

1126  
70



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**CALIDAD DE LAS ORGANIZACIONES  
(EMPRESAS E INSTITUCIONES )  
CALIDAD DE LA ENERGIA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
JERÓNIMO PEREZ SALINAS**

**ASESOR: ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA  
CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2003**

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

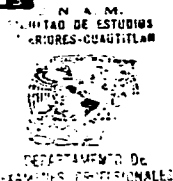
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS  
FALLA  
DE  
ORIGEN**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**  
**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR**  
**DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**



**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
**DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN**  
**P R E S E N T E**

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones).

Calidad de la Energía Eléctrica

que presenta el pasante: Jerónimo Pérez Salinas

con número de cuenta: 8812461-6 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

**A T E N T A M E N T E**

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán local, Méx. a 26 de mayo de 2003

**MODULO**

**PROFESOR**

II

Ing. Emiliano Fones Espinoza

III

Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio

IV

Ing. José Luz Hernández Castillo

**FIRMA**

B

***agradecimientos:***

*A mi madre, por el hecho de darme la vida y la oportunidad de estudiar una carrera.*

*A mi Abuelita Andrea por la confianza que siempre ah tenido en mi.*

*A mi Tía Lilia, que siempre me ah apoyado en todos los aspectos además de ser un ejemplo de lucha y preparación.*

*A mis hermanos y toda mi familia que pensaron que lo lograría.*

*A todos mis profesores que se preocuparon por transmitir sus conocimientos y todas sus experiencias.*

*A Sandra Carlo Martínez por su valiosa ayuda para el termino de este trabajo.*

*Y a todos mi amigos y personas que estuvieron en el momento e instante indicado para el termino de esta etapa de mi vida.*

**ATODOSUSTEDES GRACIAS !!!!!**

## **INDICE.**

Introducción.....	4
1.Introducción a la calidad.....	8
1.1.Definición de la calidad	
1.2.Criterios en los que se basa la calidad.	
1.3. Filosofías de la administración de la calidad.	
2. Enfoque en los clientes.....	23
2.1 La importancia de la satisfacción al cliente.	
2.2 Creación de clientes satisfechos.	
2.3 Identificación de los clientes.	
2.4 Segmentación de los clientes .	
3. Definición de la calidad de energía.....	31
3.1. Armónicas de potencia.	
3.2. Naturaleza de las Armónicas	
3.2.1 Descomposición de una señal de voltaje o corriente en componentes armónicas.	
3.2.2 Armónicas en sistemas trifásicos.	
3.3. Fuentes emisoras de armónicas en oficinas y otros edificios comerciales	
3.4. Efectos provocados por las armónicas.	
4. Aplicación del concepto de calidad de la energía eléctrica en centros de computo y edificios inteligentes.....	67
4.1 variaciones de tensión.	
4.2 transientes	
4.3 ruido electromagnético .	
4.4 armónicos	
4.5 normalización .	
5. Técnicas correctivas del problema.....	81
5.1 Filtros de choque.	
5.2 Filtros de absorción.	
5.3 Variadores de Frecuencia .	
5.4 Compensadores estáticos .	
5.5 Bloqueo de corrientes armónicas con transformadores.	
5.6 Sobredimensionamiento del hilo neutro.	
5.7 Bloqueo de la 5 a y 7 a armónica.	
5.8 Uso de transformadores tipo K.	
5.9 Tierras físicas .	
5.10 Instalaciones eléctricas.	
5.11 Recomendaciones para el uso eficiente de la energía En los equipos eléctricos.	

<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>99</b>

## **INTRODUCCIÓN**

**La energía eléctrica representa el principal insumo que mueve al mundo industrial; sin ella, nuestras empresas se detendrían y las economías enteras entrarían en crisis. Por eso es vital saber administrarla.**

**El buen uso de la energía eléctrica, le permite a las empresas ser cada vez más competitivas, en una economía que tiende a la globalización.**

**Por lo tanto, el ahorro de energía es una alternativa viable para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro del mundo industrial.**

**Este documento presenta los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía en las empresas y sugiere soluciones concretas para que comenzar hoy mismo a ahorrar energía en las instalaciones.**

**La energía eléctrica, es un concepto asociado al tiempo y a la potencia nominal de una determinada carga eléctrica, así asociamos que, entre más tiempo un equipo este operando, más energía estará consumiendo, de ahí la necesidad de apagar los equipos que estén encendidos ociosamente.**

**Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica.**

**Hasta hace unos 15 años en México, las instalaciones eléctricas en casas, edificios e industrias, no tenían aparatos y equipos eléctricos que contaran con circuitos electrónicos de potencia integrados para su funcionamiento.**

**Actualmente es común encontrar en la mayoría de las instalaciones eléctricas conectados este tipo de aparatos tales como:**



- Computadoras personales.
- Teléfonos inalámbricos.
- Hornos de microondas.
- Faxes.
- Variadores de frecuencia para motores.
- Balastras electrónicas para la iluminación.
- Componentes de sonido Electrónicos.
- Lavadoras con circuitos electrónicos integrados.
- Sistemas de control inteligente en edificios.
- Etc., etc.

El uso masivo de este tipo de aparatos viene a plantear nuevas interrogantes a compañías generadoras y suministradoras de energía eléctrica, así como al usuario consumidor de energía.

Estas interrogantes son:

¿Están correctamente calculados los diámetros de los conductores eléctricos en los circuitos?

¿Es necesario conectar todos los sistemas eléctricos a un hilo a tierra?

¿Han aumentado los riesgos de corto circuito o de un choque eléctrico peligroso en instalaciones que se consideran correctamente diseñadas?

¿Existen variaciones de voltaje que pueden dañar los equipos de cómputo y producir interrupciones en sus vías de comunicaciones?

El análisis de estas y otras interrogantes ha dado como resultado el concepto de "CALIDAD DE ENERGÍA" (POWER QUALITY).

La sociedad actual es dependiente del comportamiento de sus dispositivos motorizados e informatizados. Cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica, el comportamiento de estos sistemas se ve afectando los beneficios económicos y de bienestar que proporciona la tecnología; se eliminarán y se desprenden numerosos problemas tanto para la empresa suministradora como para los usuarios.

La empresa suministradora de energía eléctrica usualmente atribuye los problemas a anomalías en la instalación del usuario mientras que el mismo, normalmente asocia sus problemas a deficiencias en las redes de suministro.

En la mayoría de las veces en esta situación, ambos olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes eléctricas tradicionales en ambos.

Existen dos cambios fundamentales en la naturaleza de la carga del usuario y del sistema de potencia que conciernen a la calidad de la energía.

- a) La microelectrónica ha producido una creciente categoría de cargas a nivel residencial, comercial e industrial que son muy sensibles a las variaciones de la calidad de la energía. Los esquemas de diseño de integración a gran escala y a muy gran escala de los microprocesadores modernos han resultado en dispositivos más rápidos y con mayor capacidad de memoria para una misma superficie.
- b) La electrónica de potencia ha producido una nueva generación de dispositivos de alta capacidad y bajo costo, lo que ha extendido su utilización. Sin embargo, estos mismos dispositivos producen perturbaciones en la calidad de la energía a los cuales la microelectrónica es sensible. Se estima que la porción de la energía eléctrica total generada para aquellas cargas procesadas por electrónica de

potencia se incrementará de un nivel actual de 10-20% al 50-60% en el año 2010.

Adicionalmente a los dos cambios descritos anteriormente, los problemas de calidad de energía se han agravado debido a la combinación de las siguientes tendencias:

- 1) Una mayor utilización de equipo para procesamiento de datos y comunicaciones.
- 2) Los equipos eléctricos modernos se han vuelto más sensibles al voltaje; los diseños y componentes están en sus límites; se acabaron los diseños sobrados.

La importancia de abordar con urgencia este tema de la calidad del suministro de la energía eléctrica deriva de las estimaciones que indican, que para principios del siglo XXI el número de cargas sensibles conectadas a los sistemas eléctricos será muy grande. Y esto no será exclusivo de los consumidores domésticos o comerciales. Por el contrario también se verán inmersos en este problema los consumidores industriales y las propias compañías generadoras y distribuidoras de energía eléctrica, debido principalmente a la aplicación y utilización de los avances tecnológicos que ofrece la electrónica de potencia.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD**

## I. INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD.

La Calidad no es un concepto nuevo en los negocios modernos. En Octubre de 1887, William Cooper Procter, dijo a sus empleados: "la primera tarea que tenemos es producir mercancía de calidad, para que los consumidores compren y sigan comprando. Si lo hacemos de modo eficiente y económicamente, tendremos una utilidad, para compartir con ustedes".

En un sentido amplio, el aseguramiento de la calidad se refiere a cualquier acción que se dirija a proporcionar a los consumidores productos (bienes y servicios) de calidad apropiada.

El aseguramiento de la calidad, que por lo general se asocia con alguna forma de actividad de medición e inspección, ha sido un aspecto importante en las operaciones de producción durante toda la historia.

Durante la edad media en Europa, el artesano hábil fungía tanto como fabricante como de inspector. Dado que era el fabricante quien trataba directamente con el cliente, existía gran orgullo en el bien hacer. Para asegurar que los artesanos estuvieran adecuadamente capacitados aparecieron los gremios artesanales, formados por maestros, oficiales y aprendices. El aseguramiento de la calidad era informal; se hacía todo el esfuerzo necesario para asegurar que la calidad quedara incorporada en el producto final por las personas que lo producían.

Estas ideas, que se perdieron con el advenimiento de la revolución industrial, son una base importante de los esfuerzos modernos del aseguramiento de la calidad.

A mediados del siglo XVIII, un armero francés, Honoré Le Blanc, desarrolló un sistema para la fabricación de mosquetes según un patrón estándar, utilizando piezas intercambiables. Thomas Jefferson trajo la idea a Estados Unidos y en 1798 el gobierno de este país le dio a Eli Whitney un contrato para suministrarle 10,000 mosquetes en un plazo de 2 años.

Debido a los problemas que resultaron, Whitney requirió 10 años para terminar el proyecto. Sin embargo, se le dio reconocimiento al concepto de piezas intercambiables, lo que finalmente desembocó en la revolución industrial, haciendo que el aseguramiento de la calidad se convirtiera en un componente crítico del proceso de producción.

A principios de 1900, la obra de Frederick W. Taylor, a menudo llamado el padre de la administración científica, resultó en una nueva filosofía de la producción. La filosofía de Taylor era separar la función de planeación de la función de la ejecución. A los administradores y los ingenieros se les encomendó la tarea de planeación y a los supervisores y trabajadores, la tarea de ejecución. Este procedimiento funcionó bien a principios de siglo, cuando los trabajadores carecían de la educación necesaria para ocuparse de la planeación. Dividiendo un trabajo en tareas específicas y enfocándose en incrementar la eficiencia, el aseguramiento de la calidad cayó en manos de inspectores. Los fabricantes pudieron proporcionar productos de buena calidad, pero a un costo elevado. Había defectos, pero se eliminaban por la inspección. Las plantas empleaban cientos, incluso miles de inspectores. La inspección fue, por lo tanto, el medio principal para el control de la calidad durante la primera mitad del siglo XX.

Las organizaciones de producción crearon departamentos de calidad independientes. Esta eliminación artificial para los obreros de la responsabilidad del aseguramiento de la calidad condujo a una indiferencia hacia ésta, tanto en sus trabajadores como entre sus administrativos. Se llegó a la conclusión de que la calidad era responsabilidad del departamento de control de la calidad, y muchos administradores de nivel superior pusieron su atención en los volúmenes de producción y en la eficiencia. En vista que habían delegado a terceras personas tanta responsabilidad respecto a la calidad, los administradores superiores adquirieron pocos conocimientos sobre ella, y cuando se desató la crisis de calidad, se encontraban mal preparados para enfrentarse al problema.

Uno de los líderes de la revolución industrial, Henry Ford desarrollo a principios de siglo muchos de los fundamentos de lo que ahora conocemos como "administración de la calidad total".

Durante los inicios de la historia moderna, Bell System creó un departamento de inspección en la Western Electric Company para apoyo de sus empresas operadoras. En los años 20, los empleados del departamento de inspección de Western Electric fueron transferidos a Bell Telephone Laboratories. Las responsabilidades de este grupo incluían el desarrollo de nuevas teorías y métodos de inspección para mejorar y mantener la calidad. Los pioneros del aseguramiento de la calidad –Walter Shewhart, Harold Dodge, Geroge Edwards y otros, eran miembros de este grupo. Ahí fue donde se acuñó el término "aseguramiento de la calidad". Estos pioneros desarrollaron muchas técnicas útiles para mejorar la calidad y resolver problemas relativos a ésta, por lo que la calidad se convirtió en una disciplina técnica por derecho propio.

El grupo de Western Electric, dirigido por Walter Shewhart, inicio la era de **control estadístico de la calidad (SQC)**. SQC es la aplicación de métodos estadísticos para controlar la calidad. SQC va mas allá de la inspección pues se enfoca a la identificación y problemas que causan los defectos. Se considera a Shewhart como el desarrollador de las gráficas de control, que se convirtieron en un medio popular de identificar problemas de calidad en los procesos de producción y asegurar la consistencia en los resultados.

Durante la segunda guerra mundial, fueron desarrolladas las tablas de muestreo llamadas MIL-STD, por estándar militar, que todavía se utilizan ampliamente. Poco tiempo después de fundaron las sociedades profesionales, particularmente la American Society for Quality.

En los años 40 y principios de los 50's, en la mayor parte de las empresas, la calidad se mantuvo dentro del territorio de los especialistas. La calidad no era una prioridad para los gerentes generales, que delegaban esta responsabilidad a los gerentes o administradores de la calidad. La administración general mostraba poco

interés en la mejora de la calidad o en la prevención de errores y más bien apoyaba en la inspección masiva.

Durante este tiempo, como ayuda a los esfuerzos de reconstrucción de Japón, dos asesores Estadounidenses, los doctores Joseph Juran y W. Edwards Deming, introdujeron técnicas de control estadístico de la calidad entre los Japoneses. Una parte significativa de su actividad educativa se enfocó en la administración superior, y no simplemente en los especialistas de la calidad. Con el apoyo de los gerentes generales, los japoneses integraron la calidad en toda organización y desarrollaron una cultura de mejora continua. Allá por 1951, la Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) instituyó el premio Deming para premiar a los individuos y empresas que cumplen con los severos criterios de la práctica de la administración de la calidad.

Las mejoras japonesas de la calidad fueron lentas y continuas; pasaron cerca de 20 años antes de que la calidad de los productos japoneses excediera a la de los fabricantes occidentales. Para los años 70, principalmente debido a los niveles más elevados de calidad de sus productos, las empresas japonesas habían conseguido una penetración significativa en los mercados occidentales.

Frecuentes devoluciones de mercancías ordenadas a principios de los 80 por la Consumer Product Safety Commission y una amplia cobertura de los medios de información del desastre del trasbordador espacial Challenger en 1986 aumentó la concientización respecto a la importancia de la calidad. En consecuencia, los consumidores están más dispuestos que antes a comparar, evaluar y escoger productos selectivamente, buscando valor total: calidad, precio y capacidad de servicio.

Una de las personas que mayor influencia tuvo en la revolución de la calidad fue W. Edwards Deming. Aunque ya hacía 30 años que Deming había ayudado a transformar la industria japonesa, solo entonces las empresas estadounidenses solicitaron su ayuda. De 1980 hasta su muerte en 1993, su liderazgo y conocimientos ayudaron a muchas empresas de su país, como Ford motor Company y otras a revolucionar su enfoque de la calidad.



Conforme los negocios y la industria empezaron a centrarse en la calidad, el gobierno reconoció que la calidad era crítica para la salud económica de la nación.

A partir de fines de los años 80 y hasta los 90, el interés de la calidad a crecido a una velocidad sin precedentes, en parte gracias a la publicidad proveniente del Premio Nacional de la calidad Malcolm Baldrige. Las empresas han conseguido adelantos significativos en las mejoras de la calidad.

A pesar de una muy amplia concientización sobre la importancia de la calidad, muchas empresas todavía luchan por integrar la calidad en sus esfuerzos administrativos. En 1991 el 55% de las empresas estadounidenses están empleando información de calidad para evaluar su rendimiento por lo menos una vez al mes, en comparación con 70% de las empresas japonesas, 18% de los negocios estadounidenses lo estaban haciendo menos de una vez al año.

El movimiento de la calidad ha resultado en muchos éxitos, pero también en muchos fracasos. Cuando una iniciativa de calidad fracasa, por lo general se debe a una mala administración y no a la corrección de sus principios. Toda la retórica relacionada con la calidad ha llevado a algunas personas a criticar su valor e impacto. Los escépticos continuarán dejándose escuchar, pero los principios de la calidad seguirán siendo los cimientos de los sistemas de alto rendimiento.

La calidad tendrá que estar en todas partes, integrada en todos los aspectos de una organización ganadora. Los profesionales de la calidad, mientras tanto, necesitarán tener habilidades empresariales y funcionales en el diseño, manufactura y mercadotecnia para contribuir al éxito a largo plazo de su organización. La única manera de competir con éxito en la era digital es considerar la calidad en este nivel y con este grado.

## **1.1 DEFINICIÓN DE CALIDAD.**

La calidad puede ser un concepto confuso, en parte porque las personas visualizan la calidad con relación a diferentes criterios según su papel individual en la cadena de la producción y comercialización. Además, el significado de la calidad ha venido evolucionando conforme a la profesión de la calidad ha crecido y madurado. Ni asesores ni profesionales están de acuerdo en una definición universal. En un estudio se preguntó a administradores que definirían calidad, y se produjeron docenas de respuestas que incluían:

- Perfección
- Consistencia
- Eliminación de desperdicio
- Rapidez de entrega
- Cumplimiento de políticas y procedimientos
- Proporcionar un producto bueno y Utilizable
- Hacerlo bien a la primera
- Agradar o satisfacer a los Clientes Preferenciales
- Servicio total al cliente

Por tanto, es importante comprender las diversas perspectivas a partir de las que se visualiza la calidad, para apreciar totalmente el papel que desempeña en las muchas áreas de una organización empresarial.

## **1.2 CRITERIOS EN LOS QUE SE BASA LA CALIDAD.**

### ***Criterios basados en el juicio.***

Una idea común sobre la calidad, que a menudo utilizan los consumidores, es que es un sinónimo de superioridad o excelencia. En 1931, Walter Shewhart definió por primera vez la calidad como la bondad de un producto. Este punto de vista se conoce

como la definición trascendente de la calidad. En este sentido, la calidad es " a la vez absoluta y universalmente reconocible, una marca de normas sin cortapisas y de logros elevados". A menudo se relaciona de una manera aproximada con una comparación de características y herramientas de productos y promulgada por los esfuerzos de comercialización dirigidos a desarrollar la calidad como una variable de imagen en la mente de los consumidores.

La excelencia es, sin embargo, abstracta y subjetiva, y las normas de excelencia pueden variar considerablemente de un individuo a otro. Por lo tanto, una definición trascendente resulta de poco valor práctico para los administradores.

#### ***Criterios basados en el producto.***

Otra definición de la calidad es que es en función de una variable específica y medible, y que las diferencias en calidad reflejan diferencias en el valor de algún atributo del producto, como por ejemplo la cantidad de puntadas por pulgada en una camisa ó el número de cilindros de un motor. Esto implica que los niveles o cantidades más elevados en las características del producto serían equivalentes a una calidad mayor. Como resultado, a menudo se supone erróneamente que la calidad esta relacionada con el precio. Sin embargo, un producto no necesariamente debe de ser costoso para ser considerado por los clientes un producto de calidad.

#### ***Criterios basados en los usuarios.***

Esta definición se basa en el supuesto de que calidad se determina por lo que desea el cliente. Los individuos tienen necesidades y deseos diferentes y por lo tanto, normas distintas de calidad. Por consiguiente una definición de calidad basada en el usuario sería: la adecuabilidad para le uso pretendido, es decir, lo bien que el producto se comporta al llevar a cabo una función pretendida.

### ***Crterios basados en el valor.***

Este enfoque relaciona a la calidad con su utilidad o satisfacción con el precio. Desde esta perspectiva, un producto de calidad es aquel es tan útil como los productos de la competencia y se venden a un precio inferior, o aquel que teniendo un precio comparable, ofrece una utilidad superior o una satisfacción superior, por lo que uno podría adquirir un producto genérico en lugar de uno de marca registrada si funciona tan bien como el producto de marca registrada, pero a un precio inferior.

### ***Crterios basados en la manufactura.***

Esta define a la calidad, como el resultado deseable como una práctica de ingeniería y de manufactura, es decir del cumplimiento de las especificaciones. Las especificaciones son metas y tolerancias determinadas por los diseñadores de los productos y de los servicios. Las metas son los valores ideales que debe de conseguir la producción; se especifican las tolerancias, porque los diseñadores reconocen que es imposible cumplir con las metas de la manufactura todas las veces.

## **1.3 FILOSOFIAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD**

Aunque centenares de personas han hecho sustanciales contribuciones a la teoría y práctica de la administración de la calidad, tres de ellos; W. Edwards Deming, Joseph M. Juran y Philip B. Crosby, son considerados como los verdaderos gurús de la administración en la revolución de la calidad.

### ***La filosofía de Deming.***

Nadie ha tenido tanta influencia en la administración de la calidad como el doctor Deming, quien obtuvo su doctorado en física y se capacitó como estadístico, por lo que gran parte de su filosofía, se justifica en estos antecedentes.

La forma de pensar de Deming fue sin embargo, más allá de las simples estadísticas, ya que predicó la importancia del liderazgo de la gerencia superior, la asociación cliente-proveedor y la mejora continua en el desarrollo de productos y procesos de manufactura.

A diferencia de otros gurús y asesores administrativos, Deming jamás definió o describió con precisión la calidad. La filosofía de Deming se enfoca en descubrir mejoras en la calidad en los productos y servicios, en reducir la incertidumbre y la variabilidad en el diseño y proceso de manufactura. Desde el punto de vista de Deming, la variabilidad es la principal culpable de la mala calidad. De la misma manera, la inconsistencia en el servicio frustra a los clientes y daña la reputación de las empresas. Para disminuir las variaciones, Deming proponía un ciclo sin fin sobre el diseño, manufactura, prueba y venta de productos, seguido por investigaciones de mercado y a continuación, rediseño y así sucesivamente. Declaraba que mayor calidad lleva a más productividad, lo que a su vez conduce a un poder competitivo a largo plazo. La teoría es que las mejoras en la calidad generan costos inferiores, ya que han dado como resultado menos retrabajo, menores errores, menos retrasos y detenciones, además de un mejor uso del tiempo y de los materiales. Los menores costos, a su vez, llevan a mejoras en productividad. Con una mejor calidad y costos inferiores, las empresas pueden conseguir mayor penetración en el mercado y, por lo tanto, mantenerse en el negocio y generar más y más puestos de trabajo.

La filosofía de Deming sufrió muchas modificaciones conforme seguía aprendiendo, pero todo quedó resumido en sus 14 puntos.

1. Crear y publicar un enunciado de objetivos y propósitos de la empresa para todos los empleados. La administración debe demostrar constantemente su compromiso con este enunciado.
2. Tanto la administración superior como todos los empleados deben de aprender la nueva filosofía.
3. Comprender el propósito de la inspección para la mejora de los procesos y reducción de costos.

4. Terminar con la costumbre de asignar contratos basados simplemente en el precio de venta.
5. Mejorar constantemente y para siempre el sistema de producción y el servicio.
6. Instituir la capacitación.
7. Enseñar e instituir el liderazgo.
8. Eliminar el miedo, crear confianza. Crear un clima para la innovación
9. Los esfuerzos de equipos , grupos y áreas de personal asesor deben de optimizarse para cumplir objetivos y propósitos de la empresa.
10. Eliminar exhortaciones a la fuerza de trabajo.
11. (a) Eliminar las cuotas numéricas de producción. En vez de ello, conocer e instituir métodos de mejora.  
(b) Eliminar la administración por objetivos. En vez de ello, conocer las capacidades de los procesos y cómo mejorarlos.
12. Eliminar barreras que despojan a las personas del orgullo de un trabajo bien realizado.
13. Alentar la educación y la autosuperación para todos los empleados.
14. Entrar en acción para que se lleve a cabo la transformación.

### ***La filosofía de Juran.***

Al igual que Deming, Juran enseñó principios de calidad a los japoneses en los años 50 y fue un impulsor importante en su reorganización de la calidad. Ambos concluyeron que la solución depende de una nueva manera de pensar sobre la calidad, que incluya todos los niveles de la jerarquía administrativa. En particular, la gerencia superior requiere capacitación y experiencia para administrar con base en la calidad.

A diferencia de Deming, Juran no propuso ningún cambio cultural de importancia en la organización; más bien buscó mejorar la calidad, trabajando dentro del sistema ya familiar para los administradores, por lo que sus programas se diseñaron para adecuarse dentro de la planeación estratégica actual de los negocios de la empresa, con mínimo riesgo de rechazo. Él sostenía que los empleados en diferentes niveles de la organización hablan sus propios lenguajes. Juran aseguró que la gerencia superior

habla el lenguaje de los dólares, los trabajadores hablan el lenguaje de las cosas y la administración intermedia debe de ser capaz de hablar ambos lenguajes y traducir entre dólares y cosas, por lo que para llamar la atención de la gerencia superior, los problemas de la calidad deben de presentarse en el idioma que ellos comprenden: Dólares. Por lo tanto, Juran abogaba por el uso de la contabilidad del costo de la calidad y su análisis, para enfocar los problemas de la calidad. En el nivel operativo, Juran se enfoca en un cumplimiento cada vez mayor de las especificaciones a través de la eliminación de defectos, apoyado de manera importante para su análisis con herramientas estadísticas.

Juran definía la calidad como "(1) rendimiento del producto que da como resultado la satisfacción del cliente; (2) libertad de deficiencias en el producto, que evita la falta de satisfacción del cliente", lo que se resume como "adecuabilidad para el uso". Esta definición se puede subdividir en cuatro partes: la calidad en el diseño, calidad de conformidad con las especificaciones, disponibilidad y servicio en el campo. La calidad en el diseño se concentra en la investigación de mercados, el concepto del producto y la especificación de diseño. La calidad de cumplimiento incluye la tecnología, la mano de obra y la administración. La disponibilidad se enfoca en la confiabilidad, la capacidad de reparar y el apoyo logístico, la calidad del servicio en el campo incluye la prontitud, la competencia y la integridad.

La búsqueda de la calidad se concibe en dos niveles: (1) la misión de la empresa en su totalidad es conseguir una calidad elevada del producto; y (2) la misión de cada departamento en la empresa es obtener una elevada calidad de producción. Juran estaba inclinado a una espiral sin fin de actividades que incluyen investigación de mercados, desarrollo del producto, diseño, planeación para la manufactura, compras, control del proceso de producción, inspección y pruebas, ventas, seguida de retroalimentación de los clientes. La interdependencia de estas funciones enfatiza la necesidad de una administración de la calidad competente en toda la empresa. La gerencia superior debe desempeñar un activo papel de liderazgo entusiasta en el proceso de la administración de la calidad.

Las prescripciones de Juran se enfocan en tres procesos principales de calidad, conocidas como la trílogía de la calidad (1) *planeación de la calidad*: el proceso de preparación para cumplir con las metas de calidad; (2) *control de calidad*: el proceso de cumplir con las metas de calidad durante la operación; y (3) *mejora de la calidad*: el proceso de elevarse a niveles de rendimiento sin precedente.

A diferencia de Deming, Juran especificaba un programa detallado para la mejora de la calidad. Un programa de este tipo incluye demostrar las necesidades de la mejora, identificar proyectos específicos para la mejora, organizar el apoyo para los proyectos, diagnosticar las causas, dar remedios para las causas, demostrar que los remedios son efectivos bajo las condiciones de operación y proporcionar el control para mantener las mejoras. En cualquier momento, en todas las áreas de la empresa deberían estar en marcha cientos o incluso miles de proyectos de mejora de la calidad.

### ***La filosofía de Crosby.***

La esencia de la filosofía de la calidad de Crosby está incluida en lo que él llama "los absolutos de la administración de la calidad" y "los elementos fundamentales de la mejora". Los absolutos de la administración de Crosby incluyen los siguientes puntos:

- Calidad significa conformidad con las necesidades y no elegancia. Crosby rápidamente deshace el mito de que la calidad sigue la definición trascendente. Los requerimientos deben estar claramente enunciados de manera que no puedan ser motivo de confusión. Una vez establecidos los requerimientos, entonces uno puede tomar mediciones para determinar la conformidad con los mismos. La falta de conformidad detectada es la ausencia de calidad; los problemas de calidad se convierten en problemas de falta de conformidad, esto es, la variación en el resultado. El establecimiento de los requerimientos es responsabilidad de la administración.
- No existe tal cosa que un problema de calidad. Los problemas deben de ser identificados por aquellos individuos o departamentos que lo causan, por lo que una empresa puede experimentar problemas de confiabilidad, de manufactura,



de diseño, de relaciones con los clientes, etc. En otras palabras, la calidad se origina en departamentos funcionales y no en el departamento de la calidad, y por tanto, el peso de la responsabilidad de dichos problemas recae en dichos departamentos. El departamento de calidad deberá medir la conformidad, informar sobre los resultados y guiar el movimiento para desarrollar una actitud positiva hacia la mejora de la calidad.

- No existe tal cosa que una economía de la calidad; siempre es mas económico hacer el trabajo bien desde la primera vez. Crosby apoya la premisa de que la "economía de la calidad" no tiene ningún significado. La calidad es gratuita. Lo que cuesta dinero son todas aquellas acciones que involucran no hacer los trabajos bien desde la primera vez.
- La única medición de desempeño es el costo de la calidad, es decir el desembolso por falta de conformidad. Observa que la mayoría de las empresas desembolsan de 15 a 20 % de su capital de ventas en costos de calidad. Una empresa con un programa bien operado de administración de la calidad puede conseguir un costo de calidad que sea inferior a 2,5% de las ventas, principalmente en las categorías de prevención y evaluación. El programa de Crosby requiere la medición y publicación del costo de la mala calidad. Los datos de costo de la calidad son útiles para llamar la atención de la gerencia a dichos problemas, para seleccionar oportunidades de acción correctiva y para llevar control de las mejoras a la calidad a través del tiempo. Estos datos proporcionan una prueba visible de mejora y un reconocimiento de los logros.
- El único estándar de desempeño es "cero defectos". Crosby opina que la idea de cero defectos generalmente se ha entendido mal y se ha rechazado. Cero defectos no es un programa de motivación. Cero defectos en una norma de desempeño. Es el estándar del artesano, independiente de su responsabilidad... el tema de cero defectos es hacerlo bien desde la primera vez, lo que significa concentrarse en evitar defectos, más que simplemente localizarlos y corregirlos.

Las personas están condicionadas a creer que el error es inevitable; por lo tanto, no solamente se aceptan, sino que están esperándolo. No nos molesta cometer unos cuantos errores en nuestro trabajo.....es de humanos errar. Todos tenemos

nuestros propios estándares en nuestra vida empresarial o académica, nuestros propios puntos en los cuales los errores empiezan a incomodarnos. Resulta bueno obtener un 10 en la escuela, pero pudiera ser suficiente pasar con un 6. La mayor parte del error humano está causado por falta de atención y no por falta de conocimientos. Se crea la falta de atención cuando se supone que el error es inevitable. Si se pensara en esto con cuidado, y se compromete uno mismo a hacer un esfuerzo consistente y constante para hacer el trabajo correctamente desde la primera vez, se habrá dado un paso gigantesco hacia la eliminación el desperdicio por retrabajo, desecho y reparación que incrementan los costos y reducen las oportunidades individuales.

Los elementos básicos de mejora de Crosby incluyen la determinación, la educación y la implementación. La determinación significa que la administración superior debe tomar con seriedad la mejora de la calidad. Todo el mundo debería comprender los absolutos, porque sólo se pueden conseguir mediante la instrucción. Finalmente, cada uno de los miembros del equipo de administración debe comprender el proceso de implementación.

El procedimiento de Crosby, sin embargo, proporciona relativamente pocos detalles de la manera en que las empresas deben enfrentar o resolver los puntos finos de la administración de la calidad. Se enfoca en el pensamiento empresarial y no en sistemas organizacionales. Al dejar que los administradores determinen los mejores métodos a aplicar en las situaciones de sus propias empresas, este procedimiento tiende a evitar algunos de los problemas de implementación experimentados por las organizaciones que han adoptado la filosofía de Deming.

# **CAPITULO II**

## ***ENFOQUE EN LOS CLIENTES***

## **2. ENFOQUE EN LOS CLIENTES.**

Las organizaciones de clase mundial están obsesionadas por cumplir y exceder las expectativas de los clientes. Muchas empresas, se formaron a partir del principio de satisfacer al cliente.

Otras empresas han tenido que aprender a enfocarse a los clientes, a menudo en respuesta a una crisis competitiva.

En una empresa consciente de la calidad, la planeación tanto de los productos como la del sistema que fabrica o entrega dichos satisfactores se enfocan a llenar las necesidades y las expectativas de los clientes. Para poder satisfacerlos, la organización identifica necesidades, y mide los resultados como base de mejora. La empresa también incorpora a los clientes en las actividades de planeación estratégica de todos los gerentes.

### ***2.1 La importancia de la satisfacción al cliente.***

Cualquier negocio tiene cuatro metas clave:

1. Satisfacer a sus clientes.
2. Conseguir una mayor satisfacción del cliente que la de sus competidores
3. Conservar los clientes en el largo plazo.
4. Ganar penetración en el mercado.

Para alcanzar estas metas, un negocio debe entregar a sus clientes valor siempre creciente. El valor, es la calidad relacionada con el precio. Los clientes ya no adquieren sólo con base en el precio. Comparan el paquete total de productos y servicios que ofrece un negocio (conocido a veces como paquete de beneficios al consumidor) con el precio y con la oferta de la competencia. El paquete de beneficios al consumidor influye en la percepción de la calidad e incluye el producto físico y sus dimensiones cualitativas; el apoyo antes de la venta, como facilidad en la colocación de

pedidos; una entrega rápida, oportuna y precisa, y un apoyo posventa, como el servicio en el campo, garantías y apoyo técnico. Si la competencia ofrece mejores alternativas a un precio similar, los consumidores naturalmente seleccionaran el paquete que contenga la calidad percibida como más elevada, por lo que es absolutamente vital para el éxito competitivo comprender exactamente lo que los consumidores desean. Si un competidor ofrece el mismo paquete de bienes y servicios a un precio inferior, los clientes lo elegirán. Sin embargo, precios inferiores requieren costos inferiores si la empresa debe de seguir siendo redituable. Las mejoras en la calidad de la operación reduce los costos; por lo tanto, los negocios deben de enfocarse tanto a mejorar de manera continua al paquete de beneficios al consumidor como reducir los costos.

Se consigue la satisfacción del cliente cuando los productos y servicios cumplen o exceden las expectativas de los clientes (definición principal de la calidad). El enfoque a los clientes no es simplemente un problema de calidad sino buena práctica de los negocios que se traduce directamente en mayores utilidades. Los clientes leales gastan más, recomiendan otros compradores, y es menos costoso hacer negocios con ellos. Algunos estudios han demostrado que cuesta aproximadamente cinco veces más atraer clientes nuevos que conservar a los anteriores, y que los clientes satisfechos adquieren más y están dispuestos a pagar precios más elevados.

Productos y servicios de mala calidad, por otra parte, provocan la falta de satisfacción del cliente en forma de quejas, devoluciones y publicidad desfavorable comunicada verbalmente; los clientes no satisfechos compran con los competidores. Un estudio descubrió que los consumidores tienen cinco veces más probabilidades de cambiar de proveedor debido a la percepción de problemas de servicio que por preocupaciones de precio o problemas en la calidad del producto. También hay estudios que demuestran que los clientes no satisfechos hablan de sus malas experiencias con por lo menos el doble de sus amigos que cuando hablan de sus buenas experiencias.

Una fuerte ventaja competitiva es impulsada por los deseos y necesidades de los clientes; su satisfacción a través de productos superiores y de la excelencia en el

servicio es una manera importante de tener una ventaja competitiva. El enfoque impulsado por el cliente de una empresa debe de estar dirigido a todos los interesados: clientes, empleados, proveedores, accionistas, público y comunidad.

La conservación de los clientes es factor clave del éxito competitivo y está íntimamente ligado con la calidad y la satisfacción del consumidor. Las características del producto tienen mucha influencia en la primera venta que se hace; en ese momento, los clientes desconocen los problemas de calidad que pueden resultar. Sin embargo, la calidad del producto y del servicio rendido durante la vida del producto, determinan la cantidad de ventas subsecuentes.

## **2.2 Creación de clientes satisfechos**

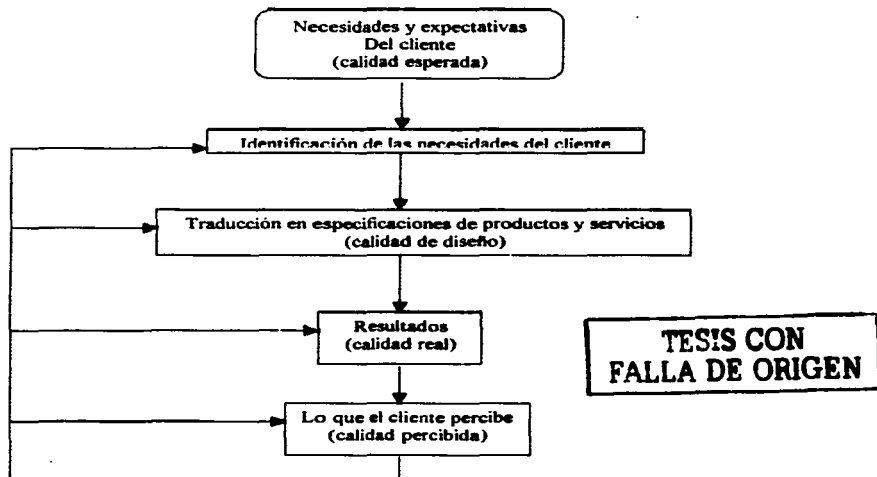
La satisfacción del cliente resulta de proporcionar bienes y servicios que satisfagan o excedan sus necesidades. La figura 1 da un vistazo del proceso en el cual las necesidades y expectativas del cliente se traducen en resultados en los procesos de diseño, producción y entrega. Las necesidades y expectativas reales del cliente se conocen como calidad esperada, que es lo que el cliente supone que recibirá del producto. El productor identifica estas necesidades y expectativas y las traduce en especificaciones para productos y servicios. La calidad es el resultado del proceso de producción y lo que realmente se entrega al cliente y puede diferir considerablemente de la calidad esperada. Esta diferencia ocurre cuando, de un paso al siguiente, se pierde o malinterpreta información. Por ejemplo, investigación errónea de mercado puede evaluar de manera incorrecta las necesidades y expectativas reales del cliente. Los diseñadores de productos y servicios pueden desarrollar especificaciones que no reflejen de manera adecuada estas necesidades. La operación de manufactura o el personal de contacto con el cliente pudieran no entregar de acuerdo con especificaciones. Una compilación adicional proviene del cliente, que se ve y supone la calidad del producto (calidad percibida) de forma considerablemente distinta a lo que de hecho recibe (calidad real). Dado que la calidad recibida es la que impulsa el comportamiento del cliente, en esta área es donde realmente los productores deberían centrar sus preocupaciones.

Estos diferentes niveles de calidad se pueden resumir mediante una ecuación fundamental:

$$\text{Calidad percibida} = \text{calidad real} - \text{calidad esperada}$$

Cualquier diferencia entre la calidad esperada y la real puede causar ya sea una satisfacción no esperada (cuando la calidad real es superior a la esperada) o una falta de satisfacción (si la calidad real es inferior a la esperada). Para comprender estas relaciones se requiere de un sistema para medir la satisfacción del cliente y la capacidad de utilizar la retroalimentación para la mejora. Este modelo sugiere que los productores deben de tener gran cuidado en asegurarse que las necesidades del cliente se cumplen o se exceden, tanto en el proceso de diseño como en la producción.

**Fig. 1**



## Métodos más importantes

Las empresas de éxito en todas las ramas industriales recurren a diversas prácticas orientadas al cliente, que conducen a redituabilidad y penetración en el mercado. Estas prácticas genéricas, y algunos ejemplos específicos, se describe en la siguiente lista.

- Comprenden tanto las necesidades y expectativas a corto y a largo plazo de los clientes (la voz del cliente) y emplean procesos sistemáticos para recolectar sus necesidades y administrar la información.
- Comprenden las vinculaciones entre la voz del cliente y los procesos de diseño, producción y entrega.
- Se comprometen con los clientes de manera que promueve la confianza y lealtad en sus productos y servicios.
- Tienen procesos efectivos para administrar las relaciones con el cliente, quienes pueden emplearla fácilmente para pedir ayuda, hacer comentarios, quejarse y recibir soluciones rápidas a sus dudas.
- Miden la satisfacción del cliente, comparan los resultados en relación con la competencia y utilizan esta información para evaluar y mejorar los procesos internos.

### **2.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS CLIENTES**

Para comprender las necesidades del cliente, una empresa debe saber quienes son éstos. La mayoría de los empleados creen que los clientes son aquellas personas que al final adquieren y utilizan los productos de una empresa. Estos clientes, o consumidores, ciertamente son un grupo importante. La identificación de los consumidores es una tarea de la gerencia superior relacionada con la misión y la visión de la empresa. Sin embargo, los consumidores no son el único grupo de clientes que debe preocupar a un negocio. La forma más fácil de identificar a los clientes es pensando en términos de relaciones cliente-proveedor.

Cada uno de los procesos recibe entradas o insumos de proveedores, y crea



resultados o salidas para sus clientes. Los lazos de retroalimentación sugieren que los proveedores deben también ser considerados como clientes que necesitan información apropiada respecto a las necesidades que debe llenar.

En el nivel de organización, un negocio tiene varios clientes externos (organizaciones que no forman parte de la empresa, pero que experimentan un impacto debido a las actividades de la misma) y que pueden quedar ubicados entre organización y consumidor.

#### **2.4 Segmentación de los clientes.**

Comúnmente, los clientes tienen necesidades y expectativas diferentes. Por lo general, una empresa no puede satisfacer a todos los clientes con los mismos productos o servicios. Este problema es particularmente importante en empresas que hacen negocios globales. Por lo tanto, aquellas empresas que segmentan a los clientes en grupos naturales y que personalizan los productos o servicios están más capacitadas para responder a las necesidades de los clientes. Juran sugiere clasificar los clientes en dos grupos principales: los pocos vitales y los muchos útiles.

La segmentación de los clientes puede hacerse con base en factores geográficos, demográficos, según la forma en que se utilizan los productos, el volumen o el nivel esperado de servicio. Por ejemplo, los servicios de telecomunicación pudieran segmentarse en:

- Clientes residenciales, agrupados de acuerdo con el monto facturado en dólares.
- Clientes comerciales, agrupados de acuerdo con el tamaño del negocio, cantidad de servicios utilizados diferentes y volúmenes de uso.
- Revendedores independientes, que adquieren capacidad de telecomunicación en volumen y administran sus propios grupos de clientes.

Esta segmentación permite que la empresa asigne prioridades a cada grupo de clientes. Una manera de asignar prioridades a los segmentos es tomando en consideración, para cada grupo, el beneficio de satisfacer sus necesidades y las consecuencias de no hacerlo.

# **CAPITULO III**

## **CALIDAD DE LA ENERGÍA**

### 3 DEFINICIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

El incremento de la velocidad de operación de los microprocesadores y la cada vez mayor integración de componentes electrónicos en los equipos con los que trabajamos, hace que los mismos sean cada vez más susceptibles a ser afectados por problemas relacionados con la baja calidad de la energía eléctrica.

Nos referimos no sólo a computadoras o servidores, sino a todos los equipos que son calificados como Equipos de Tecnología de Información (Information Technology Equipment) como son los equipos médicos, equipos industriales, puntos de venta, cajeros automáticos, equipos de redes de datos, equipos de telecomunicaciones, impresoras y otros equipos electrónicos basados en microprocesadores.

El término en inglés "*Power Quality*" ha sido aplicado en la cultura técnica norteamericana a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos en los sistemas de potencia. Su traducción al idioma español es "Calidad de la Potencia Eléctrica".

Un circuito eléctrico de corriente alterna consta, en su caso más sencillo, de una fuente de energía y de una carga eléctrica. La fuente proporciona energía eléctrica y la carga la transforma en otro tipo de energía. Siempre que la fuente proporcione una cantidad de energía por unidad de tiempo, es decir, una determinada cantidad de potencia eléctrica, la señal de tensión de la fuente forzará una señal de corriente a través del circuito.

Por tanto, cuando se habla de "*Power Quality*" o Calidad de la Potencia Eléctrica se está haciendo referencia a la calidad de las señales de tensión y corriente, obviando el concepto de continuidad o confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

El incremento en la utilización de equipos basados en microelectrónica, los cuales son cada vez más susceptibles y menos inmunes al entorno electromagnético, ha incrementado en los últimos años el interés por las señales de tensión y corriente eléctrica; esto ha venido acompañado con el desarrollo de equipos de protección y una

terminología especial para describir los fenómenos.

Es así como el concepto de "*Power Quality*" ha evolucionado en la última década a escala mundial. De hecho, se ha incrementado la importancia de un suministro de energía eléctrica basado en criterios que van más allá de la simple continuidad o confiabilidad del servicio, pasando a un espectro mucho más amplio que tiene que ver con grandes desarrollos científicos y tecnológicos en los campos de la Interferencia y la Compatibilidad Electromagnética.

Desgraciadamente, tanto en Norteamérica como en México y otros países del mundo, esta terminología no ha sido consistente con la realidad. Esto ha causado confusión entre usuarios que no entienden porque un equipo no trabaja como se esperaba. Muchas palabras ambiguas han sido usadas con significados múltiples o no claros. Por ejemplo, las palabras *Pico* o *Impulsos de Tensión* en el idioma español (*Surge* en inglés) son usadas para describir una amplia variedad de perturbaciones que causan fallas o mala operación en un equipo. Un *Supresor de Picos* (*Surge Suppressor* en inglés) puede suprimir alguna clase de estos picos o impulsos electromagnéticos, pero no tendrá ningún efecto sobre otros.

Otro ejemplo muy común es la creencia generalizada que un pararrayos tipo Franklin colocado en la parte superior de un edificio y conectado a tierra protege equipos eléctricos y electrónicos contra los efectos electromagnéticos que generan los rayos, obviando el concepto de un Sistema Integral de Protección contra Rayos.

La búsqueda de una terminología consistente con la realidad se refleja en recientes esfuerzos nacionales e internacionales para normalizar conceptos que están directamente relacionados con el tema de la Calidad de la Energía Eléctrica.

La Calidad de la Energía Eléctrica en términos generales es un conjunto de propiedades inherentes tanto al servicio como a la señal de tensión o corriente eléctrica que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que otras. Por tanto, podemos afirmar que la Calidad de la Energía Eléctrica en su concepto más amplio debe considerar tanto la continuidad del servicio como las señales de tensión y corriente eléctrica, en un

tiempo dado y en un espacio determinado de un sistema de potencia eléctrico.

La definición de la calidad de la energía es algo indeterminado, pero aún así, se podría definir como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

### **3.1 Armónicas de potencia**

El incremento acelerado del uso de cargas no lineales en los sistemas eléctricos, debido principalmente al auge de la electrónica de potencia en estos últimos años, ha permitido un uso más eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables en la productividad de los procesos industriales pero, por otra parte, ha provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la corriente de onda sinusoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos provocando, además calentamientos excesivos y pérdidas de energía en máquinas eléctricas, conductores y demás equipos del sistema eléctrico. El problema no solo puede sufrirlo el propio usuario sino que a través de las líneas de distribución y de transmisión puede propagarlo a otros usuarios de la red eléctrica, creando así una responsabilidad para sí mismo y para la compañía suministradora.

El suministro de energía eléctrica con el que trabajan los edificios y/o bienes inmuebles constituidos en México, está basado en una onda sinusoidal de 60 Hertz (Hz) de corriente alterna (c.a.). Sin embargo, la operación de equipo electrónico requiere que el suministro de energía sea de bajo voltaje y corriente directa (c.d.) por lo que la energía debe "transformarse".

La potencia de la corriente alterna es rectificad y transformada en pulsos, los cuales son de forma rectangular y cuya frecuencia o ancho determinará la potencia entregada. Estos pulsos se hacen pasar a través de filtros que suavizan la señal y la

estabilizan en corriente directa. Esta metodología de la transformación de la energía es esencial para la operación de un equipo electrónico.

El sistema de transformación puede estar integrado al equipo, como sucede en el caso de una computadora personal (PC) o bien puede no estarlo; en ambos casos su operación tiene dos importantes efectos secundarios:

- generaciones de armónicas,
- fugas de corriente en la red de tierra.

En el proceso de conversión de la onda sinusoidal a pulsos rectangulares de mucha mayor frecuencia, la energía únicamente es atenuada cuando la entrada del voltaje en corriente directa cae por debajo de los picos de la fuente de voltaje. Esto puede suceder en cualquier punto del ciclo, por lo que la corriente no es proporcional al voltaje y la carga resultante es "no lineal".

La no-linealidad puede ser no reducida por un análisis de Fourier a frecuencias básicas de 60 Hz y múltiplos de la misma (120 Hz, 180 Hz). Estos múltiplos se conocen como "armónicos" y las corrientes que fluyen a estas frecuencias se denominan entonces "corrientes armónicas".

Dentro de un solo conductor, todas las corrientes se combinarán para formar una sola onda, la cual puede ser desviada significativamente desde una alimentación puramente sinusoidal. La señal de onda del voltaje solamente se verá afectada si la impedancia de los conductores donde la corriente está fluyendo es significativa (Ley de Ohm). En estas circunstancias, los voltajes armónicos se desarrollarán dentro del sistema, afectando la totalidad de la señal de onda del mismo.

Además del efecto de la generación de armónicas, se observa un segundo efecto, consistente en el desarrollo de corrientes en el conductor neutral (neutro), provocado por fallas en la cancelación de las corrientes de fase ( como en el caso de condiciones no-armónicas). Estas corrientes, que están en diferente fase y frecuencia armónica, pueden combinarse y proveer corriente armónica sustancial en el neutro.

Las instalaciones eléctricas de todos los ambientes modernos contendrán cierto grado de armónicas y en la mayoría de los casos no significarán una amenaza seria. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, el contenido de armónicas pueden causar ciertos daños de operación tanto a la instalación eléctrica como al equipo conectado a la misma. Estas condiciones son:

- edificios con impedancias significativas a frecuencias armónicas,
- múltiples fuentes de compuestos armónicos,
- cargas no balanceadas en cada fase.

#### *Edificios con impedancias significativas*

Si la instalación eléctrica puede contener el nivel de armónicas de corriente (el circuito no está sobrecargado) entonces su presencia no afectará el comportamiento del equipo que esté conectado, a menos que la señal de onda de voltaje este afectada.

La condición primaria para el desarrollo de problemas debido a las armónicas de voltaje es que exista una significativa impedancia en la instalación eléctrica, gobernada por la Ley de Ohm. Si la señal de onda del voltaje se desvía (excesivamente) de su forma sinusoidal original, entonces el equipo sensible a estas variaciones comenzará a fallar. En particular:

- el comportamiento de las computadoras puede comenzar a ser errático,
- la vida del equipo electrónico se reducirá.

Las causas primarias de impedancia significativas en cualquier tipo de edificio construido en México son:

- los cables son muy largos o su calibre no es el adecuado,
  - el calibre del cable conductor es el mínimo indispensable,
  - no se cuenta con tableros de control en cada pieza,
- existe alta impedancia en las redes eléctricas de servicio



### **3.2 Naturaleza de las Armónicas.**

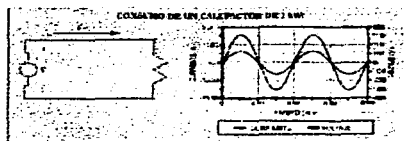
#### ***Consumos lineales.***

Para estudiar las características de los sistemas electrónicos es usual considerarlos como resultado de las interconexiones de diferentes bloques básicos:

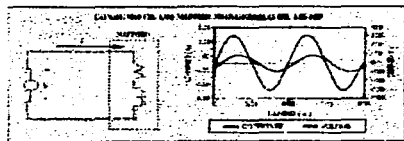
1. La fuente de alimentación, usualmente un voltaje sinusoidal.
2. El consumo, generalmente constituido por resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos.

Así, cuando el consumo es un calefactor eléctrico de 1000 W y el voltaje es de 200 V efectivos, el voltaje y la corriente tendrán la forma de la grafica 1. Si el consumo es un motor de 1/6 HP con un rendimiento de 80%, y el factor de potencia es de 0.85, entonces el voltaje y la corriente tendrán la forma de la grafica 2.

En resumen, si el voltaje es sinusoidal la corriente también lo es y, en general, existe un desfase entre ellos.



gráfica 1  
Consumo de un calefactor de 1 kW.



gráfica 2  
Consumo de un motor inductivo de 1/4 HP.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Consumos no lineales

La electrónica puso a disposición de los hogares y las empresas productivas diversos equipos capaces de controlar el producto final: iluminación variable, velocidad ajustable, etc. Así aproximadamente un 50% de la energía eléctrica pasa por un dispositivo de electrónica de potencia antes que ésta sea finalmente aprovechada.

La electrónica de potencia emplea diodos, transistores y tiristores, y prácticamente todos ellos trabajan en el modo de interrupción (<<switching>>). Esto significa que trabajan esencialmente en 2 estados:

#### Estado de conducción.

Corresponde a un interruptor cerrado. La corriente por el dispositivo puede alcanzar valores elevados, pero el voltaje es nulo, y por lo tanto, la disipación de potencia en él es muy pequeña.

#### Estado de bloqueo.

Corresponde a un interruptor abierto. La corriente por el dispositivo es muy pequeña y el voltaje es elevado; así, la disipación de potencia en el dispositivo también es pequeña en este estado.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

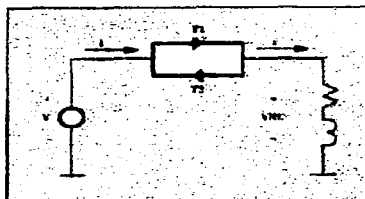


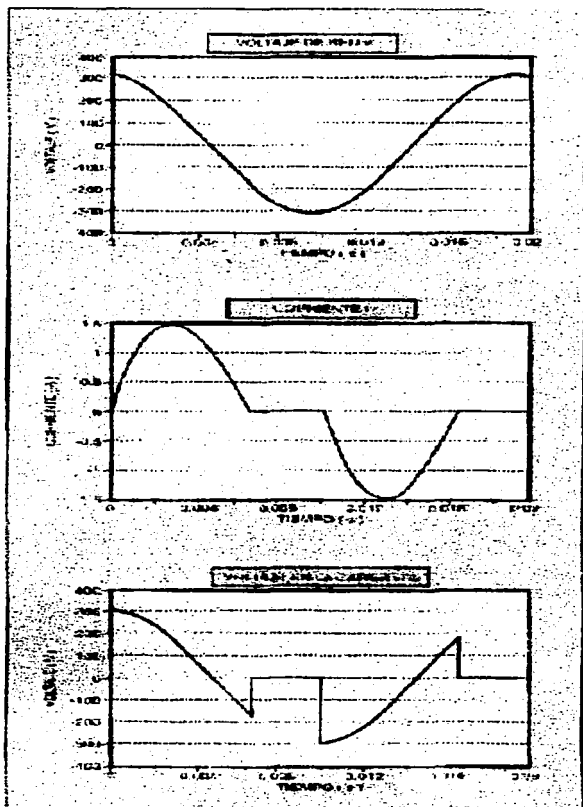
fig. 3

Todos los semiconductores de potencia pasan rápidamente de un estado a otro, mediante circuitos que consumen usualmente menos 5 W se realiza el control de estos dispositivos.

La Figura 3 muestra un dispositivo para controlar la corriente en un consumo lineal constituido por una inducción y una resistencia. El voltaje se interrumpe por los semiconductores y deja de ser sinusoidal; la corriente es nula en determinados intervalos de tiempo.

El usuario puede controlar los instantes de conducción y por lo tanto variar el voltaje y la corriente.

Al resultar corrientes no sinusoidales se habla de distorsión armónica y de consumos no-lineales.



TECNOLOGIA  
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 4

### 3.2.1 DESCOMPOSICIÓN DE UNA SEÑAL DE VOLTAJE O CORRIENTE EN COMPONENTES ARMÓNICAS

*Planteamiento general.*

La corriente o el voltaje no sinusoidal se puede expresar mediante diversas componentes, llamadas armónicas:

$$v(t) = V_{m1} \cos(\omega t + \phi_{v1}) + V_{m2} \cos(2\omega t + \phi_{v2}) + V_{m3} \cos(3\omega t + \phi_{v3}) + \dots + V_{mn} \cos(n\omega t + \phi_{vn})$$

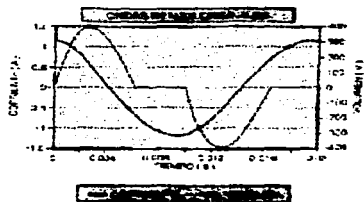
$$i(t) = I_{m1} \cos(\omega t + \phi_{i1}) + I_{m2} \cos(2\omega t + \phi_{i2}) + I_{m3} \cos(3\omega t + \phi_{i3}) + \dots + I_{mn} \cos(n\omega t + \phi_{in})$$

Cada armónica tiene su fase y su amplitud; en general, las armónicas de orden par son nulas debido a que los dispositivos actúan en forma simétrica y periódica.

Las armónicas de orden elevado son pequeñas, fundamentalmente debido a que las variaciones son suavizadas por la presencia de inducción en el sistema. Por el contrario, la presencia de armónicas pares es síntoma de que el control de los semiconductores está desajustado y la presencia de armónicas elevadas puede ser indicio de variaciones bruscas de voltaje o corriente que pueden conducir a un deterioro del equipo bajo control o radiointerferencia en equipos de radio y televisión.

La Figura 5 muestra gráficamente la factibilidad de constituir una onda a partir de sus armónicas. En este caso, sólo con la fundamental y las armónicas tres y cinco el resultado es ya bastante adecuado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**TÍTULO CON  
FALLA DE ORIGEN**

fig. 5<sup>a</sup>

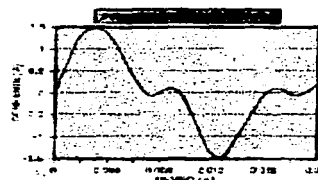
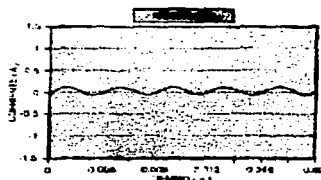
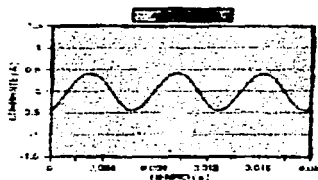
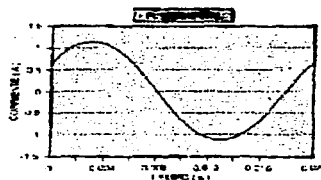


fig. 5

Análisis armónico de la corriente armónica de un controlador de luz incandescente.

Un sistema para regular la iluminación emitida por una ampolla de luz incandescente. A plena luz, los semiconductores conducen todo el tiempo, y el voltaje y corriente resultan sinusoidales. Para disminuir la iluminación se hace conducir los semiconductores durante un tiempo menor, disminuyendo la potencia en la lámpara. En estas circunstancias, la corriente por la lámpara y por el sistema crece en armónicas. La Figura 6 muestra la variación de la armónica tres al variar la potencia de la lámpara; se observa que entre un 15% y un 75% de luminosidad, la corriente de armónica tres inyectada fluctúa entre 0.18 y 0.20 A máximos, es decir, aproximadamente un 30% de la corriente nominal de la lámpara.

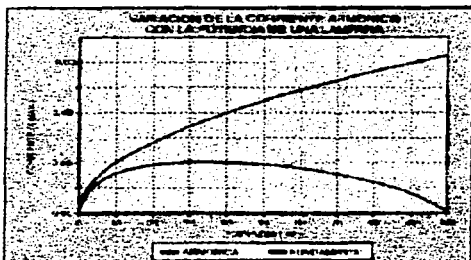


fig. 6

Variación de la corriente armónica con la potencia de una lámpara

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.2.2 ARMÓNICAS EN SISTEMAS TRIFÁSICOS

Descripción de un sistema trifásico.

Un sistema trifásico está constituido por tres voltajes de igual amplitud, pero desfasados en 120°:

$$i_{A1} = I_m \cos(\omega t - \phi_1)$$

$$i_{A3} = I_m \cos(3\omega t - \phi_3 - 120^\circ)$$

$$i_{A5} = I_m \cos(5\omega t - \phi_5 - 120^\circ)$$

Si suponemos que, conectado a la fase A se tiene un consumo no-lineal:

$$i_A = I_m \cos(\omega t - \phi_1) + I_{m3} \cos(3\omega t - \phi_3 - 120^\circ) + I_{m5} \cos(5\omega t - \phi_5 - 120^\circ)$$

Si en la fase B se tiene conectado un consumo idéntico, la corriente será idéntica pero desplazada en  $120^\circ$ . Analíticamente, entonces la armónica tres se desplaza en 3 veces  $120^\circ$  ( o sea  $360^\circ$ ) mientras la fundamental solo en  $120^\circ$ . Análogamente, la armónica cinco se desplaza en 5 veces  $120^\circ$  y así sucesivamente.

$$i_B = I_m \cos(\omega t - \phi_1 - 120^\circ) + I_{m3} \cos(3\omega t - \phi_3 - 360^\circ) + I_{m5} \cos(5\omega t - \phi_5 - 600^\circ)$$

Las corrientes por el conductor de neutro son:

$$i_N = i_A + i_B$$

El resultado, gráficamente, se muestra en la Figura 8 que se observa que prácticamente la corriente de neutro es de armónica tres.

Al sumar las corrientes desplazadas en 120 grados el resultado es nulo; las que quedan desplazadas en  $360^\circ$  no se anulan sino que se suman de este modo:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Bajo la hipótesis de un sistema con idéntico consumo no-lineal en las tres fases, circula una corriente por el neutro igual a 3 veces la corriente de armónica tres que circula por una fase. Esto significa que si un consumo está constituido sólo por computadoras y televisores, la corriente por el neutro será superior a la corriente de fase y éste deberá dimensionarse tomando en consideración lo anterior.

**Los problemas de calidad de energía poseen diferentes orígenes, es así que se pueden generar a partir de:**

- **El medio ambiente o factores externos:**

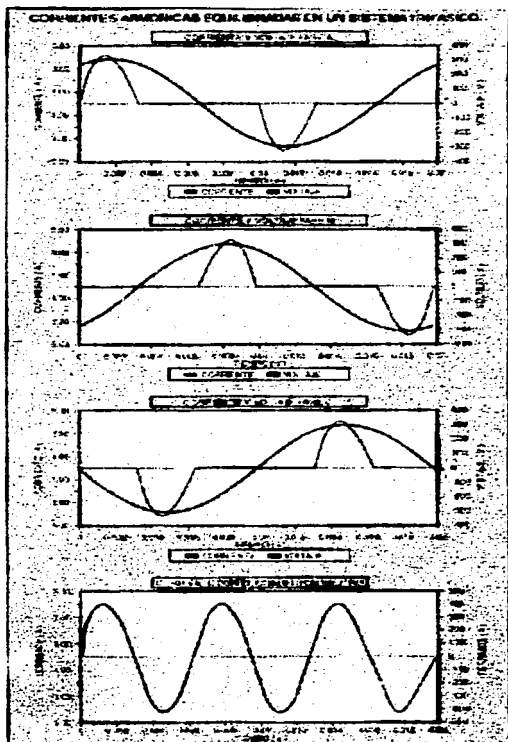
Está relacionado con los fenómenos atmosféricos a los que está expuesta cualquier red eléctrica. (descargas eléctricas asociadas con la probabilidad de incidencia de rayos según el número de días lluviosos).

- **El sistema eléctrico:**

Cuando los problemas o perturbaciones se originan en el mismo sistema eléctrico, se pueden clasificar como de falla natural de equipos de la red de potencia ( transformadores, cables, aislantes, seccionadores, interruptores de potencia, etc); perturbaciones por maniobras de equipos o la propagación de armónicos en fenómenos de resonancias y de transmisión de impulsos en la red de suministro.

- **Usuarios**

Las perturbaciones producidas por los usuarios conectados al sistema eléctrico, son problemas asociados con polución de armónicos, asimetría de cargas, parpadeos y en general consecuencias propias de las cargas conectadas a la red.



**TRABAJO CON  
 FOLIOS DE ORIGEN**

figura 8

En general los problemas de calidad de energía en los sistemas eléctricos están asociados con fenómenos tales como:

- Descargas eléctricas atmosféricas: rayos.
- Actividades de maniobra en alta, media y baja tensión.
- Cortocircuitos.
- Sobretensiones y subtensiones.
- Switcheo de bancos de condensadores.
- Armónicos.
- Efectos de resonancia y ferresonancia.
- Variaciones abruptas de carga.
- Interferencia electromagnética (ruido de modo normal y modo común).
- Interferencia por radiofrecuencia.
- Variaciones de frecuencia.
- Tensiones desequilibradas.
- Flicker.
- Interrupciones de corta dirección.
- Interrupciones de larga dirección.
- No coordinación de protecciones.
- Sistemas de puesta a tierra deficientes.
- Asimetría de cargas.

Usualmente el flujo eléctrico de los diversos sectores en las redes eléctricas se ve afectado por estos efectos contaminantes o deterioradores de la calidad de la energía, pero vale la pena destacar que las cargas poseen mayores o menores rangos de tolerancia con cierto tipo de fenómenos, para lo cual es preciso que las cargas sean clasificadas realmente de acuerdo con la funcionalidad.

### **3.3 FUENTES EMISORAS DE ARMONICAS EN OFICINAS Y OTROS EDIFICIOS COMERCIALES.**

La norma IEEE 519-1992 , relativa a " practicas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia" agrupa a las fuentes emisoras de corrientes armónicas en tres categorías diferentes:

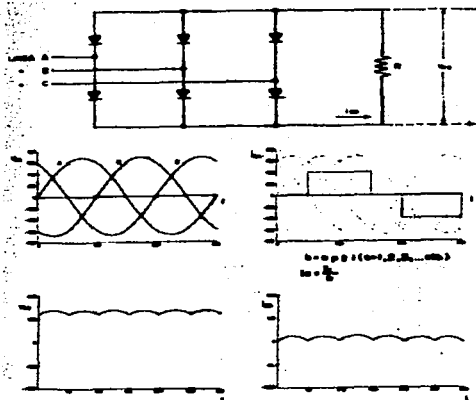
- A. Dispositivos electrónicos de potencia (convertidores, rectificadores, etc.)
- B. Dispositivos productores de arcos eléctricos (hornos de arco, luz fluorescente, máquinas soldadoras, etc).
- C. Dispositivos ferromagnéticos (transformadores, etc)
- D. Motores eléctricos que mueven cargas de par torsor bruscamente variable (molinos de laminación, trituradores, etc).

En el siguiente listado, se presentan en forma más específica. Las fuentes emisoras de corrientes armónicas encontradas típicamente en plantas industriales:

- Motores de corriente directa.
- Convertidores de frecuencia (variadores).
- Trafrectificadores (en procesos químicos).
- Reactores controlados por Tiristores (compensadores estáticos).
- Interruptores gobernados por tiristores.
- Hornos de arco.
- Equipos de soldadura.
- Transformadores sobreexcitados.
- Molinos de laminación.
- Molinos trituradores.
- En general, cargas no lineales.

#### ***Motores de corriente directa.***

En la siguientes graficas (fig.8), muestra el arreglo de un rectificador de seis pulsos, típico en las aplicaciones de motores de corriente directa y la onda cuadrada de corriente que el rectificador produce en cada una de las fases de corriente alterna con la que se alimenta el motor. La influencia de los coeficientes de la serie de Fourier que tienen las simetrías de la forma de onda analizada, podemos prever que esta corriente ideal, cortada por el rectificador en forma cuadrada solo contendrá armónicas impares y no puede contener armónicas tercera o múltiplos de tres.



TERCERA CON  
 FALLA DE ORIGEN

fig. 8  
 fuentes emisoras de corrientes armónicas  
 corriente ideal producida por un rectificador de 6 pulsos

En la figura 8, muestra la secuencia de corrientes armónicas emitidas por motores de corriente directa y en general, convertidores estáticos y rectificadores, dependiendo del número de pulsos "p" con que opere el rectificador y suponiendo que el dispositivo electrónico que controla los cortes de onda de tensión funciona correctamente la expresión:

$$h = np \pm 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots \text{etc})$$

da los diferentes órdenes de armónica h emitidas.

La expresión :

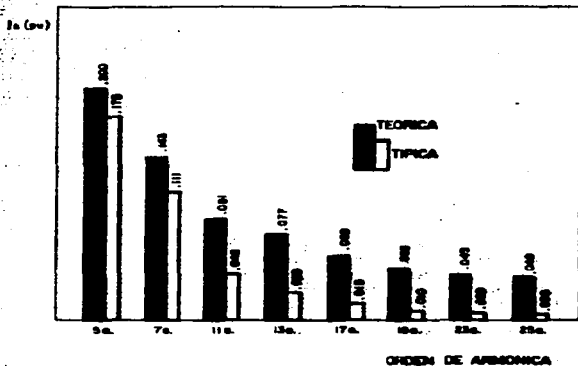
$$I_h = I_M / h$$

Da la corriente  $I_h$ , emitida de cada armónica, en función de la corriente nominal del motor  $I_M$ , a frecuencia fundamental.

Es importante, notar para el análisis del flujo y distribución de estas corrientes a través del sistema eléctrico en que se están generando, que estas fuentes emisoras se comportan prácticamente como fuentes de corriente ideales, es decir que la corriente emitida para cada armónica es la misma, independientemente de la impedancia que muestre la red en el punto donde está conectada la fuente emisora.

Para comprender el origen de la gran cantidad de energía que fluye por el sistema eléctrico, transportada por estas corrientes armónicas, es importante notar que se trata de corrientes reactivas, del mismo tipo que la corriente que ocasiona el bajo factor de potencia a frecuencia fundamental, y que al estar defasada 90 grados frente a la fuerza electromotriz (tensión) que las produce, transportan una energía que fluye de la fuente de la red eléctrica y viceversa, que no se consume más que por las pérdidas en calor generadas por el efecto Joule y efectos de Histéresis y de corrientes parásitas.

En la siguiente gráfica (fig.9) , muestra en forma de diagrama de barras, espectro de corrientes armónicas emitidas por un motor de corriente directa, operando con un rectificador de 6 pulsos.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

fig. 9

***Convertidores de frecuencia (variadores)***

Producen espectros similares en la onda de corriente a los producidos por los rectificadores que alimentan a motores de corriente directa, aunque la distorsión armónica total producida por variadores suele ser en la práctica de mayor intensidad que la producida por rectificadores de motores de corriente directa.

***Trafrectificadores (en procesos químicos).***

Producen la distorsión armónica típica de los rectificadores de seis o doce pulsos.

***Reactores controlados por tiristores (compensadores estáticos).***

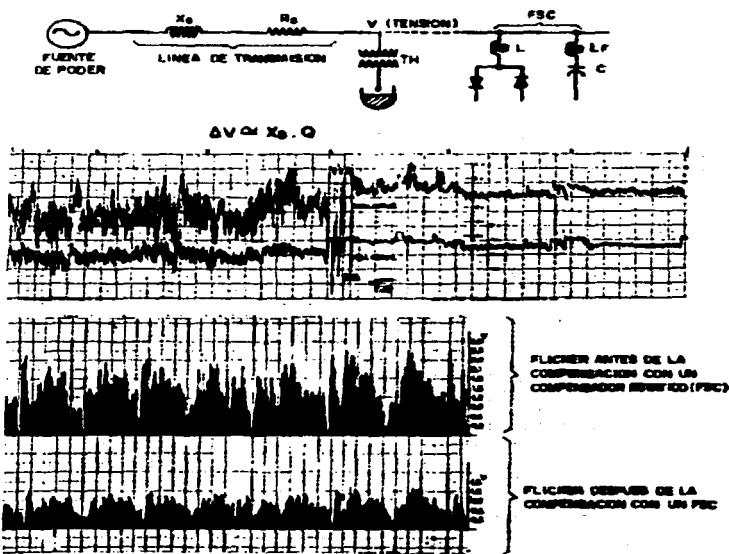
Producen la distorsión armónica típica de los rectificadores de seis pulsos.





En las graficas siguientes muestran las variaciones de tensión típicas (flicker) ocasionadas en la red por este tipo de cargas, antes y después de conectar un medio correctivo, al compensador estático.

VARIACIONES DE TENSION (FLICKER) PROVOCADAS POR HORNOS DE ARCO PARA FUNDICION DE ACERO



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 11

No debe confundirse este fenómeno de "flicker" con el de emisión de corrientes armónicas, ya que ahora se trata de variaciones bruscas del nivel de tensión (amplitud) producidas en fracciones de segundo, sin necesidad de que esto, implique una deformación en sí de la onda sinusoidal de tensión.

***Equipos de soldadura.***

Producen fuertes distorsiones en la onda de corriente, con espectros variables según el modo de operación y la potencia de las máquinas soldadoras.

***Transformadores sobrecargados.***

Producen básicamente 3ª y 9ª armónicas en la onda de corriente.

***Molinos de laminación.***

Producen espectros armónicos de forma aleatoria en la onda de corriente.

***Molinos trituradores.***

Producen espectros armónicos de forma aleatoria en la onda de corriente.

***Cargas no lineales.***

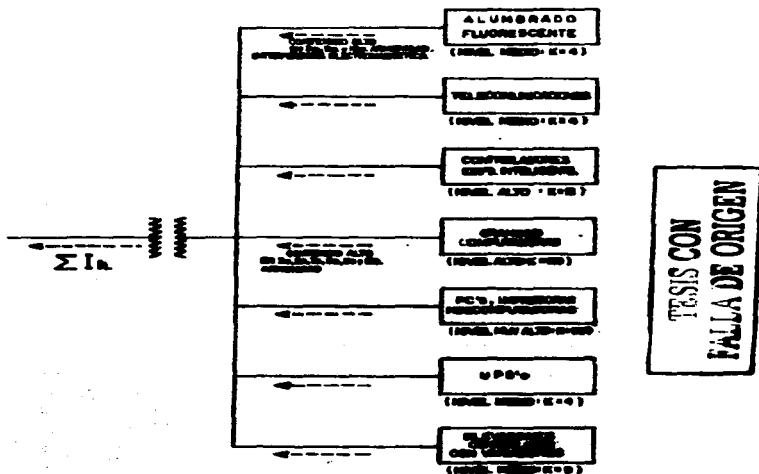
Cualquier carga no lineal produce ondas de corriente distorsionadas con contenido de componentes armónicas, al aplicarle una onda de tensión, aunque ésta sea de forma sinusoidal pura.

El alumbrado fluorescente moderno y los equipos electrónicos de telecomunicaciones, controladores de energía, equipos de seguridad, alarmas, computadoras, elevadores controlados con electrónica de estado sólido, etc., instalados cada vez en mayores proporciones en los edificios modernos, provocan altos niveles de distorsión armónica que ya es preciso tener en cuenta en la operación, mantenimiento y diseño de redes eléctricas alimentadoras instaladas en los mismos. El contenido de 3ª, 9ª, y 15ª armónica que se viene encontrando ya en este tipo de instalaciones suele alcanzar niveles tan elevados que exigen la aplicación de técnicas apropiadas para su manejo y control. Es de prever que la situación empeore en años

venideros, ya que se espera que el uso de este tipo de dispositivos electrónicos se quintuple en los cinco años siguientes.

En la siguiente figura (fig.12) muestra en forma de diagrama de bloques, un inventario de las fuentes emisoras de corrientes armónicas encontradas actualmente en oficinas y otros edificios comerciales, pudiéndose incluir también otros como hospitales, hoteles, etc.

**FUENTES EMISORAS DE CORRIENTES ARMÓNICAS  
EN OFICINAS Y OTROS EDIFICIOS COMERCIALES**



<u>Factor K</u>	<u>Nivel de distorsión</u>	<u>Factor K</u>	<u>Nivel de distorsión</u>
1	0	13	58
4	26	20	81
9	45	30	124

fig.12

***Alumbrado fluorescente.***

Produce niveles de distorsión armónica de hasta 26 % en la onda de la corriente.

La norma ANSI 62.41 recomienda valores máximos de 32 %.

Los diseños eléctricos actuales presentan una gama muy variada de distorsión armónica y la onda de corriente, oscila entre 5% y 30 %, según el diseño.

En todos los casos, el espectro de estas ondas muestra un alto contenido de 3 a, 9 a y 15 a armónicas.

Además, estos equipos pueden producir un alto grado de emisión magnética, tanto más importante cuanto más alta es su frecuencia de operación (las balastras electrónicas operan entre 20 y 40 khz). Esto puede producir interferencias en equipos electrónicos lectores de barras, detectores de artículos en almacenes comerciales y bibliotecas, relojes, PL's, etc.

***Equipos de telecomunicaciones.***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de la corriente.

***Controladores para edificios inteligentes.***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 56% en la onda de corriente.

***Grandes computadores.***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 81 % en la onda de corriente.

### ***PC's, impresoras, minicomputadoras, etc.***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 124 % en la onda de corriente, con alto contenido en 3 a, 5 a, 7 a, 9 a, 11 a y 15a armónicas.

### ***Fuentes de energía ininterrumpida (UPS)***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de la corriente.

### ***Elevadores accionados por el medio de control electrónico***

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 45 % en la onda de corriente.

### ***Distribución de las corrientes armónicas en las redes eléctricas.***

Cuando existen en una red eléctrica fuentes emisoras de corrientes armónicas de potencia significativa, se llegan a producir grandes flujos de este tipo de corrientes a través de la misma, que en primera instancia, ocasionan los mismos inconvenientes y perjuicios de las corrientes reactivas a frecuencia fundamental responsables del bajo factor de potencia. Adicionalmente, pueden producir otra serie de problemas graves.

El análisis de estos flujos de corrientes se efectúa aplicando las leyes de Kirchoff para cada componente armónica existente en la red y tomando en cuenta la variación de impedancia a diferentes frecuencias de los elementos componentes de la misma.

### ***Múltiples fuentes de compuestos armónicos***

Basandose en que el voltaje no se encuentra afectado, una fuente simple generadora de corriente armónica, como lo puede ser cualquier equipo electrónico, no

podrá causar mayores problemas ya que sus características armónicas están concentradas en una sola área de instalación, los problemas de sobrecarga de armónicas pueden ocurrir si:

- existe sobrecarga en una fase de los conductores,
- existe sobrecarga en el neutro.

La sobrecarga en el neutro se afecta considerablemente si una tercera condición de balance pobre de fases existe. El ambiente más común donde se presentan fuentes armónicas múltiples es en oficinas que cuentan con una PC y equipo periférico en cada uno de los escritorios. Cada uno genera corrientes armónicas que se combinarán al final de los circuitos.

### **3.4 Efectos provocados por las corrientes armónicas.**

Los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son cada día más significativos en los sistemas eléctricos. Dichos efectos dependen de la intensidad relativa de las fuentes emisoras y pueden resumirse, tal como se muestra a continuación:

- Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control.
- Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición.
- Interferencias en sistemas de telecomunicaciones y telemando.
- Sobre calentamiento de los equipos electrónicos (motores, transformadores, generadores, etc..) y el cableado de potencia, con la disminución consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.
- Fallo de capacitores de potencia.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.

**Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control.**

La siguiente gráfica muestra una de las causas por la que estos dispositivos pueden mostrar problemas serios de funcionamiento en presencia de corrientes armónicas. Se trata de múltiples cruces por cero que las corrientes armónicas pueden ocasionar, dentro de un mismo periodo, en las ondas de tensión y de corriente. Una onda sinusoidal perfecta sólo produce un cruce por cero dentro de cada periodo.



Existen muchos sistemas electrónicos de medición, de protección y de control en cuya operación es esencial la detección de los cruces por cero en la onda de tensión, o de corriente, o en ambas: medidores y registradores de parámetros eléctricos, controladores de potencia reactiva, relojes, controladores programables, redes de protección, etc.

Cuando se producen los múltiples cruces por cero típicos de las corrientes armónicas, estos equipos pueden presentar problemas de operación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los múltiples cruces por cero pueden afectar también por interferencia electromagnética a líneas de telecomunicaciones y sistemas carrier.

***Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición.***

Se presenta por las mismas causas que afectan a los dispositivos electrónicos de regulación, siendo los múltiples cruces por cero en las ondas de tensión y de corriente,

***Interferencias en sistemas de telecomunicaciones y teledando.***

Cuando las líneas eléctricas que transportan corrientes armónicas pasan cercanas a líneas telefónicas, de telecomunicaciones y teledando, pueden producir interferencia electromagnética en estos sistemas, que es preciso corregir por medio de rearrreglos en el tendido de las líneas, blindajes especiales y un diseño adecuado de las conexiones a tierra.

***Paras torsores de rotación inversa en los motores eléctricos.***

El flujo de corrientes armónicas de secuencia negativa: 5 a, 11 a, etc., producen pares torsores de rotación inversa en los motores de C. A., con el perjuicio en efectos en efectos dinámicos: Vibraciones, inestabilidades, etc., que esto puede acarrear. Sobre calentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc.) y del cableado de potencia, con la disminución consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.

Los transformadores de potencia estándar están diseñados para operar a tensión y frecuencia nominales. El flujo de corrientes armónicas provoca sobrecalentamientos por:

- Incremento de pérdidas por histéresis del núcleo.
- Incremento del flujo de corrientes de secuencia cero por los devanados en delta.
- Incremento de corrientes parásitas por los devanados.



Estos sobrecalentamientos provocan altas pérdidas de energía y fallos de transformadores.

Por cada 8° a 10° C de incremento de temperatura de operación, puede bajar a la mitad la vida media de un transformador.

La siguiente tabla presenta las pérdidas de eficiencia y por consiguiente, mayor consumo de energía, en cálculos efectuados con transformadores estándar sometidos a flujo de corrientes armónicas. Puede observarse en dicha tabla cómo baja la eficiencia del transformador, o lo que es lo mismo, suben las pérdidas de energía provocadas en el mismo, conforme aumenta la distorsión armónica de la onda de corriente que fluye a través del transformador.

<b>DISTORSIÓN ARMÓNICA %</b>	<b>PÉRDIDAS R<sup>2</sup> (%)</b>	<b>PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO (%)</b>	<b>EFICIENCIA</b>
0	2.5	2.5	95.0
10	2.5	5.2	92.2
20	2.5	8.0	89.4
30	2.5	10.8	86.6
40	2.5	13.5	83.9
50	2.5	16.3	81.1
60	2.5	19.1	78.3
70	2.5	21.9	75.5
80	2.5	24.6	72.8
90	2.5	27.4	70.0
100	2.5	30.2	67.2

Tabla 1

Las corrientes armónicas que fluyen por los cables conductores de energía eléctrica, incrementan las pérdidas de energía en los mismos por tres conceptos:

- Pérdidas ohmicas:  $R I^2 = R ( I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots )$  .La corriente eficaz aumenta

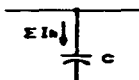
al existir componentes armónicas y esto incrementa las pérdidas ohmicas. En la práctica, este efecto es menos significativo para las altas frecuencias, que tienden a disminuir de amplitud cuanto mayor es el orden de las mismas.

- **Pérdidas por efecto peculiar:** El flujo de altas frecuencias obliga a las corrientes correspondientes a fluir concentrándose cercanas a la superficie externa de los conductores. Esto ocasiona mayores pérdidas ohmicas por el incremento en la densidad de corriente. Este efecto puede ser significativo en la práctica.
- **Pérdidas por efecto de proximidad entre los cables:** Son debidas a corrientes parásitas inducidas entre cables instalados próximos entre sí. Son tanto más importantes cuanto más altas son las frecuencias involucradas.

#### ***Sobrecorrientes en los capacitores de potencia.***

Los capacitores de potencia conectados a una red conteniendo corrientes armónicas tienden a tomar sobrecorrientes significativas, debido a la baja impedancia que muestra un capacitor al ser alimentado con ondas de tensión de alta frecuencia. Los siguientes esquemas muestra la corriente efectiva  $I$  que toma un capacitor de corriente nominal  $I_N$ , al ser alimentado con una onda de tensión que contiene armónicas de orden  $h$ , con amplitudes relativas  $e_h$ , expresadas en tanto por ciento respecto a la onda fundamental.

**INFLUENCIA SOBRE LOS CAPACITORES DE POTENCIA  
(SOBRECORRIENTES)**

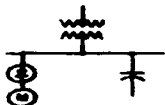


$$X_{Ch} = \frac{1}{2\pi \cdot h \cdot f \cdot C}$$

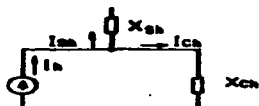
$$I = 0.01 \ln \sqrt{100^2 + 9 \cdot e_2^2 + 25 \cdot e_3^2 + \dots}$$

**INFLUENCIA DE LOS CAPACITORES (RESONANCIAS)**

DIAGRAMA UNIFILAR



CIRCUITO EQUIVALENTE



$$X_{sh} = h \cdot X_{e1}$$

$$X_{ch} = \frac{X_{e1}}{h}$$

$$h = \sqrt{\frac{X_{e1}}{X_{e1}}}$$

$$I_{ch} = \frac{I_n}{1 - \frac{X_{e1}}{h^2 \cdot X_{e1}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{KVA_{e1}}{Q}}$$

**TRABAJE CON FALLA DE ORIGEN**

**Efectos de resonancia en presencia de capacitores de potencia que amplifican los problemas eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.**

Las graficas anteriores, muestran también el mecanismo de un fenómeno muy importante (y nocivo, para la red eléctrica y los equipos operando en la misma) que pueden originarse al operar capacitores de potencia en presencia de armónicas: se trata de resonancia locales.

La reactancia capacitiva  $X_{Ch}$  que el capacitor presenta para la frecuencia

correspondiente a una cierta armónica  $h$ , sintoniza siempre con la reactancia inductiva del sistema  $X_{Lh}$  una frecuencia natural de resonancia  $h_0$ .

Cuando la fuente emisora, energizada en paralelo con los capacitores, ante alguna frecuencia armónica próxima a  $h_0$ , tienden a infinito tanto la corriente  $I_{Lh}$  que toman los capacitores como la  $I_{Lh}$  que fluye hacia al sistema. Esto constituye una resonancia local.

En la práctica, las corrientes y, como consecuencia, las elevaciones de tensión provocadas por las mismas en los equipos, no pueden llegar a hacerse infinitas, pero si pueden experimentar incrementos de valor muy importantes que agraven significativamente los efectos nocivos que pueden acarrear las corrientes armónicas, que fueron descritos anteriormente.

Las computadoras o los ITE se puede dañar por disturbios eléctricos de tres formas distintas. Estas se pueden calificar como "Destrucción, Degradación y Disrupción". La destrucción es la forma más visible de falla, porque normalmente está acompañada de componentes quemados o carbonizados y una falla catastrófica e inmediata del sistema. Los disturbios eléctricos de menor magnitud no causan este tipo de falla inmediata. En su lugar, ellos degradan los componentes del sistema, debilitándolos un poco más cada vez, de la misma manera que el óxido ataca el metal.

Generalmente el daño no es visible hasta que el componente falla y entonces, es demasiado tarde. Los disturbios eléctricos de menor magnitud son aquellos que interfieren con la capacidad de la computadora para tomar decisiones lógicas. Estos disturbios están asociados con el ruido de modo normal y el voltaje de modo común (medidos entre tierra y neutro).

Estos disturbios disruptivos son responsables de la mayoría de las fallas inexplicables que ocurren de tiempo en tiempo. Estos tipos de disturbios causan interrupciones del sistema, archivos perdidos, errores de comunicación, llamadas de servicio en las que "no encuentra ningún problema", datos de prueba imprecisos y en general, un bajo rendimiento del sistema.

### ***Sobrecarga en alguna de las fases***

La mayoría de los equipos que toman lecturas promedio del nivel de corriente (amperímetros, voltímetro, etc.) están calibrados a una forma de onda sinusoidal, lo cual impide que detecten el valor real de la armónica cuyo valor, en muchas ocasiones, puede ser superior en un 50%. Debido a esto, en ambientes ricos en armónicas las conexiones eléctricas tienden a trabajar más con pérdidas, ocasionando que determinadas salidas trabajen con sobrecalentamiento, existiendo a su vez la posibilidad de falla o incendio.

### ***Sobrecarga en el neutro.***

En condiciones óptimas, si la carga en cada una de las tres fases está balanceada, el retorno de las corrientes de cada fase se cancelará, permitiendo que el conductor neutral lleve corriente cero. Sin embargo, si por alguna de las tres fases fluye corriente de armónicas, ésta no permitirá que se cancelen ocasionando que por el conductor neutral fluya corriente, aún sin los valores de corriente regulada en cada fase son iguales. Existe entonces la posibilidad de que las corrientes de retorno se combinen de alguna forma que ocasionen que la corriente en el neutro sea mayor que alguna de las fases, ocasionando riesgos de sobrecarga y fallas en este último.

### ***Cargas no balanceadas en cada fase***

En condiciones ideales, la instalación eléctrica estará diseñada para asegurar una distribución de cargas iguales en cada fase del suministro. Si esto no ocurre existirá la posibilidad de requerir aumentar la carga del suministro con el consecuente incremento en el costo; los conductores de mayor carga trabajarán "calientes" por lo que serán ineficientes y en peligro de sobrecarga y falla y, por lo tanto, el conductor neutral también podrá trabajar caliente

## ***Causas y efectos de los disturbios de Energía***

### **1. CAIDAS DE VOLTAJE:**

Disminuciones en los niveles por periodos cortos de tiempo

- Causas: Demandas excesivas de energía por sobrecarga del sistema eléctrico.
- Efectos: Alteración en los computadores y apagado.

### **2. CORTES DE ENERGIA:**

Interrupción total de la energía.

- Causas: Accidentes, mantenimiento, fenómenos naturales.
- Efectos: Pérdida de información y daños en hardware.

### **3. PICOS DE VOLTAJE:**

Impulsos instantáneos y drásticos de voltaje ( más de 2000 V )

- Causas: Tormentas eléctricas, cortocircuitos.
- Efectos: Daños irreparables en circuitos y sistemas de red.

### **4. TRANSIENTES:**

Incrementos de voltaje en niveles bajos pero sostenidos. (150 a 300 V)

- Causas: Regreso de la energía encendido y apagado de cargas grandes. (p.ej: ascensores)
- Efectos: Deterioro paulatino de los equipos, sobrecalentamiento.

### **5. RUIDOS :**

Interferencias electromagnéticas (EMI) o de radiofrecuencia (RFI)

- Causas: Sistemas de iluminación y máquinas industriales.
- Efectos: Interferencia en comunicaciones de red y errores en archivos

# **CAPITULO IV**

**APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN CENTROS DE COMPUTO Y EDIFICIOS  
INTELIGENTES.**

## 4. APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN CENTROS DE COMPUTO Y EDIFICIOS INTELIGENTES.

**TESTS CON FALLA DE ORIGEN**

Si bien existen diversos equipos cuyo consumo es no-lineal, televisores y computadoras son de empleo masivo y por tanto, las armónicas que inyectan han sido motivo continuo de análisis y normalización. La razón por la cual su consumo es no-sinusoidal se relaciona con el empleo de un circuito de rectificadores o fuente de poder de alimentación. La Figura 4.1 muestra un diagrama básico de circuito y la forma de onda de la corriente. Básicamente, el circuito con diodos conduce sólo en los instantes en que el voltaje se acerca al valor máximo; en ese instante se recarga el condensador que mantiene constante (simulando una batería de voltaje constante), el voltaje en bornes del rectificador.

Quando el voltaje sinusoidal es inferior al voltaje del condensador los diodos dejan de conducir. El resultado es que prácticamente todas las computadoras y televisores tienen un consumo de corriente pulsante, como el mostrado en la Figura 4.1, los pulsos de corriente coinciden con el valor máximo del voltaje, lo que acentúa el problema de distorsión debido a la simultaneidad de este pulso de corriente en todos los televisores y computadoras.

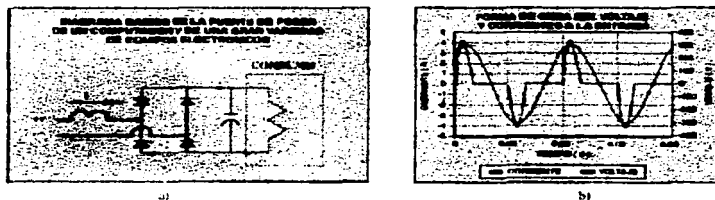


Figura 4.1

- a) diagrama básico del poder una computadora y de una gran variedad de equipos electrónicos. b) forma de onda del voltaje y corriente a la entrada

Cada sistema de computadora está compuesto de microcircuitos muy pequeños que operan a voltajes muy bajos. Estos circuitos efectúan las conmutaciones



comparando los pequeños cambios que ocurren en estos voltajes de operación. Los problemas en el suministro de energía eléctrica interfieren con estas comparaciones de voltaje.

Es común observar en grandes edificios, que se deja un tablero de uso exclusivo para conectar computadoras y equipos electrónicos. Si este tablero es trifásico, se tendrá en las tres fases un consumo similar al mostrado en la figura 8, el cual se encuentra detallado en la siguiente tabla y por el neutro circularán a las armónicas impares múltiplos de 3 (3, 9, 15, 21).

<b>LIMITES APLICADOS A UN PC DE 200 W</b>		
<b>ARMONICA</b>	<b>LIMITE</b>	<b>ONDA FIG. 4.1</b>
<b>h</b>	<b>(A rms)</b>	<b>(A rms)</b>
1	—	1.201
3	0.908	0.977
5	0.508	0.620
7	0.266	0.264
9	0.133	0.068
11	0.094	0.114
13	0.079	0.089
15	0.069	0.029
17	0.061	0.042
19	0.054	0.044
21	0.049	0.019
23	0.045	0.020

Tabla 2

Por otro lado, la siguiente tabla muestra el resultado que se obtiene. Se ha agregado una columna con valores al cuadrado para facilitar la realización de la suma total necesaria para calcular el valor efectivo rms total. El resultado es que la corriente de neutro resulta igual a 1.73 veces la corriente de fase, situación que si no es prevista por el proyectista producirá problemas. Normalmente el conductor de neutro no tiene protección de sobrecarga.

La norma IEEE 555 – 2 establece las exigencias sobre armónicas que deben cumplir todos aquellos equipos que consumen menos de 16 A por fase en la red de 220 V. Entre ellos figuran las computadoras personales y los televisores.

La tabla siguiente muestra los límites que todo equipo de más de 50 W debe cumplir. Bajo esa potencia no existirá límite alguno. La norma establece los límites en base a valores eficaces (rms) de cada armónica. La relación entre valor eficaz y valor máximo es:

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

<b>CORRIENTE DE FASE Y CORRIENTE DE NEUTRO</b>					
<b>ARMÓNICA</b>	<b>CORRIENTE FASE A(i<sub>A</sub>)</b>		<b>CORRIENTE NEUTRO (i<sub>n</sub>)</b>		
	<b>H</b>	<b>(A rms)</b>	<b>(A rms<sup>2</sup>)</b>	<b>(A rms)</b>	<b>(A rms<sup>2</sup>)</b>
	1	1.201	1.442	0.000	0.000
	3	0.977	0.955	2.931	8.591
	5	0.620	0.384	0.000	0.000
	7	0.264	0.070	0.000	0.000
	9	0.068	0.005	0.204	0.042
	11	0.114	0.013	0.000	0.000
	13	0.089	0.008	0.000	0.000
	15	0.029	0.001	0.087	0.008
	17	0.042	0.002	0.000	0.000
	19	0.044	0.002	0.000	0.000
	21	0.019	0.000	0.057	0.003
	23	0.020	0.000	0.000	0.000
<b>TOTAL</b>		1.698	2.882	2.940	8.643
		(A rms)	(A rms <sup>2</sup> )	(A rms)	(A rms <sup>2</sup> )
		100%	—	173 %	

Tabla 3

El valor efectivo total es la suma al cuadrado del valor rms de cada armónica:

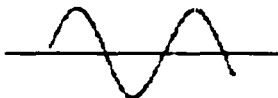
LIMITE DE LA NORMA IEEE 555-2		
ARMONICA	LIMITE	LIMITE
h	m A/W	A
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
13 Y más	3.85/ n	0.15 – 15 /n

Tabla 4

Los límites de la tabla anterior se aplican, a modo de ejemplo, al consumo de una computadora personal que posee una fuente de 200 W. La fuente tiene una eficiencia del 75 % de modo que absorbe de la red 267 W. La tabla 2 señala los límites derivados del standard. En este caso, como en todo equipo menor que 670 W, el límite está impuesto por el valor en m A/W descrito en la Norma.

Así, usualmente, las computadoras distorsionan la red con una corriente armónica que es levemente superior a la admitida por la norma.

Requisitos indispensables para el buen funcionamiento de equipos de computo y de oficina según CBEMA (Computer & Business Equipment Manufacturer's Association)



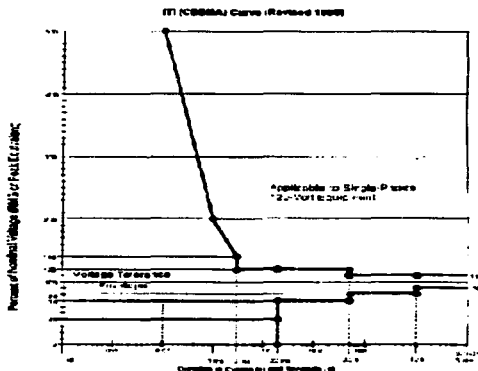
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- Onda Sinusoidal libre de distorsión (Mínimo THD)
- Voltaje estabilizado en 120 V RMS

- Valor pico 120V x 1.414 = 170 V
- Frecuencia estable en 60 Hz
- Disponibilidad continua sin interrupciones.

Libre de ruidos e interferencias.

La curva CBEMA describe que variaciones de voltaje pueden ser típicamente tolerados sin interrupción de funcionamiento por equipos de tecnología informática (IT).



Curva CBEMA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Edificios Inteligentes.**

El concepto de calidad de energía o Power Quality como lo denominan los posmodernistas de la ingeniería comercial, tiene un efecto significativo e inherente en la productividad de la empresas posicionadas en los mal llamados edificios inteligentes; es así que desde 1990 hasta nuestros días los problemas de Power Quality están directamente relacionados con las caídas de los sistemas de información, la pérdida de

disponibilidad en los enlaces de telecomunicaciones en banda base y banda ancha y las interrupciones o perturbaciones presentadas en los centros de comunicaciones o centro de control, los cuales son vitales para sostener las infraestructuras de telecomunicaciones de las empresas mencionadas.

Realmente la razón fundamental para los incrementos tan dramáticos de las necesidades de energía limpia y libre de perturbaciones, radica en la tecnología de punta: En el pasado los computadores de chips operaban con una lógica de baja velocidad y niveles de tensión del orden de los 5 voltios, mientras que hoy día con el advenimiento de tecnologías de alta velocidad en la transmisión y procesamiento de datos, los equipos operan a muy bajos niveles de tensión y por ende la microelectrónica de estado sólido es día por día más sensible a las variaciones de voltaje o a los transitorios que aparecen en las líneas de alimentación. En otras palabras el incremento acelerado en la tecnología de ordenadores en los sistemas de información es inherente a la vulnerabilidad a la infraestructura de potencia, es decir que a mayor densidad de semiconductores mayor sensibilidad.

Usualmente el flujo eléctrico de los diversos sectores en las redes eléctricas se ve afectado por estos efectos contaminantes o deterioradores de la calidad de la energía, pero vale la pena destacar que las cargas poseen mayores o menores rangos de tolerancia con cierto tipo de fenómenos, para lo cual es preciso que las cargas sean clasificadas realmente de acuerdo con la funcionalidad.

De esta manera en los edificios inteligentes, las cargas se suelen clasificar, discerniendo a que grupo de la red eléctrica se conectan:

**Red eléctrica regulada:** Este tipo de redes consisten en sistemas eléctricos exclusivos para equipos sensibles tales como computadores, servidores, equipos de comunicaciones y en general dispositivos electrónicos de estado sólido diferentes a impresoras y fotocopiadoras. En este tipo de redes se implementan tomacorrientes eléctricas con tierra aislada del chasis y grado hospitalario, tal cual lo recomienda la NEC. En este tipo de redes suelen implementarse sistemas ininterrumpidos de potencia, con el fin de garantizar

ciertos niveles de calidad de energía.

Considerando que los edificios inteligentes, los cuales pueden ser operativos, comerciales, de oficinas, centros de control, etc; requieren altos grados de disponibilidad se hace necesario que las UPS's ( Uninterruptible Power Supply) posean ciertas características que aglutinen las ventajas de otros dispositivos usados para soluciones puntuales tales como: supresores de transientes, filtros EMI (Electromagnetic Interference) y RFI (Radio frequency interference), transformadores de aislamiento, filtro THD (Total Harmonic Distortion), correctores de factor de potencia, etc.

En términos generales los sistemas ininterrumpidos de potencia son utilizados para suministrar continuamente una tensión AC de baja distorsión, asociada con energía eléctrica confiable y libre de contaminantes o degradaciones que puedan causar algún tipo de afección a los equipos que se busca proteger.

Realmente cuando se requiere suministrar una verdadera energía confiable a los equipos, dentro del entorno de un tablero general de distribución regulada es preciso que los sistemas ininterrumpidos de potencia posean las siguientes características mínimas de conformidad, a saber: tecnología true on line doble conversión, aislamiento total galvánico, factor de potencia superior a 0.94 en la entrada, desviación estándar de voltaje de mínimo el 15% por exceso y por defecto en la entrada y como máximo del 3% en la salida, THD de voltaje menor al 3% y THD de corriente inferior al 20% y en general una serie de especificaciones técnicas que son establecidas por los organismos competentes y aplicables y que además son los únicos reconocidos para garantizar el cumplimiento de una norma o estándar, tales como: UL, IEC, FCC, IEEE, EN.

Red eléctrica regulada complementaria: Este tipo de redes consisten en sistemas eléctricos exclusivos para equipos sensibles que realmente no requieren más que un nivel de tensión adecuado y alguna clase no muy exigente de inmunidad a transitorios y ruido. En este tipo de redes se implementan tomacorrientes eléctricas con tierra aislada del chasis y grado hospitalario, tal

cual lo recomienda NEC. Para este tipo de redes suelen implementarse reguladores de tensión, pero la denominación o característica de protección normalmente la determina el usuario según el grado de criticidad de la carga.

Red eléctrica para impresoras y fotocopiadoras: Este tipo de redes consisten en sistemas eléctricos exclusivos para equipos sensibles tales como impresoras láser, impresoras de matriz de punto, impresoras de burbuja y fotocopiadoras. En este tipo de redes se implementan tomacorrientes eléctricas con tierra aislada del chasis y grado hospitalario, tal cual lo recomienda NEC. Se prefiere que este tipo de equipos sean conectados independientemente, ya que se caracterizan por suministrar un alto contenido de polución armónica a las redes y crear interferencia a los equipos con los que comparten circuito en los momentos de arranque.

Red eléctrica normal: Este tipo de redes están asociadas con los equipos complementarios en una estación de trabajo tales como: calculadora, cargador de radio, cargador de celular, tajalápiz eléctrico, lámpara de escritorio y en general para conectar una serie de equipos que no intervienen directa y críticamente en la productividad de una empresa. En esta tipología de redes no es necesario que se implementen tomacorrientes con polo a tierra aislado del chasis ni de grado hospitalario.

Red de servicios: Esta red corresponde al sistema eléctrico asociado con electrodomésticos o herramientas de uso general para reparaciones localivas, mantenimiento o aseo, tales como: brilladora, aspiradora, taladro, etc.

Iluminación. Como su nombre lo indica, está directamente relacionada con la red de servicios de los edificios, considerando los altos niveles de ruido y contaminación que se generan en el alumbrado fluorescente.

En las instalaciones eléctricas en general, se presentan una serie de disturbios, que realmente son relevantes en el funcionamiento de los equipos de oficina y que es preciso identificar:

#### **4.1 VARIACIONES DE TENSION**

Corresponden a las sobretensiones y subtensiones que se producen en las redes eléctricas con respecto al nivel de tensión requerido producidas por efectos de regulación-longitud, maniobra en los sistemas de protecciones, fallas a tierra, desbalance de fases, etc.

#### **4.2 TRANSIENTES**

Están relacionados con los fenómenos de sobretensiones y subtensiones con efectos de amortiguamiento, con valores pico equivalentes a 2 o más veces el valor RMS, producidos por sobretensiones externas, maniobra de interruptores de potencia, switcheo en correctores de factor de potencia, cargas de motores, compresores, etc.

En este tópico podemos resaltar los transientes asociados con fenómenos externos, tales como las descargas eléctricas propias de los fenómenos atmosféricos, en las cuales se alcanzan niveles de tensión del orden de los 6KV, asociados con corrientes de 3 KA, con pendientes de crecimiento representativas y tiempos de alcance del valor pico de la onda de 1.2 $\mu$ s con duraciones totales de 50 $\mu$ s.

En cuanto a los transientes ocasionados por fenómenos internos, estos se presentan con valores pico de 6KV, asociados con corrientes de 500 A, tiempos de crecimiento de 0.5 $\mu$ s y periodos de onda amortiguada de 100  $\mu$ s, inherentes a frecuencias del orden de los 100kHz.

#### **4.3 RUIDO ELECTROMAGNETICO**

Directamente relacionado con la interferencia electromagnética generada por el flujo de electrones, a través de conductores que alimentan de potencia otra serie de equipos o máquinas en la proximidad, que tengan gran alcance en la irradiación.

El ruido se clasifica como ruido de modo normal y de modo común, siendo el primero específicamente el manifestado entre los conductores de fase y neutro y que



acarrea estática en las pantallas de los computadores, interrupción en la transmisión de información y flicker en la iluminación, mientras que el segundo se caracteriza por señales aleatorias de alta frecuencia que se inducen en los conductores de neutro y tierra, con manifestaciones de baja amplitud, alta frecuencia y energía baja; y consecuencias de interrupción en la transmisión de información.

#### **4.4 ARMONICOS**

Están relacionados con la distorsión que se genera por los componentes de frecuencia de equipos (que se encuentran conectados en la proximidad o pueden propagar tales componentes sin importar la distancia, mientras haya algún medio de transmisión) alumbrado fluorescente, cargadores de baterías, saturación de transformadores, equipos de oficina, etc.

En general los armónicos pueden acarrear problemas tales como: reducción del factor de potencia, pérdida de sensibilidad en los interruptores termomagnéticos, mal funcionamiento de los equipos en las redes de información, sobrecarga en los conductores del neutro (alcanzando valores que oscilan alrededor del 173% del conductor de fase), pérdidas de potencia, etc.

El concepto de la calidad de energía debe entenderse como la posibilidad que tienen los edificios y los usuarios finales para mejorar su entorno eléctrico bajo el cumplimiento de los parámetros mínimos exigidos por las normas nacionales e internacionales aplicables, para lo cual no se requiere solamente de la adquisición de un equipo sino de una solución de ingeniería que lleve consigo actividades de asesoría y diseño tendientes a brindar satisfacción total, conservando la premisa básica de optimizar técnicamente los proyectos.

El concepto de calidad de energía parte desde el primer momento en que se concibe el diseño y se tienen en cuenta los argumentos técnicos de: selección de conductores (de acuerdo con capacidad de corriente, regulación, corriente de protección y corriente de cortocircuito), selección de protecciones, códigos de colores, porcentajes de llenado en infraestructuras, selección de tomacorrientes adecuados, selección de tableros, dimensionamiento de puestas a tierra y en general todos los

factores que deben intervenir en una red eléctrica para que desde el punto de vista de concepción y montaje no se presenten problemas de cortocircuito o sobrecarga por negligencia, desconocimiento o mala interpretación de las normas aplicables o simplemente la búsqueda incansable de una economía de insumos y mano de obra que va en detrimento de la calidad de energía por baja especificación.

En la medida que los problemas o perturbaciones se solventen, la relación costo / beneficio, empieza a ser un factor completamente interesante para la productividad y disponibilidad de los edificios y es por esta razón que no se deben limitar los aportes o mejoras a las instalaciones desde el punto de vista de la calidad de energía, considerando este requerimiento como factor primordial que los edificios de hoy día llamados inteligentes, requieren.

#### **4.5 NORMALIZACIÓN.**

Para especificar medidas correctivas adecuadas, que presenten una relación balanceada costo / beneficio, es preciso establecer criterios prácticos sobre los niveles de distorsión permisibles tanto en el sistema de potencia, como en los límites de distorsión armónica que pueden fluir en líneas de transmisión y distribución de una compañía eléctrica suministradora.

Resulta especialmente delicado establecer un criterio que normalice la relación usuario / compañía suministradora, ya que esta última tiene derecho a pedir al usuario que trate de no contaminar su sistema de transmisión y distribución, y el usuario también tiene derecho a pedir el suministro de una energía con menor contaminación posible.

Para lograr estos fines existe ya una normalización avanzada a nivel mundial, aunque aún en vías de evolución. Se pueden mencionar como ejemplo las normas: IEC 36.05 (EUROPA), DIN 57160 (ALEMANIA), G 5/3 (INGLATERRA), AS 2279 (AUSTRALIA).

IEEE 518 Y 519.

Esta norma ( IEEE 519) muestra las recomendaciones más recientes y se refiere

a los límites que la compañía suministradora debe imponer a sus usuarios. Como el usuario, propietario de fuentes generadoras de armónicas, se comporta como un generador de corriente, los límites impuestos al usuario deben referirse a distorsiones máximas permisibles en la onda de corriente.

**Recomendaciones de IEEE (norma IEE-518 y 519) sobre niveles permisibles de corrientes armónicas en sistemas eléctricos de potencia**

Tabla 1.- Límites en el punto de conexión a la red, para cargas no lineales niveles de tensión de 2.4 Kv a 69 Kv.

MÁXIMA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE EN % DE LA ONDA FUNDAMENTAL						
ORDEN DE LA ARMÓNICA INDIVIDUAL						THD
(Solo para armónicas impares)						
I <sub>cc</sub> / I <sub>1</sub>	< 11	11 – 16	17 – 22	23 – 34	>34	
<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

- Para niveles de tensión de 69 KV, estos límites se reducen al 50 %.
- Para tensiones superiores a 138 kv se requiere una evaluación especial caso por caso.
- Para armónicas pares se reducen los límites al 25 % de los valores anteriores
- I<sub>cc</sub> es la corriente máxima (rms simétrica) de corto circuito en el punto de conexión de la carga a la red.
- I<sub>1</sub> es la corriente máxima que toma la carga a la frecuencia fundamental.

Tabla 2.- Límites para la compañía suministradora en el punto de acometida, así como para cualquier otro productor de energía eléctrica.

<b>MÁXIMA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN, EN % DE LA ONDA FUNDAMENTAL</b>			
<b>NIVELES DE TENSIÓN</b>	<b>23 – 69 KV</b>	<b>69 – 138 KV</b>	<b>&gt; 138 KV</b>
<b>PARA ARMÓNICAS INDIVIDUALES</b>	3.0	1.5	1.0
<b>THD</b>	5.0	2.5	1.5

Por otro lado la IEEE 518 se refiere a los límites que cada usuario debe imponer a la compañía suministradora. Como ésta se comporta como un generador de tensión en sus líneas de distribución, los límites impuestos a la misma deben referirse a distorsiones máximas permisibles en la onda de tensión.

*Normalización en México.*

La tendencia en México, impulsada por Comisión Federal de Electricidad, es de implantar la norma IEEE 519, aunque aún no ha aparecido una reglamentación oficial al respecto.

# **CAPITULO V**

## **TÉCNICAS CORRECTIVAS DEL PROBLEMA**

## 5. TÉCNICAS CORRECTIVAS DEL PROBLEMA.

Las medidas correctivas que se vienen aplicando con éxito para resolver o minimizar este tipo de problemas, son básicamente de tres tipos:

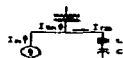
1. Medidas que tienden a bloquear el paso de las corrientes armónicas hacia equipos especialmente sensibles, quedando éstos protegidos de la influencia de las mismas, aunque estas corrientes armónicas sigan circulando por el resto de la red.
2. Medidas que tienden a bloquear y / o absorber las corrientes armónicas, confinándolas a circular por zonas limitadas de la red, preferentemente circunscritas a los focos emisores de las mismas.
3. Medidas tendientes a sobredimensionar, recurriendo incluso hasta a diseños especiales, los equipos y conductores sometidos al flujo de corrientes armónicas, con objeto de minimizar los efectos nocivos provocados en los mismos.

A continuación se muestran algunas técnicas específicas que se pueden clasificar dentro de los incisos anteriores:

### 5.1 FILTROS DE CHOQUE.

El funcionamiento de los filtros de choque es el siguiente: En serie con los capacitores se instala un reactor de inductancia L, sintonizado con la capacitancia C del capacitor a una frecuencia inferior a la de cualquier armónica significativa existente en

PROTECCION DE CAPACITORES Y ELIMINACION DE RESONANCIAS CON FILTRO DE CHOQUE



$$\begin{aligned} X_{Cn} &= -X_{C1} \\ X_{Ln} &= X_{L1} \\ X_{Cn} &= \frac{X_{L1}}{n^2} \end{aligned}$$

$$X_{CnL} = \frac{X_{L1}}{n^2}$$

$$I_{Cn} = \frac{I_n}{1 - \frac{X_{L1}}{n^2 X_{C1}} - \frac{X_{L1}}{X_{C1}}}$$

$$I_{Ln} = \frac{I_n}{1 + \frac{X_{L1}}{X_{C1}} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^4} \right)}$$



el sistema. En el siguiente caso, el reactor se ha sintonizado con el capacitor a una 4ª armónica. Este dispositivo hace imposible la resonancia e impide que los capacitores absorban una corriente armónica excesiva. Por lo consiguiente, el uso del filtro de choque permite:

- Proteger a los capacitores
- Evitar resonancias

Corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental

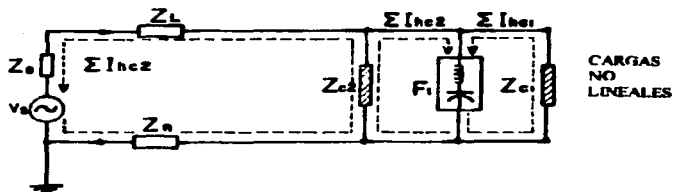
## **5.2 FILTROS DE ABSORCIÓN.**

Este tipo de filtros se instalan reactores en serie con los capacitores pero ahora, sintonizados precisamente a la frecuencias armónicas más significativas existentes en el sistema. Naturalmente, que el diseño tanto de capacitores como de reactores debe permitir el paso hacia los mismos de toda la energía que fluye por el sistema para cada armónica, ya que al presentar una impedancia casi nula cada sección del filtro para la armónica a la que se ha sintonizado, se comporta como un sumidero de energía que puede fallar si no se dimensiona correctamente. El uso del filtro de absorción permite:

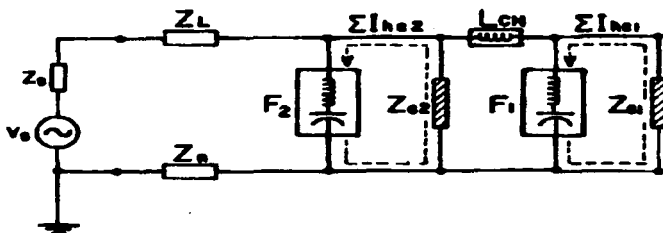
- Proteger a los capacitores.
- Evitar resonancias
- Eliminar armónicas en el sistema
- Corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental

En los siguientes diagramas se muestra la localización adecuada del filtros de absorción y su protección respecto a cargas no lineales adyacentes.

Efecto indeseado :



Compensación correcta :



NO SE  
ORIGEN  
FALLA DE

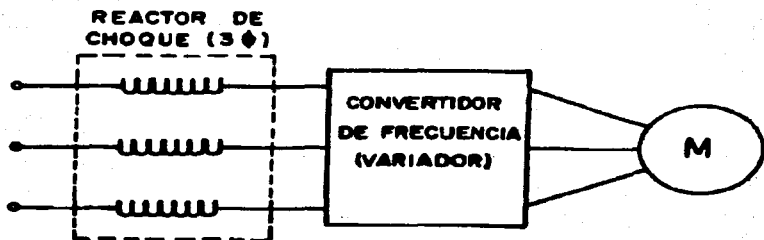
### 5.3 VARIADORES DE FRECUENCIA.

Protección de instalaciones de variadores de frecuencia por medio de reactores de choque.

El diagrama anterior muestra la forma de proteger una instalación de variadores de frecuencia con reactores de choque.



Un variador con rectificador de seis pulsos genera niveles de distorsión armónica de 45 % en la onda de corriente.



La instalación de variadores en paralelo hace necesaria la protección individual (para cada motor) con reactores de choque que impidan presentar problemas de operación en el motor debido al flujo de corrientes armónicas provenientes de los demás variadores.

Los reactores comerciales se ofrecen con caídas de tensión (según la corriente nominal del variador) de 3 % y 5 % a elegir por el usuario.

Los reactores de 5 % pueden ser más eficaces para los fines propuestos, pero es preciso revisar el efecto de la caída de tensión sobre el motor.

Estos reactores pueden amortiguar un poco las corrientes armónicas generadas por el variador: de 4 % a 6 % en el caso de reactores de 3 % de caída de tensión y de 8 % a 10 % para reactores de 5 %. El filtro de armónicas es conveniente instalarlo entre el reactor y el variador.

#### 5.4 COMPENSADORES ESTÁTICOS.

PREVENIR  
FALLA DE ORIGEN

En esencia, se trata de un filtro de absorción operando en paralelo con un reactor L, de la misma capacidad en KVA, a frecuencia fundamental, que de los capacitores,

pero con un banco de tiristores que controla el paso de corriente al reactor en forma que, al fluir la energía reactiva de los capacitores, en parte hacia el reactor y en parte hacia la fuente de consumo (un horno de arco por ejemplo) pueda graduarse, casi instantáneamente, el paso de la energía reactiva hacia la fuente de consumo, tal como ésta la demande.

El uso del compensador estático permite:

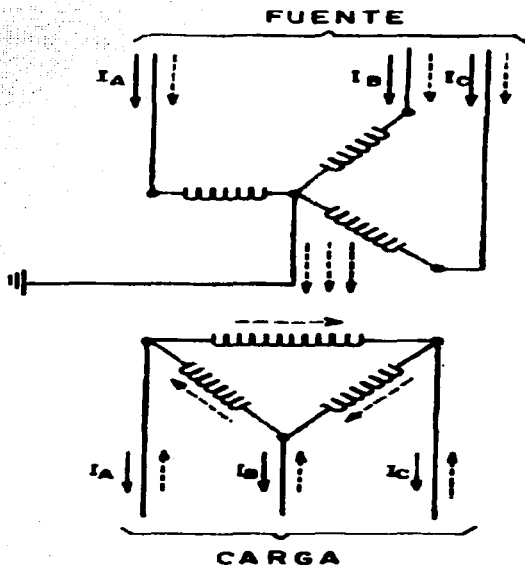
- Proteger a los capacitores.
- Evitar resonancias
- Eliminar armónicas del sistema
- Controlar el "flicker"
- Regular el nivel de tensión en el punto de conexión al sistema
- Corregir el factor de potencia

## **5.5 BLOQUEO DE CORRIENTES ARMÓNICAS CON EL USO DE TRANSFORMADORES**

### **DE SECUENCIA CERO CON TRANSFORMADORES ESTRELLA – DELTA.**

Las corrientes armónicas de secuencia cero que provienen de la fuente fluyen hacia el neutro o hacia tierra, o bien, recirculan por el devanado en delta. Las corrientes armónicas de secuencia cero que provienen de la carga quedan bloqueadas recirculando por el devanado en delta.

Igual sucede con las corrientes armónicas de secuencia cero generadas por la magnetización del núcleo del transformador.

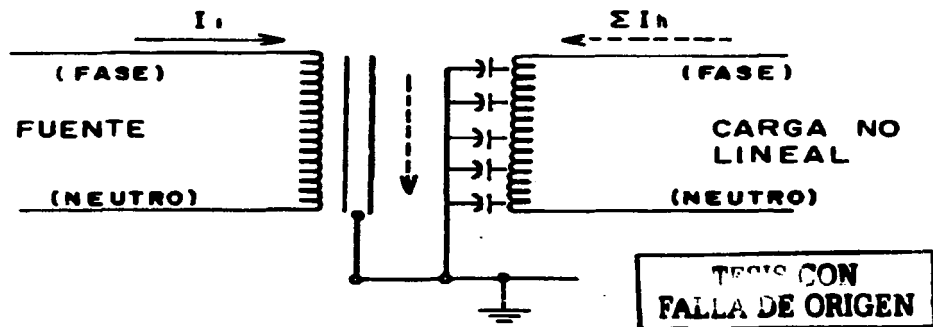


**OBSERVACIONES:**

TEMA 201  
**FALLA DE ORIGEN**

- a) En presencia de capacitores puede presentarse, de todas formas, el fenómeno de resonancia.
- b) El espectro de corrientes armónicas es diferente según se mida en el lado primario o secundario del transformador. Esto debe de tomarse en cuenta al efectuar estudios de corrientes armónicas.

## BLOQUEO CORRIENTES ARMÓNICAS CON TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO.



Estos son transformadores diseñados a la medida de la aplicación: tamaño de la carga, espectro emitido por la misma, impedancia de la fuente, etc., con blindajes y efectos capacitivos en el núcleo, para impedir el paso de altas frecuencias hacia el lado de la fuente. Normalmente la relación es de 1/1.

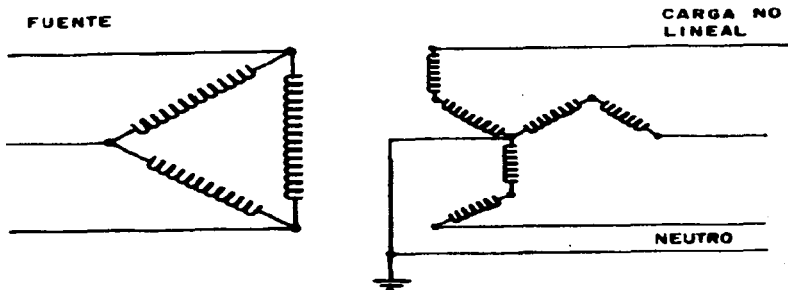
Son de diseño delicado y su costo suele ser bastante más alto que el del filtro equivalente (capacitor/reactor).

### BLOQUEO CON TRANSFORMADORES ZIG-ZAG.

El transformador zig-zag proporciona un bloqueo muy eficaz de armónicas de secuencia cero, ya que el devanado en zig - zag produce el mismo desplazamiento angular que un devanado en delta, proporcionando, además, un hilo de neutro para cargas no monofásicas.

Aunque para su construcción necesita 15 % más de material conductor,

constituye una buena alternativa para sustituir a un transformador estándar cuando éste se está sobrecalentando por el flujo de corrientes armónicas, especialmente las de secuencia cero, tal como es el caso en instalaciones de alumbrado fluorescente y computadoras personales.



Combinando con filtros de 5ª y 7ª armónicas (en sustitución del reactor de choque) puede constituir un sistema de bloqueo (o filtro) general excelente.

Se usan también para proteger UPS que alimentan a computadoras.

### 5.6 SOBREDIMENSIONADO DEL HILO NEUTRO.

Las modernas balastras electrónicas de alumbrado fluorescente y las fuentes de poder de computadoras, estaciones de monitoreo, copiadoras y otros equipos electrónicos alimentados con fuentes de corriente rectificadas y alimentados en forma monofásica, provocan una fuerte distorsión armónica en la onda de corriente alimentadora, con un alto contenido en 3ª, 9ª y 15ª armónicas (armónicas de secuencia cero).

Estas armónicas, al sumarse en el hilo de neutro de la instalación, provocan flujos de corriente en el mismo que, en la práctica, pueden alcanzar valores eficaces de valor doble que la corriente en las fases.

**TRABAJO CON  
FALTA DE ORIGEN**

El código de instalaciones eléctricas norteamericano (NEC), en su inciso 210 – 4a, indica que el conductor de neutro debe ser de un calibre igual o mayor al de los conductores de fase.

En el caso de instalaciones con una gran proporción de carga consistente en los equipos electrónicos que estamos mencionando, debe seleccionarse el calibre del hilo de neutro de ampacidad doble al de los conductores de fase.

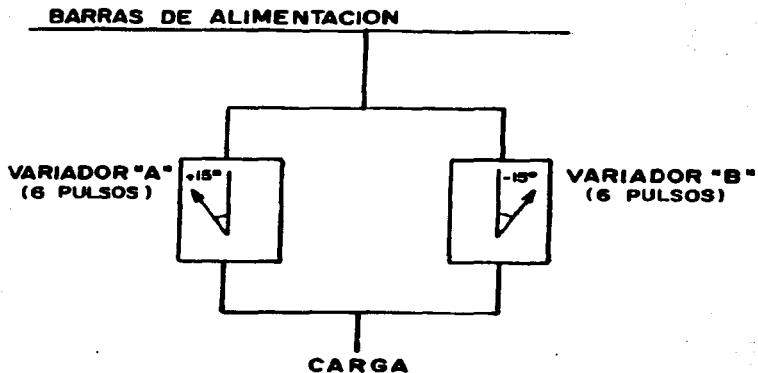
Es importante también observar la caída de tensión que provocan estas corrientes de secuencia cero a través de la impedancia del hilo de neutro. A veces esta puede ser lo suficientemente alta (10 %valor pico, respecto a la amplitud fase/neutro de la onda de tensión ) como para provocar problemas de operación en equipo sensible.

### **5.7 BLOQUEO DE 5ª Y 7ª ARMÓNICAS.**

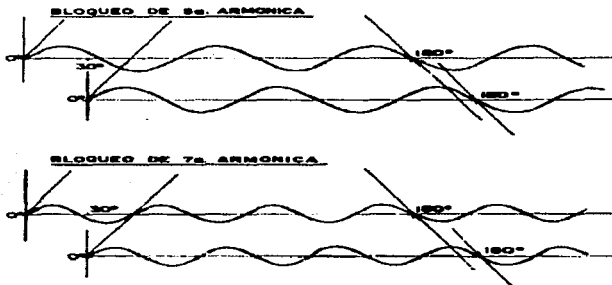
A continuación se presenta una técnica de bloqueo de 5ª y 7ª armónicas usando doble variador de frecuencia con defases de +15° y –15° en el disparo de ambos rectificadores de 6 pulsos.

Se usan dos variadores A y B, idénticos para alimentar en paralelo a la carga, con 15° de adelanto, respecto a una referencia común, en el variador A y 15° de atraso en el B. El comportamiento ante las barras de alimentación es como el de un solo variador de 12 pulsos, de potencia 2ª.

El arreglo resulta más barato que un solo variador de 12 pulsos, aunque algo más caro que un solo variador de 6 pulsos. Sin embargo, el ahorro con filtros de armónicas puede producir un ahorro global importante

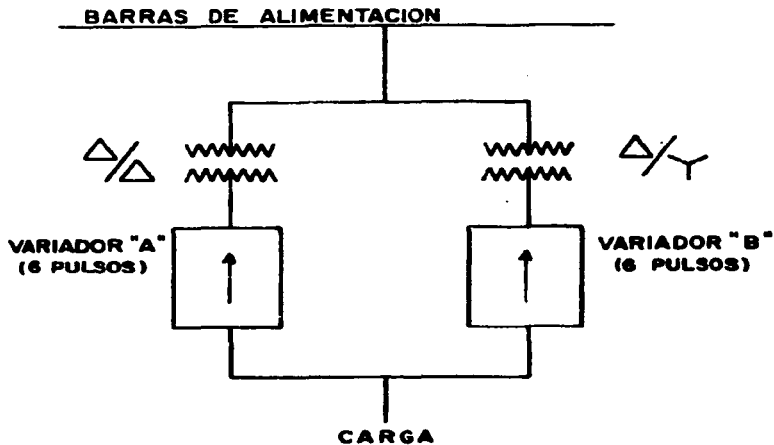


Las siguientes gráficas muestran el mecanismo de bloqueo de 5ª y 7ª armónicas que se produce al provocar un desfase de 30° entre dos ondas fundamentales que contienen este orden de armónicas.



**TRAZADO CON  
FALTA DE ORIGEN**

En el siguiente diagrama, se muestra la técnica de bloqueo de 5ª y 7ª armónicas que se logra dividiendo los rectificadores de 6 pulsos en dos grupos idénticos alimentados cada una con un transformador delta / delta y delta / estrella, respectivamente



La carga se alimenta con dos variadores, A y B, idénticos y cada uno de ellos se energiza por medio de un transformador delta/ delta y delta / estrella, respectivamente. El desfase de 30° que ambos transformadores provocan en sus secundarios a la onda principal propicia el bloqueo de 5ª y 7ª armónicas en las barras alimentadoras, simulando el conjunto un solo variador de 12 pulsos.

**MADE CON  
FALLA DE ORIGEN**



### **5.8 USO DE TRANSFORMADORES DE TIPO " K "**

Esta es una nueva técnica introducida en el mercado en 1990. Los transformadores de tipo K están diseñados y probados para operar con cargas no lineales. El factor K indica la severidad de las distorsión armónica que el transformador puede soportar.

Un transformador tipo K puede ocupar 130% a 140 % de espacio y pesar 115 % mas de un transformador estándar. El costo es próximamente el doble.

La capacidad en KVA de un transformador de tipo K se calcula como la de un transformador estándar. El factor K se calcula a partir del espectro de corriente, medido o estimado, que producen las cargas, según los lineamientos de la norma ANSI/ IEEE C57, 110 – 1986.

### **5.9 TIERRAS FÍSICAS.**

La estrategia adecuada para asegurar la calidad de energía de acuerdo con el Emerald Book de la IEEE (Power and Grounding Sensitive Electronic Equipment) considera los siguientes puntos en orden de prioridad:

- (a) Conexión a tierra, empalmes y alambrado de acuerdo a las normas establecidas.
- (b) Filtros, eliminación de ruido transitorio y picos de voltaje a través de SPD (Surge Protective Device) y TVSS (Transient Voltage Surge Suppressor).
- (c) Reguladores de Voltaje.
- (d) Interruptores estáticos de transferencia, generadores de emergencia y UPS (Uninterruptible Power Supply).
- (e) Mantenimiento general de los sistemas.
- (f) Monitoreo a través de indicadores, contactos secos, red de datos, Web y software de monitoreo de los equipos .
- (g) Redundancia de los equipos para garantizar "zero downtime".

Como podemos notar una parte vital para lograr buena calidad de la energía

eléctrica es el UPS. Un UPS de diseño True Online de doble conversión asegura energía continua y limpia, que ofrece protección de alimentación ininterrumpida contra las nueve aberraciones eléctricas principales que son: falla total de energía, bajo voltaje transitorio, pico de voltaje, bajo voltaje permanente, ruido de línea, alto pico de voltaje, variación de frecuencia, transitorio producido por conmutación y distorsión armónica.

### **5.10 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Muchas de las variaciones que ocurren en la calidad del suministro de energía eléctrica ocurren dentro de las instalaciones del mismo usuario, y están relacionadas con problemas en el alambrado, dimensionamiento de los conductores y conexiones a tierra. Por eso, para evitarlas, le sugerimos que tome los siguientes consejos:

#### *Recomendaciones en instalaciones eléctricas*

1. Revise la conexión a tierra de cada equipo que se encuentre en su lugar de trabajo. Si no se cuenta con un sistema de conexión a tierra o bien éste no es el más adecuado, efectúe las correcciones del caso; esto le traerá beneficios al equipo y al personal que lo manipula.
2. Determine si el cableado es del tamaño apropiado, ya que la resistencia que este ofrece depende de su sección transversal. además, cada calibre puede manejar cierta cantidad de corriente eléctrica. Un cableado de sección menor al apropiado genera un aumento en las pérdidas de potencia de la línea y un eventual disparo de los interruptores de protección térmica.



3. Si se cuenta con un sistema de conexión monofásico trifilar o un sistema trifásico, verifique que posea una distribución adecuada de las cargas por cada una de las fases (trifásico) o entre el retorno y el vivo en el sistema monofásico; esto le evitará un desbalance en el sistema y una circulación de corrientes indeseables por el neutro, lo que podría ocasionarle daños a sus equipos.

4. Si se cuenta con un sistema de distribución interno, verifique la capacidad de sus transformadores con la carga instalada, además, de que los conductores de acometida sean los más adecuados; esto le evitará pérdidas por calentamiento en los conductores y en el transformador, así como, el disparo del mismo y hasta su posible destrucción.

### **5.11 RECOMENDACIONES PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EQUIPOS ELÉCTRICOS:**

#### *Motores eléctricos*

En la industria cerca de un 73% de la energía consumida es debido a la operación de motores eléctricos. Disminuir el monto de la factura eléctrica por este concepto significa vigilar el trabajo eficiente de los motores eléctricos mediante recomendaciones de ahorro energético o, la instalación de motores de alta eficiencia, unido a una buena instalación eléctrica y mecánica, al uso de sistemas de control, la optimización de la carga y un correcto dimensionamiento de la máquina eléctrica.

El ahorro de energía inicia desde la selección apropiada de los motores. Siempre

hay un motor adecuado a las necesidades que se requieren, tanto en lo que respecta a su tipo o clase, por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, como por su tamaño o potencia.

### *Iluminación*

La iluminación podría representar entre el 10% y 15% de la energía consumida por una industria, y cerca de un 41% para el sector comercial. De lo anterior la importancia de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Utilice sistemas de iluminación fluorescentes, que sean más eficientes y que produzcan una reducción de costos en energía y mantenimiento.
2. En exteriores tales como estacionamientos, áreas grandes, alumbrado público, etc., utilice iluminación preferiblemente del tipo de sodio de alta presión o halogenuros metálicos; esto le ayudará a tener bajos consumos eléctricos, altos niveles de iluminación y una mayor vida útil de las luminarias, además por supuesto, de bajos costos de mantenimiento.
3. Sustituir los fluorescentes tubulares convencionales T-12 por sistemas eficientes del tipo T-8, o del tipo T-5 (que ya está en uso en Europa y Norteamérica). Lo anterior incluye la utilización de balastos electrónicos, difusores y reflectores de alta eficiencia. Incluso con esto, se pueden lograr ahorros hasta del 60% por cada lámpara reconvertida o sustituida.
4. Previo análisis costo-beneficio, se recomienda la instalación de controles automáticos de luz, como los sensores infrarrojos, sónicos u otros; especialmente en pasillos, salas de reuniones y bodegas.
5. Aproveche al máximo la luz natural, mediante la instalación de tragaluces.
6. Individualice interruptores en áreas de denso número de luminarias, tratando de dividir el área en sectores de trabajo.
7. Sustituya las bombillas incandescentes tradicionales por fluorescentes compactos en aquellas áreas de donde la luz se utilice más de 4 horas diarias.

## **CONCLUSIONES.**

En la actualidad, el aseguramiento de la calidad se refiere a cualquier acción que se dirija a proporcionar a los consumidores, productos ya sea bienes o servicios pero de calidad apropiada, la cual se asocia con alguna forma de actividad de medición o inspección.

Para controlar la calidad, se utiliza como herramienta la estadística (SQC) la cual nos sirve no solo para inspeccionar, si no para identificar los problemas que causan los defectos. Creando junto con ellos una cultura de mejora continua. En consecuencia, los consumidores están más dispuestos que antes a comparar, evaluar y escoger productos selectivamente, buscando tres aspectos fundamentales: calidad, precio y capacidad de servicio.

El movimiento de la calidad ha resultado en muchos éxitos, pero también en muchos fracasos. Cuando una iniciativa de calidad fracasa, por lo general se debe a una mala administración y no a la corrección de sus principios.

La calidad debe de estar en todas partes, integrada en todos los aspectos de cualquier organización, a partir de esto, el presente trabajo incluye algunos aspectos referidos al aseguramiento de la calidad en los sistemas eléctricos de potencia dando como resultado la calidad de la energía eléctrica en nuestro país.

La estrategia adecuada para asegurar la calidad de energía se resume en los siguientes puntos en orden de prioridad:

- a. Conexión a tierra, empalmes y alambrado de acuerdo a las normas establecidas.
- b. Filtros, eliminación de ruido transitorio y picos de voltaje a través de SPD (Surge Protective Device) y TVSS (Transient Voltage Surge Suppressor).
- c. Reguladores de Voltaje.
- d. Interruptores estáticos de transferencia, generadores de emergencia y UPS

(Uninterruptible Power Supply).

- e. Mantenimiento general de los sistemas.
- f. Monitoreo a través de indicadores, contactos secos, red de datos, Web y software de monitoreo de los equipos .
- g. Redundancia de los equipos para garantizar "zero downtime".

Como podemos notar una parte vital para lograr buena calidad de la energía eléctrica es el UPS. Un UPS de diseño True Online de doble conversión asegura energía continua y limpia, que ofrece protección de alimentación ininterrumpida contra las nueve aberraciones eléctricas principales que son: falla total de energía, bajo voltaje transitorio, pico de voltaje, bajo voltaje permanente, ruido de línea, alto pico de voltaje, variación de frecuencia, transitorio producido por conmutación y distorsión armónica.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

**Administración y control del la calidad.**

**James R. Evans, William Lndsay**

**Editorial Thomson editores**

**Corrientes armónicas**

**Dr. Ing. Alfredo Navarro Crespo.**

**Editorial Técnica Salgar.**

**Calidad de servicio de energia eléctrica en distribución**

**Ing. Gilberto Enriquez Harper, Ing. Jesús Pacheco Agosto.**

**Centro IEEE de capacitación.**

**Calidad de energia en México.**

**Estudio de mercado.**

**Worldmetal, S. A. De C. V.**