposición de conductores.

Tienen una capacidad térmica especial. En Estados Unidos la asignación de K a un transformador lo realiza Underwriters Laboratories, no el fabricante. El criterio UL1561 para establecer la clasificación es el siguiente: Inicialmente se prueba al transformador con una corriente sinusoidal de 60Hz para determinar las pérdidas en los devanados y en el núcleo. Del total de las pérdidas en los arrollamientos se restan las debidas al  $I^2R$ , calculadas a 60Hz, y de este modo se deducen las pérdidas de dispersión que se consideran fundamentalmente producidas por corrientes de Foucault. Si el transformadores adecuado para un factor K determinado, las pérdidas por dispersión se multiplican por ese factor K y se suman a las debidas al efecto Joule a 60Hz. Si la elevación de la temperatura media en los devanados no supera la nominal el transformador es marcado como válido para trabajar con cualquier carga no lineal de ese o menor factor K.

#### **1.4.10. Solución para los Armónicos.**

Como en cualquier problema la mejor solución para evitar un efecto no es mitigarlo, sino eliminar la causa que lo produce. En nuestro caso, eliminar los armónicos de la red. Los componentes de la frecuencia para una fuente de alimentación tipo “switch” incluyen el 3rd armónico (180Hz), el 5th armónico (300Hz), el 7th armónico (420Hz), el 9th armónico (450Hz) y este patrón continúa hasta niveles más altos. De hecho, la capacidad para medir armónicos de alta frecuencia es más una limitación del equipo medidor y el efecto de la impedancia de la fuente que la presencia o ausencia de armónicos.

Algunos armónicos se han distinguido por ser especialmente dañinos en los sistemas de distribución. Los 3eros armónicos y múltiples de este (p. Ej., 9th, 15th, 21o) reciben atención especial porque ellos son los “triplens” ( $6n-3$ ). Los “triplens”, en frecuencia - dominio armónico - análisis de secuencia, retornan a través del neutro. Como se constata donde la corriente de carga retorna a través del neutro con valores superiores a los de fase. Los armónicos de secuencia negativa (p. Ej., 5th, 11th, 17th) tienen gran impacto sobre transformadores y motores porque su rotación se opone a la rotación de la fundamental (60Hz componente).

Las combinaciones de armónicos también tienen impacto. Por ejemplo, los armónicos de voltaje a los 5th y 7th combinados dentro de motores producen un evento que está en el orden del 6to armónico. El armónico originado ocasiona una amplia gama de problemas que llevan a elevar la temperatura de motores, vibración y desgaste. El bajo factor de potencia para cargas no lineales ocurre debido a que la corta duración de la corriente eleva los VA sin el correspondiente incremento en los Watts. Como el factor de potencia es igual a los vatios divididos por los voltio-amperios, cualquier aumento en VA sin un aumento correspondiente en los vatios conducirá a un factor de potencia menor.

Como los problemas ocasionados por cargas no lineales llegar a ser cada vez más obvios, las compañías de electricidad se encaran con una necesidad disminuir los efectos de cargas no lineales sobre sus instalaciones. Además, algunas compañías eléctricas comienzan a aplicar el estándar IEEE-519 para limitar la magnitud de corrientes armónicas que los usuarios individuales producir hacia la compañía de electricidad. Los filtros armónicos son ofrecidos por vendedores para resolver estas necesidades. Generalmente, los filtros armónicos proveerán una solución, aunque esta no sea la solución para todos los casos. Los ofrecimientos de filtro incluyen reactores en la línea, filtros pasivos, filtros activos, filtros de retroalimentación electrónica y transformadores especiales que usan un devanado fuera de fase para realizar la reducción las armónicas.

#### 1.4.10. a. Tipos de filtros armónicos:

Filtros pasivos, los más populares, construidos basados en condensadores e inductancias ajustados para bloquear o absorber determinados armónicos. Las aplicaciones en que son empleados deben estudiarse con cuidado para asegurar su compatibilidad con el resto del sistema. Pueden llegar a ser excesivamente voluminosos y crear efectos indeseables como transitorios y resonancias. La figura n° 18 muestra una configuración típica.

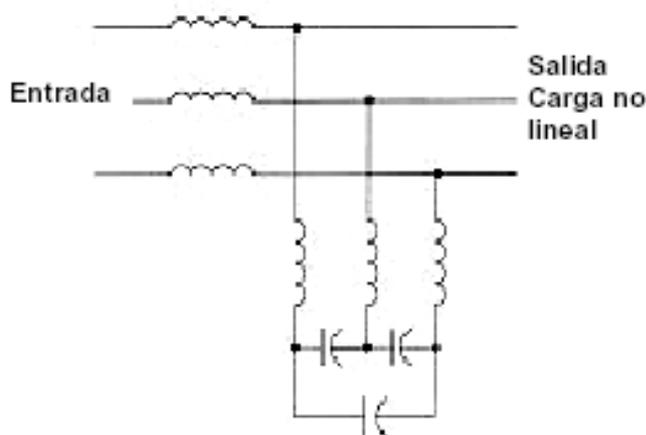


Figura 18. Entrada a un filtro pasivo

Los filtros pasivos, de armónicas, vienen en una amplia variedad. En algunos casos, ellos no son más que un reactor de línea. En otros casos, pueden usar filtros resonantes en serie o paralelos (uno solo o ambos simultáneamente) para atrapar o resistir a los armónicos. Un filtro serie (con la carga en serie) que usa componentes en paralelo (inductancias y capacitancias en paralelo) se conoce como un “reflector (repelente) de corriente”. En, o cerca la frecuencia de resonancia del conjunto paralelo, el filtro provee atenuación máxima. La “Q” del filtro determina el ancho de banda. Un filtro paralelo (paralelo con la carga) usando componentes en serie (inductancias y capacitancias en serie) es un aceptador de corriente. En o cerca al punto de resonancia del filtro, este dejará pasar mucha corriente y voltaje armónico y la resistencia de Corriente Continua (DC) del filtro la soportará. Cuando se sintonizan adecuadamente con la carga estática, los filtros pasivos se convierten en un medio efectivo para controlar los armónicos. Como en el caso de reactores de línea, la distorsión de voltaje de rendimiento puede ser bastante. Las figuras 4 y 5 muestran el voltaje y corriente dentro y fuera de un filtro pasivo.

Se debe tener pendiente: Los filtros armónicos pueden ser bidireccionales. Esto significa que ellos pueden “hundir” (deformar) tanto la onda hacia la carga como la onda hacia la fuente. Algunos usuarios de filtros armónicos simples, se han sorprendido al encontrar que sus filtros les están disparando Breaker o rompiendo componentes cuando estos intentan atrapar armónicos provenientes de la red de distribución

Un reactor en línea, es comúnmente un simple inductor. La reactancia inductiva del inductor resiste la corriente de armónicos de alta frecuencia. Según la ecuación  $X_L = 2\pi fL$ . Como la frecuencia aumenta, también lo hace la resistencia. Las componentes de 60Hz pasan a través del inductor con poca oposición, pero a los componentes de más alta frecuencia les resulta más difícil pasar. Por lo que las corrientes armónicas disminuyen cuando un reactor se aplica en la línea. El reactor de línea limita las corrientes armónicas, a expensas de una

distorsión en el voltaje. El voltaje de salida en el reactor de línea mostrará distorsión en su forma de onda y limitará frecuentemente el voltaje pico. Los filtros activos, con sofisticados sistemas electrónicos empiezan a hacer su aparición en el mercado. Son costosos y delicados. No gozan de una total aceptación.

En la forma más simple, un filtro de armónica activo es un regulador de tipo impulso. El filtro impulsa voltaje a lo largo de cada ciclo medio de Corriente alterna (AC), proveyendo la carga con una forma de onda rectangular. La onda de voltaje formada puede completarse con electrónica activa, saturación magnética o ambos. La forma de onda rectangular de voltaje fuerza a los rectificadores en la fuente de alimentación a sacar corriente por un intervalo más largo. Para construir el ciclo correcto (período de conducción de corriente contra el intervalo de voltaje) y mejorando también el factor de potencia. Depender del tipo de filtro armónico activo, la distorsión a la salida puede ser mínima o muy pronunciada.

Un filtro electrónico de retroalimentación es un dispositivo muy complejo que censa armónicos de voltaje y corriente y genera armónicos compensatorios para cancelar los armónicos indeseables. Comúnmente, se utiliza un dispositivo de alta de frecuencia con modulación de ancho pulso (PWM) para generar las corrientes y voltajes armónicos compensatorios. Debido a que el filtro censa constantemente el voltaje y la corriente, los cambios en la condición de la carga pueden ser rápidamente solventados. En virtud del mecanismo de retroalimentación, el filtro electrónico de retroalimentación, provee muy limpias formas de onda para la carga. La regulación de voltaje es también una consecuencia normal de la operación de filtro.

Donde las condiciones de carga son constantes, puede usarse transformadores especiales para combinar corrientes de carga. La “delta-delta /Y” o transformadores de múltiples devanados “Y” proveen corrientes armónicas fuera de fase adicionales a las armónicas corrientes. Los transformadores

requieren condiciones equilibradas de carga. Con cargas equilibradas, sin embargo, la distorsión armónica en la corriente resultante se reduce significativamente. Algunos tipos de conexión de transformadores, descritos a continuación:

En los transformadores **triángulo – estrella**; las corrientes “triplen” se suman en el conductor neutro. En el primario, los “triplen” de las cargas desequilibradas salen por los conductores y los de las cargas equilibradas quedan atrapados en los bobinados del triángulo. Aunque esto podría utilizarse para eliminar los “triplen” equilibrados, solo es válido en determinadas aplicaciones por los problemas que genera la recirculación por el triángulo de dichas corrientes.

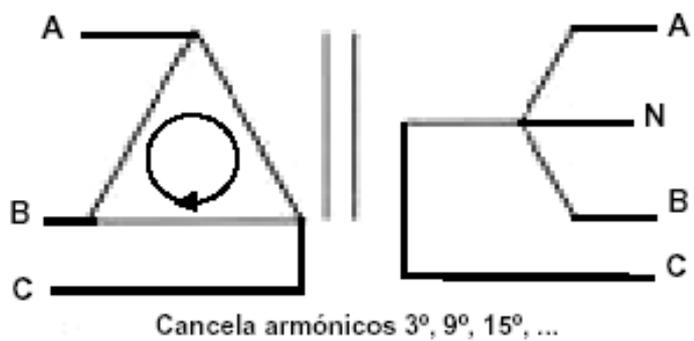


Fig. 18

Los transformadores con **secundario en zigzag** están formados por seis devanados iguales, dos por fase. Esta disposición desvía los “triplen” del neutro a los conductores de fase.

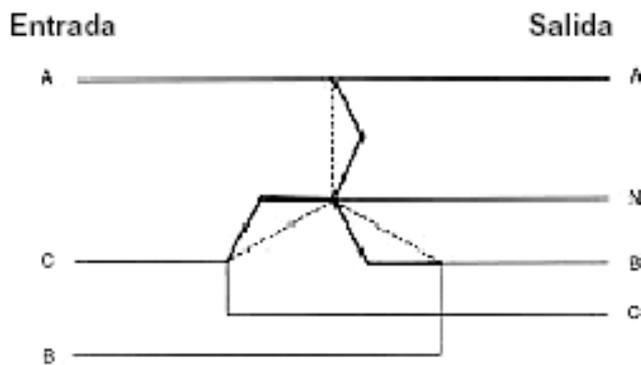


Fig. 19

En los últimos años se construyen **transformadores de múltiples salidas**. El transformador de doble salida (ver figura siguiente) se construye con dos devanados secundarios desfasados entre sí 30° grados. El primario conectado en triángulo, como ya sabemos, bloquea los “triplen” de cargas equilibradas. Los secundarios compensan sobre todo los armónicos de orden 5, 7, 11,19.

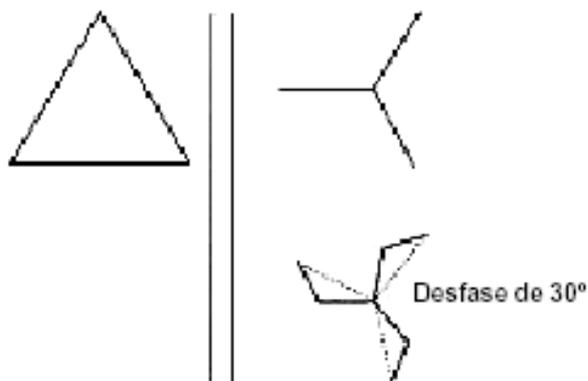


Fig. 20

La otra posible configuración son los de cuádruple salida (figura siguiente) en la que los devanados están desfasados entre sí 15° grados. El primario como siempre bloquea los “triplen” y el secundario los de orden 5, 7, 11, 13, 17, 19, 29 y 31.

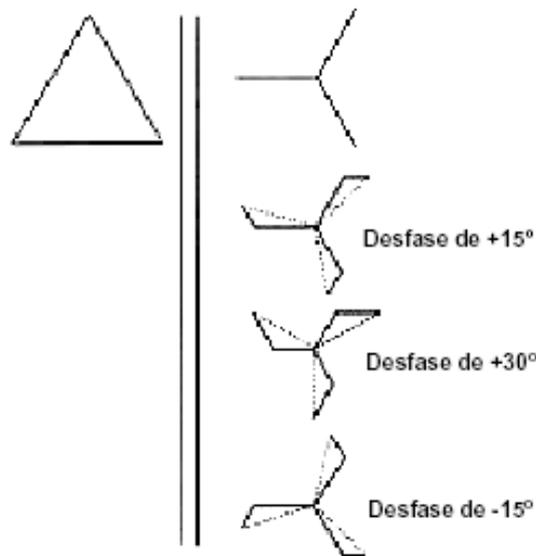


Fig. 21

Para que sea máxima la atenuación de estos armónicos, las cargas no lineales conectadas en cada salida deben ser idénticas. Por ello en estas aplicaciones se suele monitorizar las salidas de los distintos circuitos. No es recomendable, por ejemplo, un transformador de doble estrella cargado con tres armarios de salida porque las medidas no reflejan si los secundarios están equilibrados.

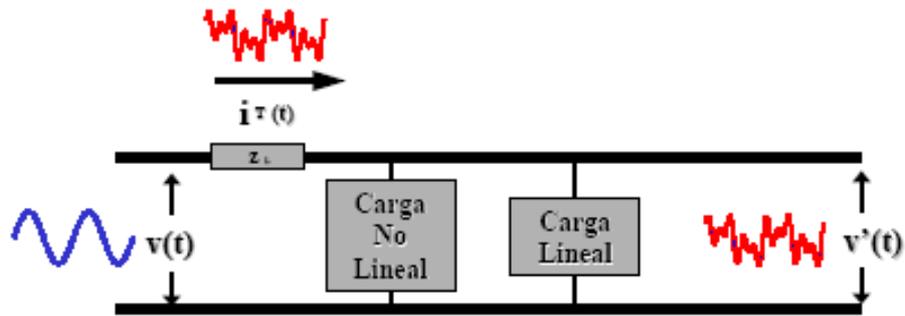
#### 1.4.10. b. Comparación de filtros.

Hay comúnmente un balance comparativo; la distorsión en el voltaje de salida puede aumentar y su pico puede bajar. En algunos casos, el vatiaje puede aumentar también.

#### 1.4.11. Tipos de Señales Producidas por Diversos Equipos Electrónicos.

Muchos estudios se han realizado con respecto a la influencia de las armónicas de corriente y voltaje en aparatos eléctricos y electrónicos, los mismos que han mostrado que si existen efectos secundarios sobre el desempeño de muchos de estos equipos.

Así distorsiona una carga no lineal al voltaje:



Existe una gran diversidad de cargas eléctricas las mismas que debido a su función específica generan formas de onda de corriente diferentes a la onda sinusoidal y varias inclusive afectan directamente a la forma de onda de voltaje. A continuación se muestran varias curvas de corriente de equipos de tipo residencial, industrial, comercial que se han podido capturar con equipos de análisis de calidad de energía.

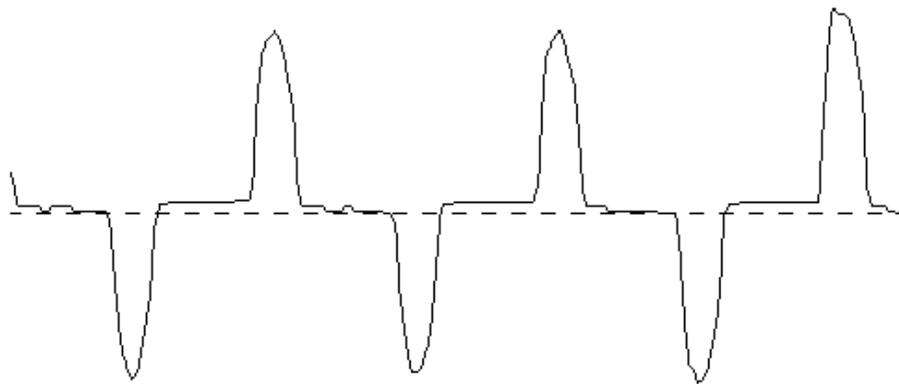


Fig. 22 Corriente en una copiadora fotostática

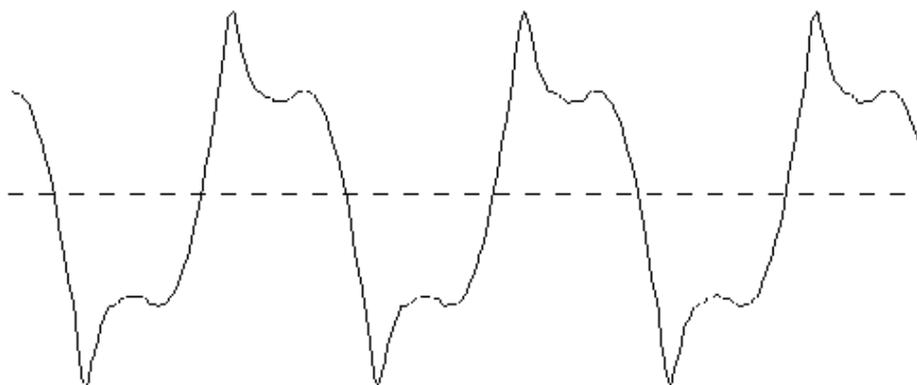


Fig. 23 Corriente en una UPS

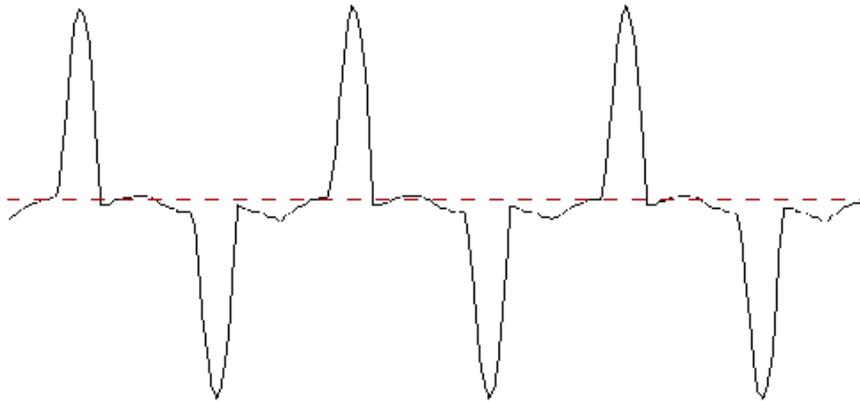


Figura 24 Corriente en un computador

Luminarias electrónicas compactas y de tipo convencional (fluorescente) utilizadas en oficinas y hogares. Si bien las lámparas de tipo compacto ayudan a reducir significativamente el consumo de energía en los hogares, sin embargo existen otros efectos secundarios que se deben tomar en cuenta como la distorsión armónica, el factor de potencia, efecto estroboscópico, el color del flujo luminoso.

La figura 25 es un ejemplo de esta tendencia, estas curvas se han encontrado en una subestación que alimenta a un sector comercial y donde existen también edificios de oficinas.

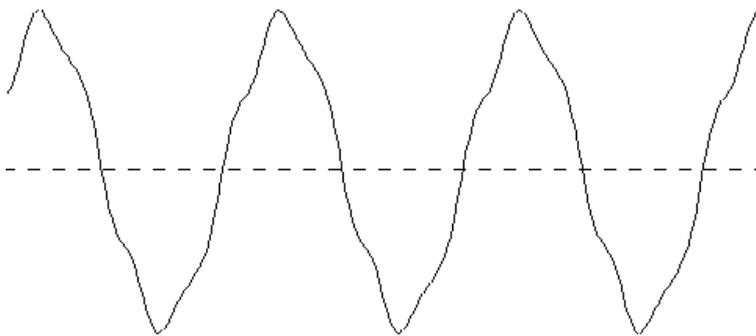


Figura 25

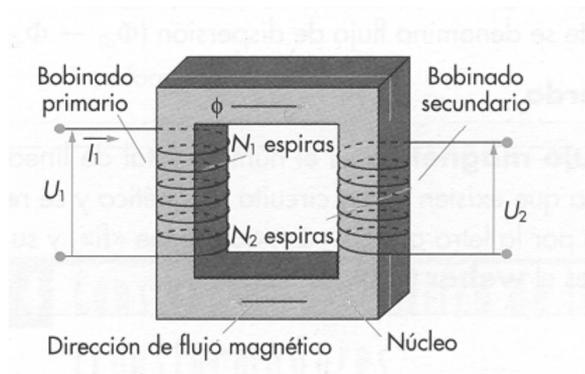
Las corrientes en un primario conteniendo quintas, séptimas y otras armónicas a la larga producen distorsión en el voltaje, es decir se degrada la calidad de energía que se suministra al cliente. En casi toda red de distribución la

presencia de la quinta armónica es un factor común. La contaminación armónica en el voltaje es una gran preocupación por parte de las empresas eléctricas y es por ello que en la actualidad se recomienda realizar estudios de flujos de potencia considerando cargas no lineales, pues al existir frecuencias superiores a la fundamental siempre habrá la posibilidad de que se den nuevos problemas de orden técnico como la resonancia entre capacitores de las subestaciones, transformadores de potencia, el sistema de subtransmisión y distribución. Es preocupante también que las armónicas producidas desde el sistema de distribución lleguen a las centrales de generación eléctrica cercanas al sistema

### **1.5. TRANSFORMADOR.**

Los transformadores eléctricos han sido uno de los inventos más relevantes de la tecnología eléctrica. Sin la existencia de los transformadores, sería imposible la distribución de la energía eléctrica tal y como la conocemos hoy en día.

El transformadores un aparato, estático de inducción electromagnética, destinado a transformar un sistema de corriente alterna, en otro u otros sistemas de corriente alterna, de intensidad o tensión, generalmente diferentes pero de la misma frecuencia. Está constituido por un circuito magnético sobre el que se arrollan las bobinas aisladas entre sí, y del núcleo. El devanado de entrada está conectado a la fuente de energía y se llama devanado primario, mientras que el que suministra la energía está conectado a la carga y se llama: devanado secundario, la transmisión de energía del devanado primario al devanado secundario se efectúa por medio del flujo magnético alterno producido por el primario.



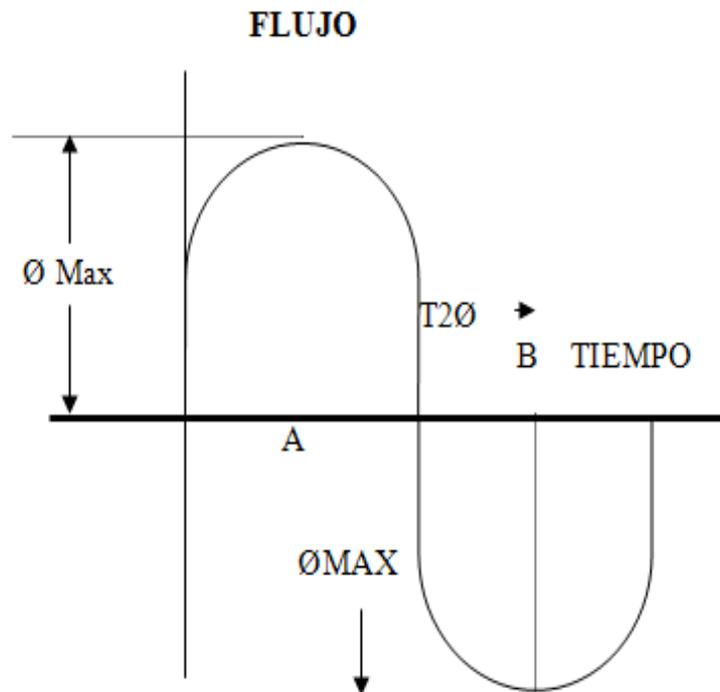
**Fig. 1.1. Partes básicas del transformador**

### 1.5.1. Principios de funcionamiento.

El transformador se basa en el principio de que la energía se puede transformar eficazmente por inducción magnética, desde un bobinado a otro por medio de un flujo magnético variable, siempre y cuando ambos devanados estén en el mismo circuito magnético, el circuito magnético es el núcleo de láminas de acero. En un transformador, las bobinas y el circuito magnético son estacionarios uno con respecto al otro: la fuerza electromotriz del secundario es inducida por la variación en magnitud del flujo primario con el tiempo, por tal motivo el transformador no opera como tal con corriente continua. En la figura 1.1 se ilustran las partes básicas de un transformador.

El núcleo del transformador, está formado de chaspas rectangulares de acero laminado, más, generalmente acero con un porcentaje de silicio, unidas entre sí por chapas o pasadores. Un arrollamiento continuo, el primario, está bobinado sobre uno de los lados o brazos de núcleo de acero. Otro arrollamiento continuo puede tener o no el mismo número de espiras del primario, y está bobinado en el lado opuesto del núcleo. En la práctica corriente, los dos devanados se hacen juntos en el mismo brazo, una bobina sobre el otro debidamente aislados, esto con el fin de reducir las pérdidas de flujo entre los bobinados.

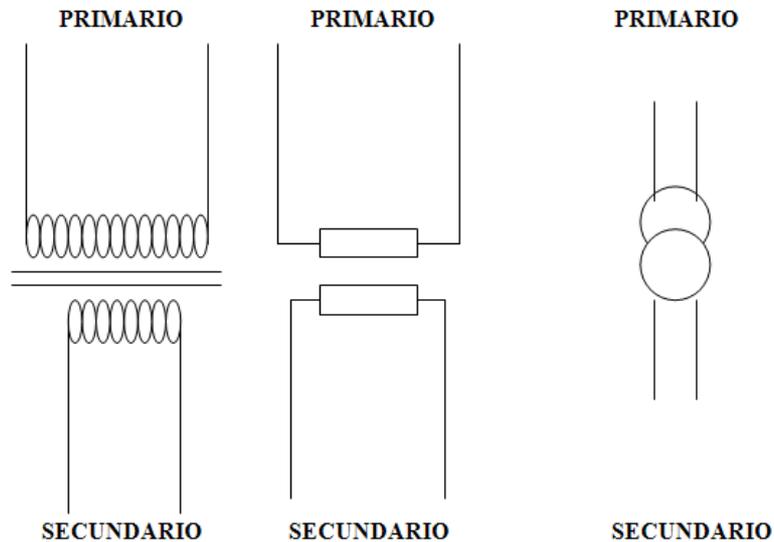
Cuando el bobinado primario se energiza con corriente alterna, aparece en este bobinado una corriente  $I_1$  que varía sinodalmente con el tiempo. Puesto que el arrollamiento primario envuelve al núcleo de acero laminado, su fuerza magnetomotriz produce en el núcleo un flujo  $\phi$  que varía también sinodalmente con el tiempo (Fig. 1.2.). Este flujo alterno, a su vez, abarca las espiras del secundario e induce en este devanado la fuerza electromotriz (F.E.M) de la misma frecuencia del primario.



**Fig. 1.2. Variación sinusoidal del flujo con el tiempo**

Debido a esta fem, la bobina secundaria es capaz de liberar corriente y energía. Por tanto, la energía es transportada desde el primario al secundario a través del medio formado por el flujo magnético

## Símbolo para representar un transformador



### 1.5.2. Principios de inducción electromagnética.

La electricidad magnetismo en un electroimán, que es distinto de un imán permanente, y que el Campo magnético se produce sólo cuando las espiras de alambre arrolladas alrededor del núcleo magnético, transportan corriente eléctrica. Para determinar la polaridad de un electroimán se puede usar la llamada regla de la mano izquierda.

### 1.5.3. Relación de corriente.

Si se conecta una carga al secundario del transformador, el voltaje inducido  $E_g$  hace que circule una corriente  $I_2$  en el devanado secundario. Debido a la circulación de corrientes, se tiene en el devanado secundario una fuerza magnetomotriz (fmm)  $N_2 I_2$  opuesta a la del primario  $N_1 I_1$ .

Es conveniente recordar que el voltaje inducido en el primario  $E_1$  es siempre directamente proporcional al flujo  $\Phi$  y también es igual al voltaje aplicado  $V_1$ ,

considerando como antes, todos estos valores como eficaces. Dado que el voltaje aplicado no cambia, el flujo en el núcleo debe ser constante, cualquier incremento en la corriente primaria, de manera que el flujo de energización producido por la corriente en el primario tendrá un valor efectivo constante durante la operación del transformador. En los transformadores de potencia de valor relativamente pequeño, se puede decir que prácticamente el flujo que eslabona al devanado primario, es el mismo que eslabona al secundario y de aquí que la corriente de vacío o de energización representa sólo el 2% o 3% de la corriente primaria de plena carga ya se puede decir que los ampere-espira del primario son iguales a los ampere-espira del secundario, es decir:

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

#### **1.5.4. Capacidad de los Transformadores.**

La potencia de los transformadores. Como se sabe, la potencia en corriente alterna monofásica está dada como el producto de la tensión por la corriente y por el factor de potencia, de acuerdo a la expresión.

$$P = V I \text{ FP}$$

Esta fórmula expresa la “potencia real” que se mide en watts, el producto del voltaje (solo) por la corriente da la denominada potencia aparente.

$$P = V \cdot I$$

Las normas para transformadores cuando hablan de potencia nominal, se refieren a una potencia que es el producto de la corriente por el voltaje en vacío.

La potencia nominal es por lo tanto una “potencia aparente” que es la misma, ya sea que se considere el devanado primario o el devanado secundario. La razón de esta definición que es sólo convencional, se debe al hecho de que se caracteriza a la máquina desde el punto de vista del dimensionamiento. Las prestaciones de una máquina eléctrica están limitadas por el calentamiento de sus componentes, las cuales está causadas por las pérdidas que tiene. En particular, en un transformador se tienen las pérdidas en el núcleo y a las pérdidas en los devanados.

Para el núcleo magnético, las pérdidas dependen de la inducción magnética B, la cual es proporcional a la tensión inducida, en los devanados, las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente. La prueba de corto circuito del transformador, permite obtener las pérdidas a plan carga con los devanados, a partir de éstas se pueden calcular para cualquier otro valor de carga.

La llamada prueba de “circuito abierto” en el transformador, permite obtener el valor de las llamadas pérdidas en vacío o pérdidas den el núcleo, que como se mencionó, consisten de dos partes, las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corriente circulantes. En la prueba de circuito abierto, el devanado que se alimenta es por lo general el de bajo voltaje, debido a que resulta el más conveniente par a la medición.

La eficiencia en los transformadores, en general, la eficiencia de cualquier máquina eléctrica, se calcula como:

$$\text{Potencia} = P \text{ salida} / P \text{ entrada}$$

$$P = P \text{ sal} / P \text{ ent} + \text{Perdidas}$$

En virtud de que la capacidad de un transformador está basada en su potencia de salida, esta ecuación se puede escribir como

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{KVA entrada. FP}}{\text{KVA salida. FP} + P_{fe} + P_{cu}}$$

### **Eficiencia diaria de los transformadores.**

Dependiendo de la aplicación de los transformadores, con frecuencia se usan para operar las 24 horas por día, aun cuando la carga no sea continúa en el período total de operación. En estas condiciones un transformador tiene dos conceptos de eficiencia, una global para condición de plena carga y otro para distintas cargas al día, es decir, la llamada eficiencia diaria. Esta eficiencia diaria se expresa como la relación de la energía de salida a la energía de entrada durante el período de 24 horas

### **1.5.5. Caídas de voltaje.**

En los transformadores se producen caídas de voltaje importante que debemos conocer. Para ello pueden usarse curvas de caída de voltaje que nos darán una lectura aproximada del voltaje que cae en los transformadores monofásicos y trifásicos, 50/60 Hz, rellenos de líquido, auto-refrigerados, y transformadores de tipo seco.

Es característico de los motores AC que la corriente extraída durante el arranque es mucho mayores que la corriente durante el funcionamiento. Los motores de inducción síncronos y en jaula de ardilla pueden requerir una corriente de 7 u 8 veces la que requieren a plena carga. Este repentino incremento en la corriente extraída del sistema puede dar como resultado una excesiva caída en el voltaje a menos que se considere en el diseño del sistema. La carga de arranque del motor en kilovoltio amperios, impuesto en el sistema de suministro de energía, y el par de motor disponible quedan en gran medida afectados por el método de arranque utilizado.

Los pares de arranque del motor actual varían con el ratio del actual respecto al voltaje nominal al cuadrado. Los usuarios son conscientes de que los métodos de arranque de voltaje reducido se usan debido a que los arranques a plena carga causan caídas de voltaje inaceptables. Los métodos de arranque de

voltaje reducido causan una caída de voltaje y par de arranque que será menor que la de la tabla siguiente si el voltaje al arrancador cae bajo la clasificación de la placa del motor.

Además de los métodos mostrados en la tabla anterior, los usuarios deben considerar el uso de controladores de motores de arranque suave de estado sólido y/o variadores de velocidad ajustables.

Por esta razón se analizan las cargas instaladas, ya que estas al sobrecargar es sistema, hace que los aislamientos del transformador se recalienten y pierdan sus características eléctricas, produciendo de esta manera caídas de voltaje que llegan a destruir maquinas, equipos y dispositivos instalados,

#### **1.5.6. Protecciones.**

**a. Primario.** El sistema de media tensión que provee de energía eléctrica a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, contiene en sus sistemas de protecciones, tanto en el arranque del sistema como en cada entrada a los transformadores y bancos de transformadores cajas porta fusibles o seccionadores que permiten tener el sistema eléctrico protegido contra sobrecargas de corrientes ocurridas en el secundario del transformador.

**b. Secundario.** Los sistemas de baja tensión, parten del transformador correspondiente y recaen en su propio panel principal. Estos están protegidos por un seccionador principal tipo termomagnético, seleccionado para soportar la capacidad del transformador y la carga instalada.

#### **1.5.7. Conductores.**

**a. De enlace.** Están seleccionados de tal manera que satisfacen la capacidad de corriente entregada por el transformador y ocasionadas por las cargas; están contruidos en cobre de tipo TW y tipo THHN según la capacidad del transformador

**b. Media tensión.** Este sistema está construido con conductores de aluminio # 2 tipo ACS para línea y # 4 tipo ACS para neutro.

**c. Baja tensión.** Está construido con conductor de aluminio # 2 ACS para fase y # 4 para neutro.

### **1.5.8. Análisis de armónico.**

Una vez realizado el seguimiento a las corrientes y voltajes del sistema eléctrico de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, durante quince días en horarios distintos, se llega a la conclusión que los armónicos producidos por las cargas no lineales instaladas en todo el sistema de distribución que son de tercer, quinto y séptimo orden son mínimos que resultan despreciables para el sistema.

## **1.6. DETALLES TÉCNICOS**

### **1.6.1. Carga Instalada.**

#### **a. ÁREA ADMINISTRATIVA.**

##### **PASILLO**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Tomacorriente</b>	11	200	2200
<b>Luminaria</b>	54	80	4320
<b>Total</b>			6520

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	5	450	2250
<b>Tomacorriente</b>	8	200	1600
<b>Aire</b>	2	36000 BTU	7920
<b>Luminaria</b>	25	80	2000
<b>Total</b>			13770

LABORATORIO DE COMPUTO N°4

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Computadora</b>	19	450	8550
<b>Aire</b>	1	60000 BTU	6600
<b>Luminaria</b>	13	80	1040
<b>Total</b>			16190

COMISIÓN ACADÉMICA

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	2	450	900
<b>Tomacorriente</b>	6	200	1200
<b>Aire</b>	1	60000 BTU	6600
<b>Luminaria</b>	16	80	1280
<b>Total</b>			9980

OFICINA UE 5 DE MAYO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	2	450	900
<b>Tomacorriente</b>	3	200	600
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Luminaria</b>	2	80	160
<b>Total</b>			4300

SECRETARIA GENERAL

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Tomacorriente</b>	5	200	1000
<b>Aire</b>	2	24000 BTU	5280
<b>Luminaria</b>	11	80	880
<b>Total</b>			8510

OFICINA DE INGLES

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Tomacorriente</b>	4	200	800
<b>Aire</b>	1	36000 BTU	3960
<b>Luminaria</b>	8	80	640
<b>Total</b>			6750

SALÓN DE COMISIÓN ACADÉMICA Y TESIS

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Computadora</b>	1	450	450
<b>Tomacorriente</b>	4	200	800
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Luminaria</b>	4	80	320
<b>Total</b>			4210

DECANATO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Computadora</b>	4	450	1800
<b>Tomacorriente</b>	7	200	1400
<b>Aire</b>	1	84000 BTU	9240
<b>Luminaria</b>	11	80	880
<b>Total</b>			13320

RECAUDACIÓN

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Tomacorriente</b>	6	200	1200
<b>Aire</b>	2	24000 BTU	5280
<b>Luminaria</b>	8	80	640
<b>Total</b>			8470

## TOTAL DE BLOQUE DE ADMINISTRACIÓN

Lugar	Vatios (w)
Pasillo	6520
Comisión de investigación	13770
Laboratorio de computo #4	16190
Comisión académica	9980
Oficina 5 de mayo	4300
Secretaria general	8510
Oficina de ingles	6750
Salón de tesis	4210
Decanato	13320
Recaudación	8470
Luminaria	3750
Total	95770

## PROTECCIÓN EN SECUNDARIO

- Breaker de 150A y un panel general (dañado)
- Conductor N° 2/0
- 3 panel de distribución
- Conductor en salida de distribución # 6 awg

Transformador de 50KVA auto protegido y con pararrayos

Conductor en media tensión N°2 aluminio

Conductor secundario N° 2/0 de cobre THHN

## **b. BLOQUES PEDAGÓGICOS.**

### **BLOQUE DE AULA N° 1**

ASOCIACIÓN DE PROFESORES

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	1	450	450
<b>Tomacorriente</b>	7	200	1400
<b>Aire</b>	1	28000 BTU	3080
<b>Luminaria</b>	8	160	1280
<b>Total</b>			6210

LABORATORIO DE COMPUTACIÓN N°2

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	19	450	8550
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Aire</b>	1	36000 BTU	3960
<b>Luminaria</b>	8	128	1024
<b>Total</b>			13834

LABORATORIO DE COMPUTACIÓN N°1

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	21	450	9450
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Aire</b>	1	36000 BTU	3960
<b>Luminaria</b>	8	128	1024
<b>Total</b>			14734

OFICINA DE ING. EN SISTEMAS

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	2	450	900
<b>Luminaria</b>	6	20	120
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Tomacorriente</b>	8	200	1600
<b>Luminaria</b>	4	160	640
<b>Total</b>			5900

BIBLIOTECA

<b>Equipo</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>VATIOS (W)</b>
<b>Computadora</b>	16	450	7200
<b>Luminaria</b>	14	20	280
<b>Aire</b>	4	24- 24- 48- 36 BTU	14520
<b>Tomacorriente</b>	12	200	2400
<b>Luminaria</b>	15	160	2400
<b>Total</b>			26800

AULAS

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Proyector</b>	14	300	4200
<b>Aire</b>	14	24000 BTU	36960
<b>Tomacorriente</b>	56	200	11200
<b>Luminaria</b>	84	160	13440
<b>Total</b>			65800

PASILLO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Tomacorriente</b>	18	200	3600
<b>Luminaria</b>	10	160	1600
<b>Luminaria</b>	38	80	3040
<b>Total</b>			8240

DIRECCIÓN DE ESCUELA

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	5	450	2250
<b>Luminaria</b>	4	20	80
<b>Aire</b>	2	24000 BTU	5280
<b>Total</b>			7610

AUDIOVISUALES

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (w)</b>
<b>Computadora</b>	2	450	900
<b>Luminaria</b>	8	160	1280
<b>Aire</b>	2	36-24 BTU	13200
<b>Tomacorriente</b>	4	200	800
<b>Proyectores</b>	2	300	600
<b>Total</b>			16780

LABORATORIO DE INGLES

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Computadora</b>	2	450	900
<b>Luminaria</b>	10	128	1280
<b>Aire</b>	1	36000 BTU	3960
<b>Tomacorriente</b>	12	200	2400
<b>Proyectores</b>	1	300	300
<b>Total</b>			8840

CENTRO DE CONTROL DE INTERNET

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Luminaria</b>	8	80	640
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Tomacorriente</b>	3	200	600
<b>Total</b>			5230

## TOTAL EN LOS BLOQUES DE AULAS N°1

<b>Lugar</b>	<b>Vatios (W)</b>
Aso. De Profesores	6210
Laboratorio De Computación N°2	13834
Laboratorio De Computación N°1	14734
Oficina De Sistema	5900
Biblioteca	26800
Aulas	65800
Pasillo	8240
Dirección De Escuela	7610
Audiovisual	16780
Laboratorio De Ingles	8840
Control De Interés	5230
Laboratorio De Eléctrica	2000
Iluminación Exterior	2250
Total	184228

## PROTECCIÓN EN SECUNDARIO TENSIÓN

- Breaker de 300A y un panel general
- Conductor 2/0, 2 líneas por fase (THHN)
- 3 Breaker de distribución de 80A
- Conductor en distribución N° 2
- 8 panel de distribución
- Transformador de 50KVA – pararrayo puesta a tierra con caja porta fusible con Grapa en línea de media tensión, cable puesta a tierra N°2 de cobre.

## BLOQUE DE AULA N° 2

### SALA DE CÓMPUTO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Tomacorriente</b>	12	200	2400
<b>Aire</b>	2	24000 BTU	5280
<b>Luminaria</b>	6	96	576
<b>Total</b>			8556

### SALA VIRTUAL

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Proyector</b>	1	300	300
<b>Computadora</b>	1	450	450
<b>Tomacorriente</b>	13	200	2600
<b>Aire</b>	2	60000 BTU	13200
<b>Luminaria</b>	15	96	1440
<b>Total</b>			17690

### ÁREA ADMINISTRATIVA

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Tomacorriente</b>	4	200	800
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Luminaria</b>	6	96	576
<b>Total</b>			5366

### SALA DE TUTORÍA

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Tomacorriente</b>	10	200	2000
<b>Aire</b>	1	24000 BTU	2640
<b>Luminaria</b>	6	96	576
<b>Total</b>			5216

### PASILLO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Tomacorriente</b>	36	200	7200
<b>Luminaria</b>	49	96	4704
<b>Total</b>			11904

### AULA

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Proyector</b>	15	300	4500
<b>Computadora</b>	15	450	6750
<b>Tomacorriente</b>	45	200	9000
<b>Aire</b>	15	24000 BTU	39600
<b>Luminaria</b>	90	96	8640
<b>Total</b>			63990

## TOTAL EN BLOQUES N°2

Lugar	Vatios (W)
Sala De Computo	8556
Sala Virtual	17690
Área Administrativa	5366
Sala De Tutoría	5216
Pasillo	11904
Aula	63990
Taller De Eléctrica	<b>2000</b>
Laboratorio De Eléctrica	2000
Laboratorio De Ing. Civil	1000
10 Luminaria De 250 W	2500
<b>Total</b>	<b>120222</b>

## PROTECCIÓN EN LÍNEAS DEL SECUNDARIO

- Breaker de 400A y un panel general
- Conductor N° 4/0
- 6 Breaker de distribución de 80A
- Conductor en panel de distribución N° 6
- 3 taller de eléctrica
- 7 panel de distribución

3 transformadores de 37.5KVA auto protegido

Puesta a tierra, conductor desnudo N°2

Conductor de redes de aluminio N°2 trifásico

c. AUDITÓRIUM

**AUDITÓRIUM**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
Tomacorriente	67	200	13400
Luminaria 2x32	59	64	3776
Luminaria 3x20	10	60	600
Luces Cañones	16	400	6400
Reflectores	9	500	4500
Luminaria 3x32	44	96	4224
Luminaria 2x40	20	80	1600
Computadoras	3	450	1350
Proyector	1	300	300
Amplificador	1	600	600
Secador De Mano	4	1600	6400
Aire	4	60000	26400
Aire	2	180000	39600
<b>Total</b>			109150

PROTECCIÓN EN LINEAS DEL SECUNDARIO

- Un panel general y Breaker de 600A
- Conductor 350 mcm
- 2 Breaker de distribución 125A
- 2 Breaker de distribución 70A
- 1 Breaker de distribución de 300A
- 7 Panel de distribución

3 Transformadores de 75KVA en conexión trifásica estrella-estrella

d. ÁREA DEPORTIVA

AULAS UE 5 DE MAYO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Bomba</b>	2	350	700
<b>Computadora</b>	3	450	1350
<b>Tomacorriente</b>	9	200	1800
<b>Aire</b>	2	24000 BTU	5280
<b>Luminaria</b>	45	20	900
<b>Total</b>			9330

CANCHA Y ESCENARIO

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Vatios (W)</b>
<b>Reflectores</b>	16	400	6400
<b>Tomacorriente</b>	12	200	2400
<b>Luminaria</b>	15	20	300
<b>Luminaria</b>	18	250	4500
<b>Total</b>			7200

**TOTAL DE CANCHA MÚLTIPLE**

<b>Lugar</b>	<b>Vatios (W)</b>
Aula UE 5 De Mayo	9330
Cancha Y Escenario	7200
Total	16530

## PROTECCIONES EN LÍNEAS DEL SECUNDARIO.

- Escenario un panes general y Breaker de 150A
- Breaker de distribución de 40A
- Conductor N° 2

Transformador de 37.5KVA auto protegido con pararrayo.

Conductor #2 aluminio en redes (secundario).

3 acometidas para (cancha 5 de mayo).

Escenario y cancha conductor N°2 de cobre awg y 1 Breaker de 150A

Acometida para 5 de mayo N°2 de cobre awg

## e. ILUMINACIÓN EXTERNA Y LOCALES COMERCIALES

### **ALUMBRADO PUBLICO**

Luminaria 12 de LPS250W ACC.

Locales comerciales 12.

Transformador de 37.5 KVA.

Conductor en media tensión N°2 aluminio.

Conductor de baja tensión N°2 aluminio.

Una línea piloto N°4 aluminio.

Puesta a tierra N°4 cobre.

### 1.6.2. Análisis de corrientes y voltajes.

#### a. ÁREA DE ADMINISTRACIÓN.

		A	B	N	V
ADMINISTRACIÓN	9:00	55,3	56,2	4	117
	12:00	56,7	50,5	15	117
	18:00	124,7	92,8	39,6	116
	19:00	152,4	153	35,4	115

Luego de cuatro lecturas diarias, por dos semanas consecutivas se tiene como conclusión que en la hora pico 12:00 el sistema monofásico 220V está equilibrado; no así a las 18:00 donde existe un desequilibrio entre fase de 32A, siendo necesario un equilibrio de cargas en el centro de distribución.

Los armónicos de orden 3°, 5° y 7° no presentan alteraciones en las corrientes ni en los voltajes, por lo tanto resultarían despreciables.

La tensión en relación entre hora pico y hora normal de trabajo presenta una caída de 1%, lo cual resulta despreciable.

#### b. ÁREA PEDAGÓGICA

##### BLOQUE DE AULA # 1

		A	B	N	V
BLOQUE AULA #1	9:00	98	89	157	115
	12:00	115	94	236	115
	18:00	122,8	119,2	126	116
	19:00	167,6	163	98	114

Luego de cuatro lecturas diarias, por dos semanas consecutivas se tiene como conclusión que en la hora pico 12:00 el sistema monofásico 220V está equilibrado; así también a las 18:00. Analizando la corriente de descarga en neutro

es necesaria una revisión en cada uno de los tableros de distribución y puestas a tierra.

Los armónicos de orden 3°, 5° y 7° no presentan alteraciones en las corrientes ni en los voltajes, por lo tanto resultarían despreciables.

La tensión en relación entre hora pico y hora normal de trabajo presenta una caída de 1%, lo cual resulta despreciable

#### BLOQUE DE AULA #2

		A	B	C	N	V
<b>BLOQUE AULA #2</b>	9:00	89,4	87	18	88,6	121
	12:00	79,4	81	53	78	122
	18:00	172,4	181,6	34,7	195,3	118
	19:00	225	161	116,8	157	123

Luego de cuatro lecturas diarias, por dos semanas consecutivas se tiene como conclusión que en la hora pico 12:00 el sistema trifásico 220V está equilibrado; no así a las 18:00, donde existe un desequilibrio total de la fase C que tiene mínima carga, por lo tanto es necesario una revisión y equilibrio total de las cargas en los centros de distribución. Analizando la corriente de descarga en neutro es necesaria una revisión en cada uno de los tableros de distribución y puestas a tierra.

Los armónicos de orden 3°, 5° y 7° no presentan alteraciones en las corrientes ni en los voltajes, por lo tanto resultarían despreciables.

La tensión en relación entre hora pico y hora normal de trabajo presenta una caída de 1%, lo cual resulta despreciable

c. LABORATORIO

		A	B	N	V
<b>LABORATORIO</b>	9:00	4,1	4	0,5	116
	12:00				
	18:00				
	19:00	8,3	16,5	7,9	113

Luego de cuatro lecturas diarias, por dos semanas consecutivas se tiene como conclusión que en la hora pico 12:00 el sistema monofásico 220V está equilibrado; así también a las 18:00

Los armónicos de orden 3°, 5° y 7° no presentan alteraciones en las corrientes ni en los voltajes, por lo tanto resultarían despreciables.

La tensión en relación entre hora pico y hora normal de trabajo presenta una caída de 1%, lo cual resulta despreciable.

d. AUDITORIUM

		A	B	C	N	V
<b>AUDITORIUM</b>	9:00	1,9	8,5	7,6	8,7	117
	12:00	194,5	217	183,1	219	119
	18:00	211	220	186	217	120
	19:00	207	212	204	210	116

Luego de cuatro lecturas diarias, por dos semanas consecutivas se tiene como conclusión que en la hora pico 12:00 el sistema trifásico 220V está equilibrado; no así a las 18:00, donde existe un desequilibrio total de la fase C que tiene mínima carga, por lo tanto es necesario una revisión y equilibrio total de las cargas en los centros de distribución. Analizando la corriente de descarga en

neutro es necesaria una revisión en cada uno de los tableros de distribución y puestas a tierra.

Los armónicos de orden 3°, 5° y 7° no presentan alteraciones en las corrientes ni en los voltajes, por lo tanto resultarían despreciables.

La tensión en relación entre hora pico y hora normal de trabajo presenta una caída de 1%, lo cual resulta despreciable

e. ALUMBRADO PUBLICO

		A	B	N	V
<b>ALUMBRADO Y ÁREA COMERCIAL</b>	9:00	37,3	34	8	122
	12:00	42,3	42	2,5	118
	18:00	44,2	67,8	35,8	118
	19:00	59	73	9,8	117

Luego de realizadas las observaciones en horarios distintos se obtiene que no existen caídas de voltajes de consideración por lo pequeño del circuito, Las corrientes se encuentran común desequilibrio moderado y los armónicos de 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> y 7<sup>o</sup> orden no presentan alteraciones en las corrientes y voltajes, por lo tanto resultan despreciables.

Los voltajes en relación entre hora pico y normal de trabajo presenta una caída de tensión de 1% lo que resulta despreciable.

**1.7. ANÁLISIS DE ENLACES.**

**1.7.1. Conductor de Enlace a Utilizar.**

a) Área pedagógica # 1

Por la carga instalada y la capacidad del centro de transformación de 50KVA se debe utilizar conductor # 2/0 tipo TTHN de cobre para fase y # 2 TW para neutro.

b) Área pedagógica # 2-

El conductor utilizado es de tipo TTHN N° 4/0 de cobre para fase y N° 2 tipo TW de cobre para neutro

c) Área administrativa.

Se utiliza conductor N° 2 / 0 tipo de TTHN de cobre para fase y de tipo TW N° 2 de cobre para neutro.

d) Auditorium.

El sistema de enlace estará construido con tres conductores de 350 MCM tipo de TTHN de cobre para fase; y N° 2 tipo TW de cobre para neutro.

e) Área Deportiva.

Está construido con conductor tipo TW de cobre para fase y neutro.

#### **1.7.2. Centro de Carga - Protecciones**

a) Área Pedagógica N° 1

Su centro de transformación consta de un transformador monofásico de 50KVA auto protegido proporciona un centro de carga general de 300A el mismo que aloja un Breaker electromagnético de 300A / 220V.

Del centro de carga general alimenta tres tableros de distribución y 8 paneles de distribución para el sistema de iluminación y fuerza.

b) Área Pedagógica N° 2.

El centro de transformación está constituido por un sistema trifásico constituido por tres transformadores auto protegido de 37.5KVA con una conexión estrella a estrella, teniendo como centro de carga un panel general con un Breaker trifásico electromagnético de 400A.

A partir de centro de carga se ramifica hacia las distintas áreas a 6 paneles de distribución de 80A / 220V y 7 paneles de distribución de 60A para los circuitos de alumbrado y fuerza, estos paneles tienen un conductor de enlace N° 6 AWG tipo TW.

c) Área Administrativa.

Su centro de transformación consta de un transformador monofásico de 50KVA auto protegido proporciona un centro de carga general de 150A el mismo que aloja un Breaker electromagnético de 150A / 220V. Para su distribución parten del panel general 3 circuitos de 60 A para el sistema de iluminación y fuerza con un conductor N° 6 AWG tipo WG.

d) Área Deportiva.

Su centro de transformación está previsto de 1 transformador de 37.5KVA y provee una carga de 150A a 220V. De este se formaran 2 circuitos de 40A cada uno para la unidad 5 de mayo y 1 de 150A para la cancha deportiva y escenario con conductor de enlace N° 2 a 220V.

e) Auditorium.

Su centro de carga lo constituyen 3 transformadores monofásicos de 75KVA cada uno con una conexión trifásica estrella a estrella, llegando a un panel general y una protección de 600A. A partir de este lugar se alimentaran 2 circuitos de distribución de 125A, 1 de 300A y 7 paneles de distribución de 60A cada uno.

### **1.7.3. Diagramas eléctrico.**

Los diagramas existentes y diseñados se adjuntan en anexos.

## **1.8. COMPARACIÓN DE DATOS**

### **1.8.1. Resultados Obtenidos.**

Durante el proceso de observación y análisis de parámetros se obtuvieron los siguientes resultados.

- a) Que el centro de transformación del área pedagógica # 1 se encuentra en los límites de su carga nominal.
- b) El banco de transformadores que alimenta el área N° 2 tiene una proyección de 5 años adicionales por que su capacidad de carga está en un rango del 70%

- c) El centro de transformación del área administrativa presenta una carga del 80% de su capacidad nominal.
- d) El área de auditorium no presenta observación alguna debido al tiempo de utilización.

## **CAPITULO II**

### **2. HIPÓTESIS Y VARIABLES:**

#### **2.1. HIPÓTESIS.**

¿Qué ventajas obtendremos al realizar un análisis de cargas eléctricas en el sistema de distribución de energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone en el segundo semestre del 2012?

#### **2.2. VARIABLE:**

#### **2.3. VARIABLE INDEPENDIENTE (CAUSAS).**

Análisis de carga eléctrica

#### **2.4. VARIABLE INDEPENDIENTE (EFECTO).**

El análisis de cargas eléctrica incidirá significativamente en el sistema de distribución de energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone en el segundo semestre del 2012.

#### **2.5 TÉRMINO DE RELACIÓN.**

Incidencia

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

En la ejecución del presente trabajo se utilizó los tipos de investigación empleando, métodos, técnicas e instrumentos que sean necesarios para llegar al objetivo establecido.

#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

Científico, porque a través del estudio, análisis sistemático y la aplicación de las reglas y normas técnicas observadas en el proceso, se cumplió con el objetivo que consistía en el análisis de cargas eléctricas y su incidencia en el sistema de distribución de energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone, en el segundo semestre del 2012

#### **3.3. METODO.**

En esta investigación se utilizaron los métodos inductivos, deductivos, analíticos, sintéticos y científicos, a más de la encuesta.

La encuesta que nos permitió establecer parámetros en porcentajes sobre la importancia del tema en análisis.

El método científico nos ayudó a determinar con lógica y exactitud la verdad del tema; motivo de la investigación.

Los inductivos y deductivos porque se sustentaron en la generalización de propiedades comunes; a casos observados, y se extrajeron conclusiones y recomendaciones. El método analítico sintético, que nos permitió dividir el trabajo; lo que facilitó una mejor comprensión del tema.

#### **3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Las técnicas que se utilizaron en la obtención de la información fueron la encuesta y la observación la misma que fue dirigida a los estudiantes del 5°

Semestre “A” y “B” de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión. Chone del periodo lectivo 2013 – 2014.

#### **3.4.1. Obtención de la información.**

Por medio de encuesta, observaciones, textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado realizadas por estudiantes profesionales en la actualidad, revistas de colegios de profesionales folletos y las tip’s.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1 Población.**

La constituyeron los estudiantes de 5° Semestre “A” y “B” de la Escuela de Ingenieros Eléctricos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone del periodo lectivo 2013 – 2014.

#### **3.5.2 Muestra.**

No existe muestra ya que fueron encuestado la totalidad de los estudiantes de quinto semestre paralelo “A” y “B” de la Escuela de Ingenieros Eléctricos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión. Chone del periodo lectivo 2013 – 2014.

**Encuesta dirigida a los estudiantes de 5to semestre “A” y” B” de la Escuela de Ingeniería Eléctrica periodo lectivo 2013 - 2014 para el desarrollo del tema de la tesis cuyo tema es.**

**“Análisis de cargas eléctricas y su incidencia en el sistema de distribución de energía eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone” en el segundo semestre del 2012.**

**Responda de acuerdo a su conocimiento y criterio:**

1. ¿Considera usted que el sistema de distribución eléctrica externa e interna de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, es adecuado para el desarrollo Pedagógico?

SI ( )

NO ( )

2. ¿Conoce usted la influencias de las cargas lineales y no lineales en los sistema de distribución eléctrica?

SI ( )

NO ( )

3. ¿Considera usted que los conductores de enlaces eléctricos utilizados en los distintos centros de cargas son los adecuados?

SI ( )

NO ( )

4. ¿Cree usted que los centros de transformación de media tensión montados en las distintas áreas de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, satisfacen las demandas de cargas eléctricas instaladas en los predios de la institución?

SI ( )

NO ( )

5. ¿Considera usted que las caídas de voltaje interrumpen la labor pedagógica y administrativa de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone?

SI ( )

NO ( )

6. ¿Considera usted que las cargas no lineales tales como UPS, computadoras, reguladores de voltajes producen efectos secundarios a los sistemas de distribución?

SI ( )

NO ( )

7. ¿Considera usted que la tesis de grado de análisis y prácticas de los egresados de la escuela de Ingeniería Eléctrica la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, contribuye en el desarrollo cognitivo de los futuros Ing. Eléctricos?

SI ( )

NO ( )

### **3.6. MARCO ADMINISTRATIVOS.**

#### **3.6.1. Recursos.**

##### **Humanos:**

Directivos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Coordinador de la Carrera de Ingeniería Eléctrica

Director de tesis:                    Ing. Campuzano Domínguez Freddy

Estudiantes: 5<sup>to</sup> Semestre paralelo “A” y “B” de la Escuela de Ing. Eléctrica.

Egresados:                            Bermúdez Cevallos David Fernando  
   Lucio Intriago Carlos Alberto

##### **Tecnológicos:**

Internet

Computador

Impresora

Flash Memory

##### **Técnicos:**

Instrumento de Investigación

##### **Financieros:**

Los recursos demandados por la investigación se solventaron única y exclusivamente por los autores del presente análisis, y a continuación se detallan

**Presupuesto:**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
3	Resma de papel	4,50	13,50
700	Fotocopias	0,05	35,00
150h	Internet	1,50	225,00
7	Empastados	15	105,00
3	Anillados	2,00	6,00
10	Viáticos	20,00	200,00
U	Varios	20%	600,00
<b>TOTAL</b>			<b>1184,50</b>

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE 5TO SEMESTRE PARALELO “A” Y “B” DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE, PERIODO LECTIVO 2013 – 2014

Pregunta	Opciones		total de encuestado	%		TOTAL %
	SI	NO		SI	NO	
1	2	58	60	3.3	96.7	100
2	0	60	60	0	100	100
3	4	56	60	6.7	93.3	100
4	6	54	60	10	90	100
5	58	2	60	96.7	3.3	100
6	60	0	60	100	0	100
7	60	0	60	100	0	100

**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo “A” y “B” de la escuela de Ingeniería eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013 – 2014

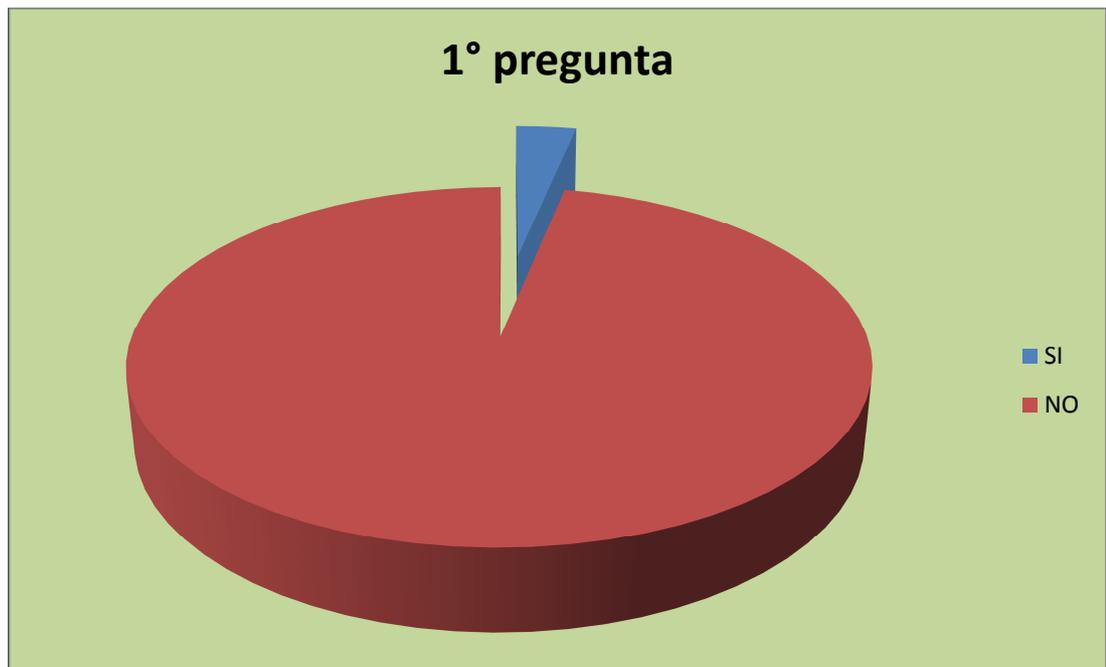
**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando

Lucio Intriago Carlos Albertos

### PREGUNTA # 1

¿Considera usted que el sistema de distribución eléctrica externa e interna de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone, es adecuado para el desarrollo Pedagógico?

Alternativa	f	%
Si	2	3.3
No	58	96.7
Total	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo "A" y "B" de la escuela de Ingeniería eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013 – 2014

**Autores:** Bermúdez Cevallos David Fernando  
Lucio Intriago Carlos Albertos

**Análisis:**

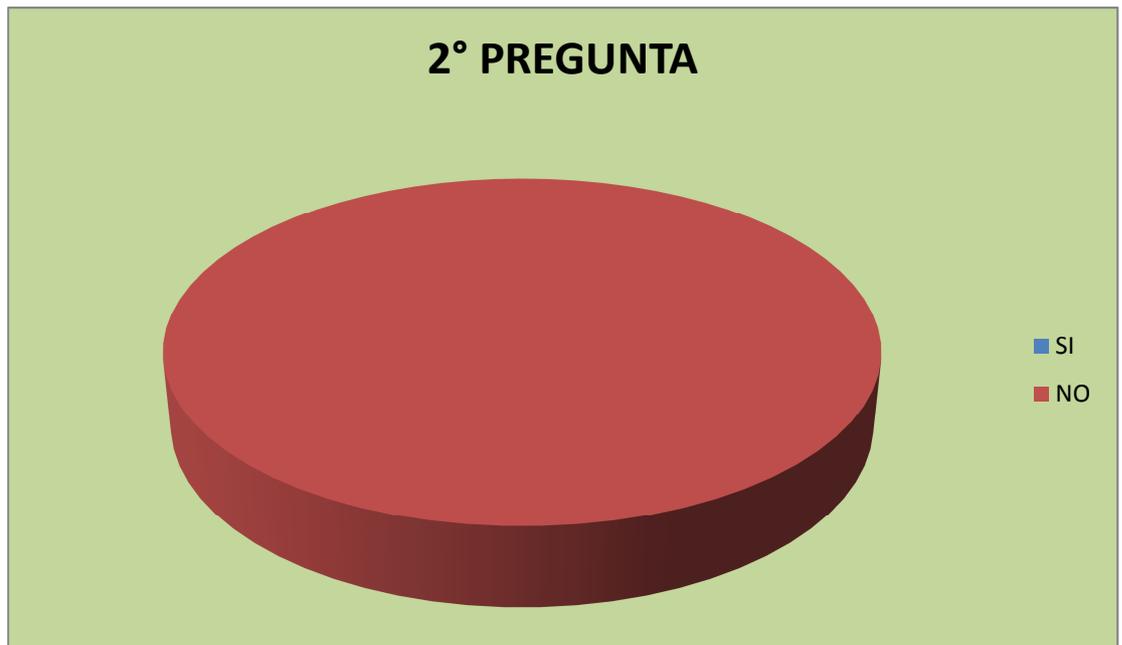
Que el 96,7% de los estudiantes de la muestra, consideran que el sistema de distribución de cargas eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, no es adecuado para el desarrollo de las actividades pedagógicas.

Que el 3,3% de los estudiantes de la muestra, consideran que el sistema de distribución de cargas eléctrica en la Universidad si es adecuado.

## PREGUNTA # 2

¿Conoce usted las influencias de las cargas lineales y no lineales en el sistema de distribución eléctrica?

	F	%
SI	0	0
NO	60	100
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo “A” y “B” de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando

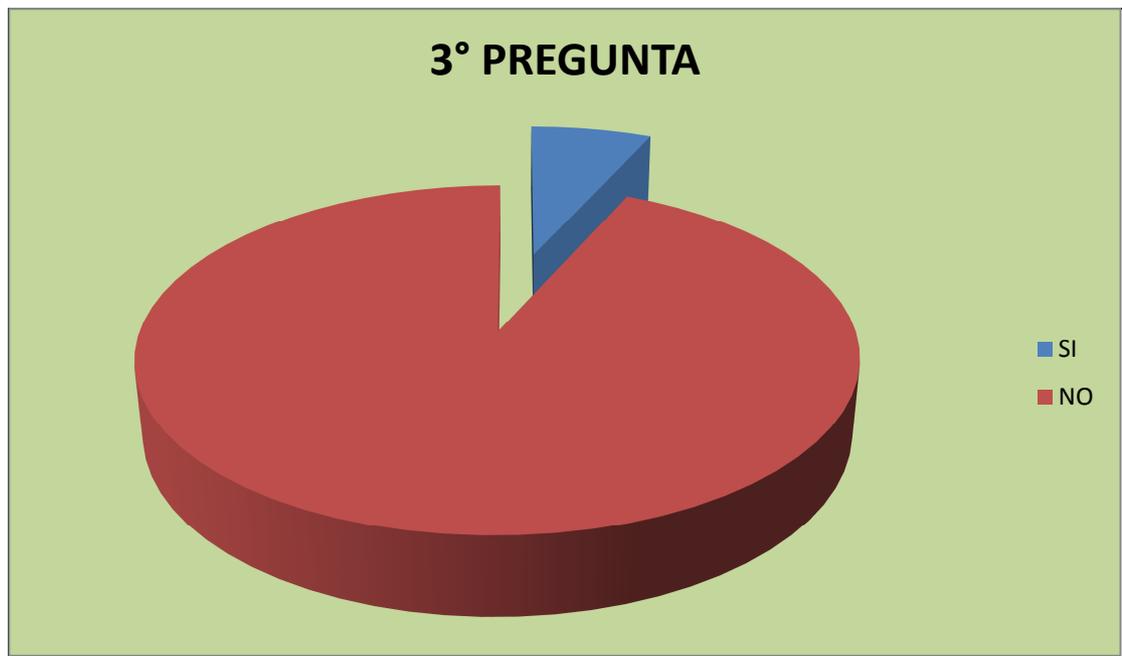
Lucio Intriago Carlos Albertos

**ANALISIS:** El 100% de los encuestados desconocen sobre las influencias de las cargas lineales y no lineales en los sistemas de distribución eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

### PREGUNTA # 3

¿Considera usted que los conductores de enlaces eléctricos utilizados en los distintos centros de cargas son los adecuados?

	F	%
SI	4	6.7
NO	56	93.3
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo “A” y “B” de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando  
Lucio Intriago Carlos Alberto

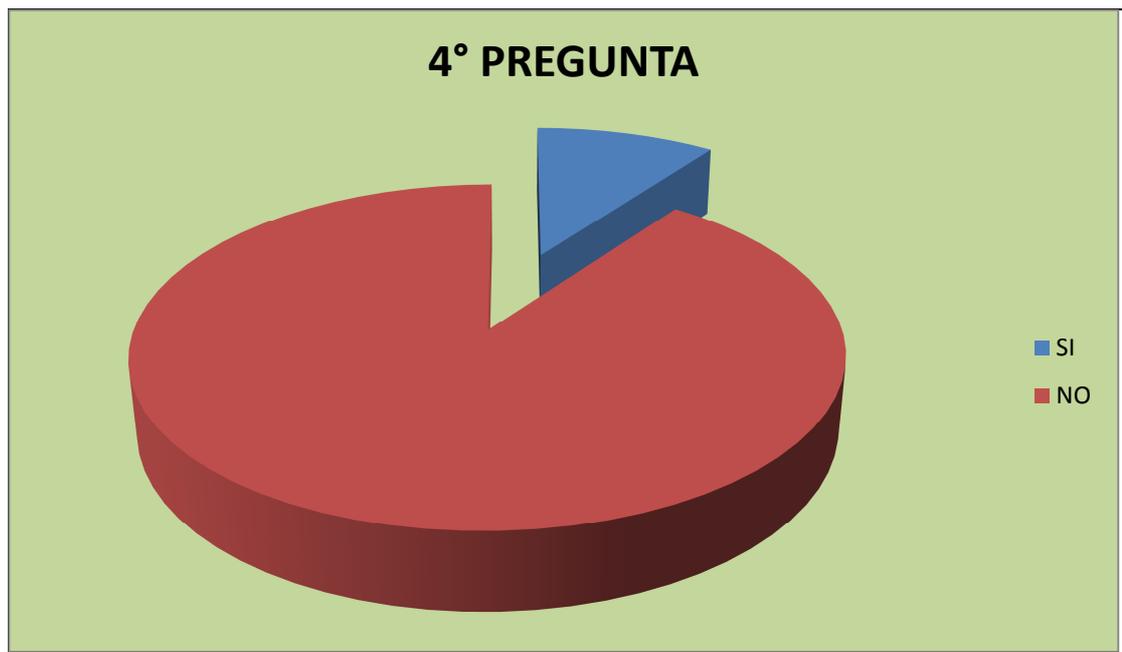
**ANALISIS:** El 93.3% de los encuestados consideran que los conductores de enlaces no son los adecuados y merecen un análisis, en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, no es adecuado para el desarrollo de las actividades pedagógicas

El restante 6,7% consideran que si son adecuados pero por el poco índice resultan despreciable.

#### PREGUNTA # 4

¿Cree usted que los centros de transformación de media tensión montados en las distintas áreas de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, satisfacen las demandas de cargas eléctricas instaladas en los predios de la institución?

	F	%
SI	6	10
NO	54	90
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo "A" y "B" de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando  
Lucio Intriago Carlos Albertos

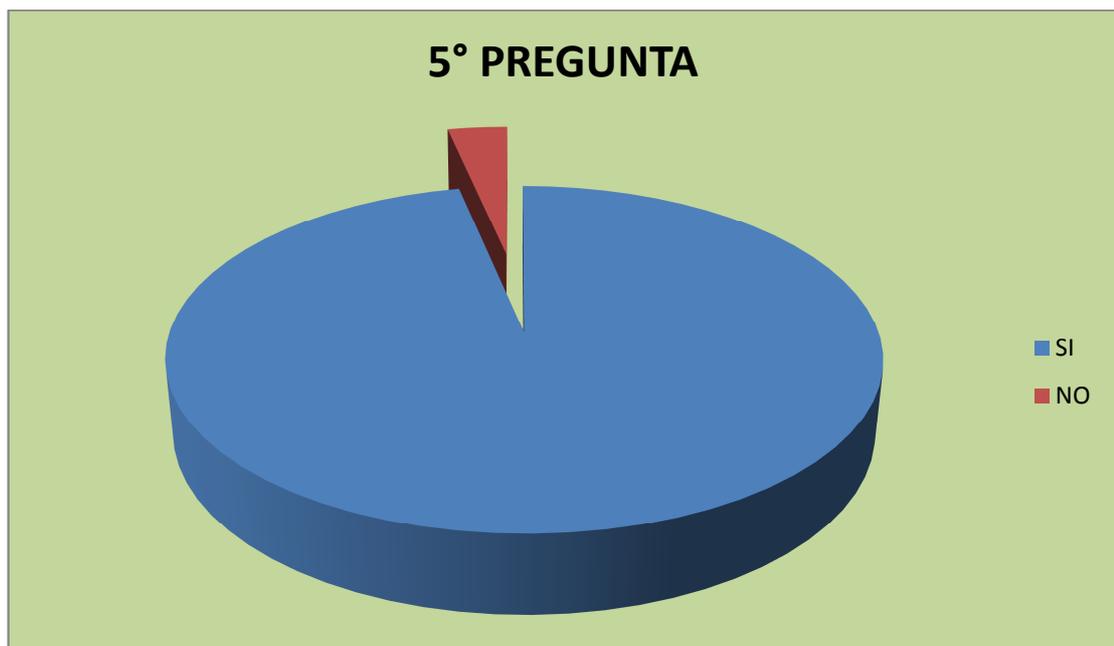
**ANALISIS:** El 90% de los encuestados consideran que la capacidad de potencia eléctrica instalada en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, no satisface la demanda necesitada.

El 10% afirma que si, por lo tanto nuestro tema cumple la hipótesis planteada.

### PREGUNTA # 5

¿Considera usted que las caídas de voltaje interrumpen la labor pedagógica y administrativa de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone?

1.	F	%
SI	58	96.7
NO	2	3.3
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo “A” y “B” de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando

Lucio Intriago Carlos Albertos

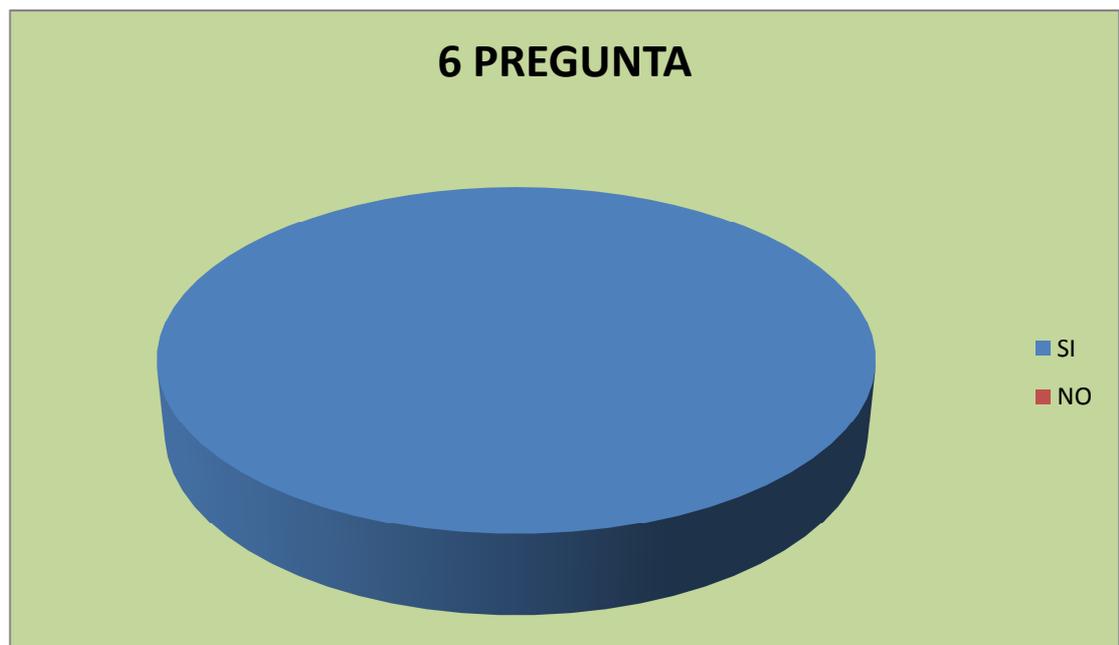
**ANÁLISIS:** El 96.7% de los encuestados consideran que las caídas de voltaje en el sistema de distribución eléctrica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, interrumpen las labores pedagógicas y administrativas.

Mientras que el 3.3% considera que no tiene interferencia alguna; por lo tanto nuestro tema toma relevancia.

### PREGUNTA # 6

¿Considera usted que las cargas no lineales tales como UPS, computadoras, reguladores de voltajes producen efectos secundarios a los sistemas de distribución?

	F	%
SI	60	100
NO	0	0
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo “A” y “B” de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando

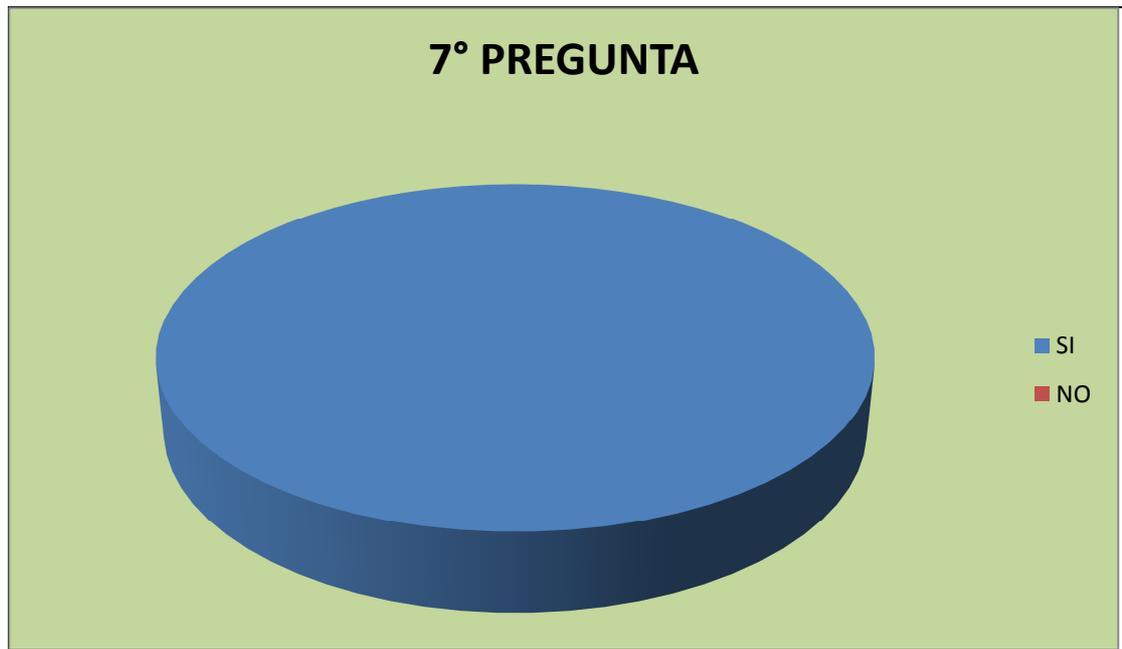
Lucio Intriago Carlos Alberto

**ANÁLISIS:** LA TOTALIDAD DE LOS ENCUESTADOS AFIRMAN QUE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS TALES COMO UPS, REGULADORES DE VOLTAJES, COMPUTADORES PRODUCEN SECUNDARIOS PERJUDICIALES A LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. DENTRO DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE.

### PREGUNTA # 7

¿Considera usted que la tesis de grado de análisis y prácticas de los egresados de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, contribuye en el desarrollo cognitivo de los futuros Ing. Eléctricos?

	F	%
SI	60	100
NO	0	0
TOTAL	60	100%



**Fuente:** Estudiantes de 5to semestre paralelo "A" y "B" de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014.

**Egresado:** Bermúdez Cevallos David Fernando

Lucio Intriago Carlos Albertos

**ANALISIS:** La totalidad de los encuestados afirman que las tesis de grado tanto prácticas como de análisis de los egresados de la escuela de ingeniería eléctrica contribuyen en la formación de los futuros profesionales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

#### **4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.**

La hipótesis planteada sobre el análisis de cargas eléctricas y su incidencia en la distribución de energía eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, en el primer semestre del 2013, cumple las expectativas una vez analizado, cada uno de los parámetros.

Al aplicar la encuesta a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone periodo lectivo 2013/2014, confirman la necesidad de realizar un análisis a las distintas cargas lineales y no lineales, los sistemas de enlaces y la capacidad de los centros de transformación objetivo de nuestro proyecto.

Con los datos analizados la hipótesis planteada es positiva y los estudiantes a futuro podrán tomar como referencia para afianzar conocimientos sobre los diferentes tipos de cargas y sus efectos.

## CAPITULO V

### 5. RECOMENDACIONES.

- Una vez analizados la capacidad y los tipos de carga para el área pedagógica N°1 y administración. Se recomienda el cambio de los transformadores monofásicos de 50 KVA por un sistema trifásico de 3 transformadores monofásicos de 50 KVA a fin de minimizar gastos y aprovechar los existentes.
- A las puestas a tierra de los centros de transformación de las áreas pedagógicas 1 administración, auditorium y área deportiva realizar un mantenimiento, ya que por efecto de corrosión producido por el alto nivel friático del suelo presentan deterioro en su estructura.
- Se recomienda utilizar en lo mínimo cargas que producen armónicos y distorsionan las ondas de corrientes y voltajes produciendo interrupciones momentáneas y destrucción de equipos y/o dispositivos eléctricos.

### 5.1. CONCLUSIONES.

Una vez realizado el presente estudio y análisis se llega a las siguientes conclusiones.

- Los armónicos producidos por las cargas ya descritas no producen perturbaciones en el sistema eléctrico tanto en la parte interna como externa de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.
- Las tensiones registradas mediante un seguimiento durante distintas horas en el día presentan variaciones del 1% los que resultan despreciables para el sistema.

- Las potencias instaladas en los centros de cargas satisfacen la demanda con excepción del área pedagógica N°1 y administración que merecen un análisis posterior.

Los sistemas de corrientes monofásicos y trifásicos de baja tensión se encuentran semis equilibradas debido a los tipos de cargas que se están utilizando.

## 5.2. BIBLIOGRAFÍA

TEXOS:

- Single; Francisco L  
Manual de Ingeniería Eléctrica

**EDITORIAL HISPANO AMÉRICA SA. 2000**

- AGUILAR PEREZ. JOSE DR  
Fundamentos de electricidad

Editorial Reverte SA. 2003

- KASATKIN, AS  
Fundamento de electrotécnica  
EDITORIAL MIR

2° EDICION 2001 MOSCÚ

- REDES, E,A  
Vademécum de electricidad  
Editorial Reverte SA. Barcelona 2004

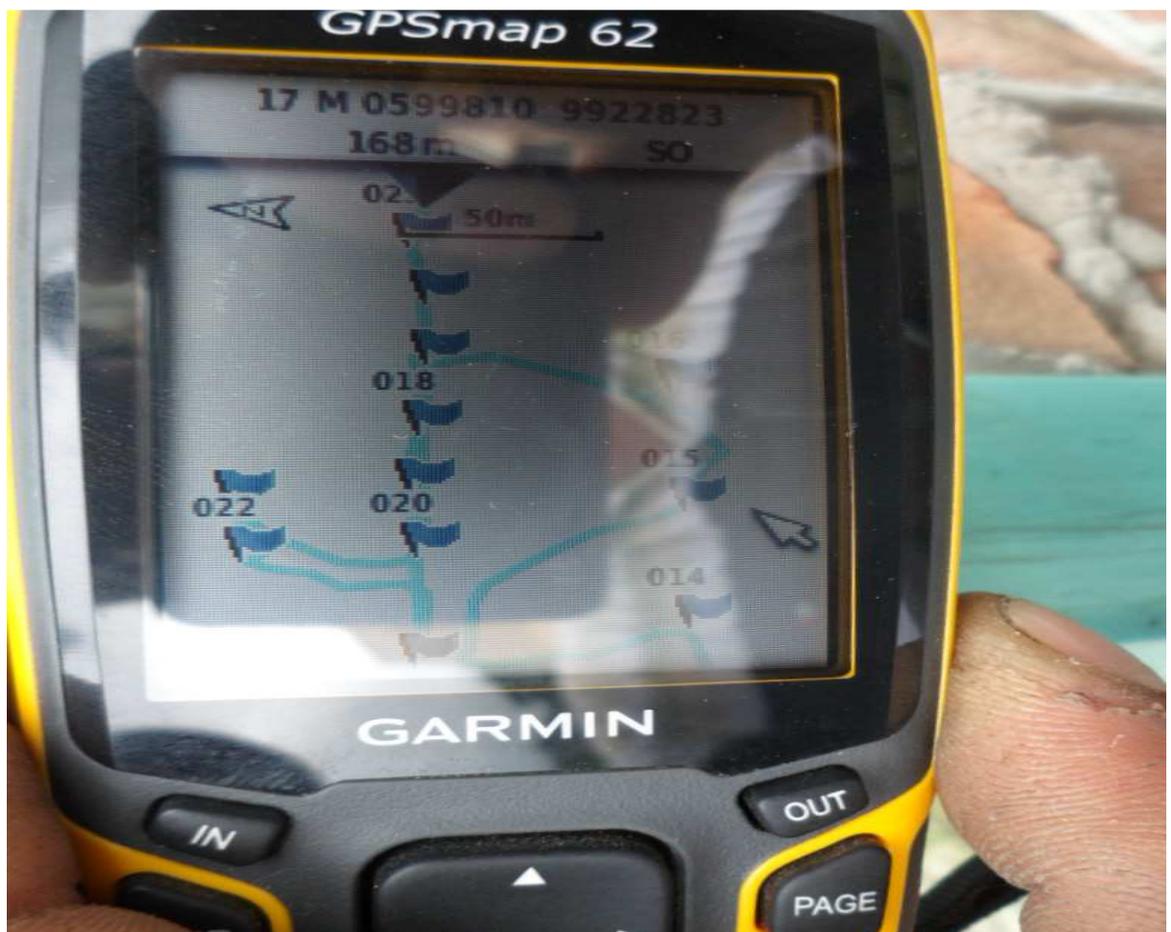
**WEB GRAFIA:**

- [WWW MONOGRAFIA.COM/ARMÓNICO](http://WWW.MONOGRAFIA.COM/ARMÓNICO)
- [WWW WIKIPEDIA.ORG/ WIKI/CARGAS ELÉCTRICAS](http://WWW.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CARGAS_ELÉCTRICAS)
- [WWW SAPIENSMAN.COM/WEB/RESULT](http://WWW.SAPIENSMAN.COM/WEB/RESULT)
- [WWW MERLINGERIN.COM](http://WWW.MERLINGERIN.COM)

# **ANEXO:**

**ANEXO # 1**

**GPS:** para tomar coordenadas en líneas y redes en los previos de la Universidad



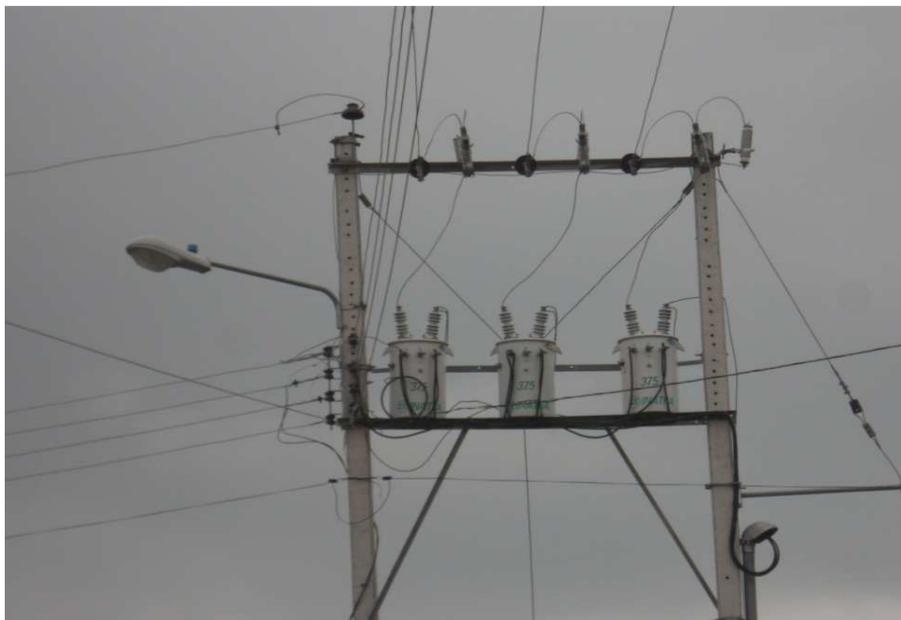
## **ANEXO # 2**

### **Centro de transformación N° 3**



### **Banco de transformadores 3 X 37.5 KVA**

#### **Anexo #3**



Banco de tres transformador 1A37.5T que alimenta al bloque de aula N°2 y taller de Ingeniería eléctrica.

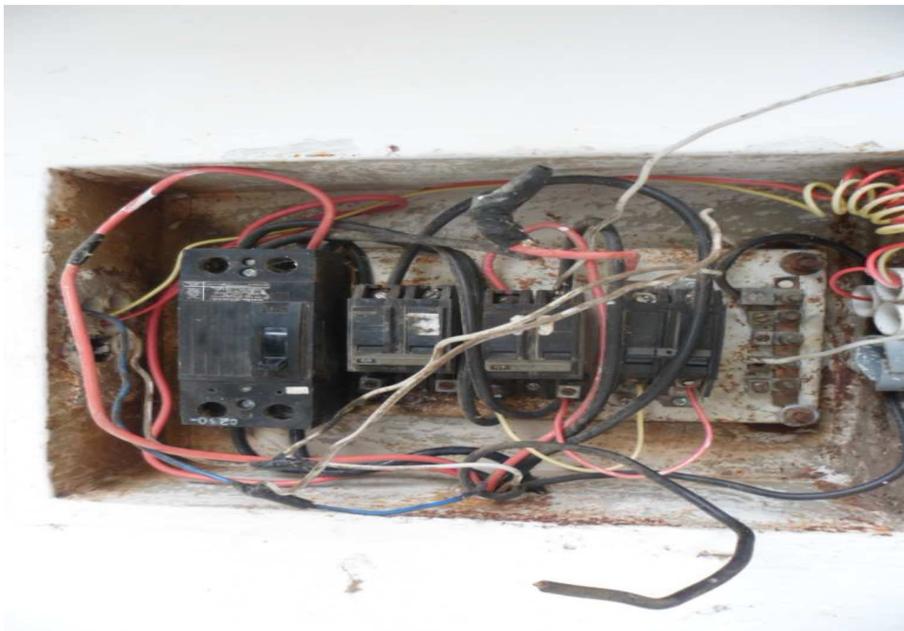
## ALUMBRADO PUBLICO

### Anexo # 4



## ESTADO DE CENTRO DE CARGA # 2

### Anexo #5



Centro de carga de la cancha de uso múltiple y escenario

**CENTRO DE CARGA # 3**

**Anexo N°6**



Controles automático de alumbrado de las cancha uso múltiple

**CENTRO DE CARGA # 1**

**Anexo N°7**



PROTECCION GENERAL CENTRO DE CARGA N°1

**Anexo N°8**



**CENTRO DE CARGA # 1**

**Anexo N°9**



**CENTRO DE TRANSFORMACION # 1**

CENTRO DE CARGA #2

Anexo N°10



BANCO DE TRANSFORMADORES TRIFASICO 3 X 75 KVA

Anexo N°11



CENTRO DE CARGA # 2

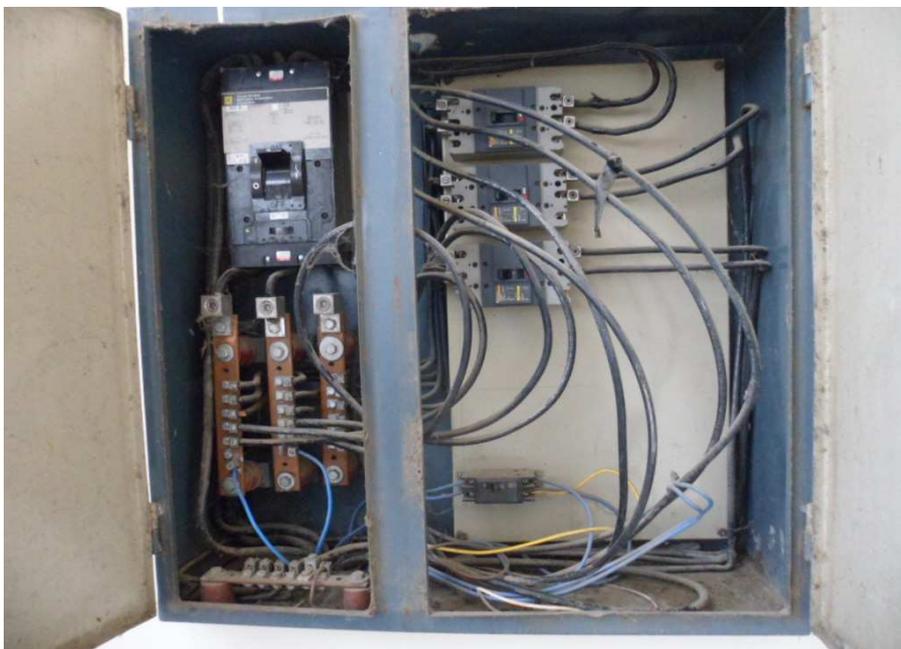
Se toma carga en el centro de transformador de 1C75T en el Auditorium

PANEL GENERAL DE AUDITORIUM

Anexo N°12



Anexo N°13



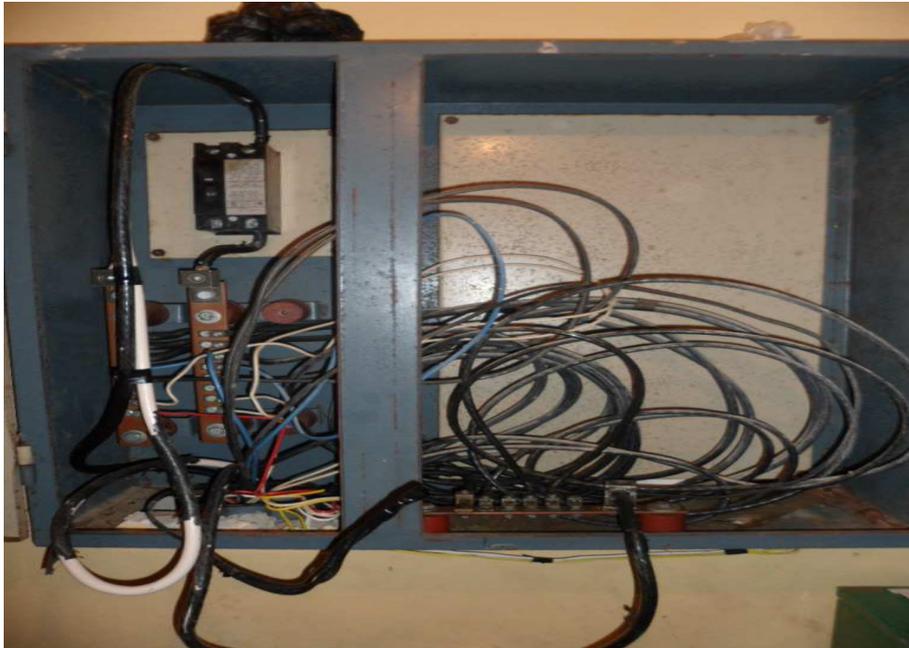
CENTRO DE CARGA # 3

Centro de carga monofásico del bloque de aula N°1

## ESTADO ACTUAL DE CENTRO DE CARGA # 4

### ÁREA ADMINISTRATIVA

#### Anexo N°14



Centro de carga monofásica en mal estado entrada del Breaker solo entra una fase la otra esta directa

#### Anexo N°15



Se realiza un censo de carga en los diferentes centros de cargas