



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN.**

**ESTRATEGIAS PARA UNA MEJOR CALIDAD Y ECONOMIA EN LOS SISTEMAS  
ELECTRICOS INDUSTRIALES.**

**TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA.**

**PRESENTA:**

**JAVIER RUEDA FRANCISCO.**

**ASESOR: M. EN I. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA.**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Estrategias para una mejor calidad y economía en los sistemas eléctricos industriales**

Que presenta el pasante: **JAVIER RUEDA FRANCISCO**

Con número de cuenta: **30420362-8** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de mayo de 2017.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M. en I. José Juan Contreras Espinosa	
<b>VOCAL</b>	Ing. Javier Hernández Vega	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. José Gustavo Orozco Hernández	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Ing. Arturo Ávila Vázquez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en I. Iván Noé Mata Vargas	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm\*

## **Dedicatoria.**

### **Dedico esta tesis a mi familia.**

A mis padres que con sacrificio y mucho esfuerzo pudieron apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí. A mi madre, por enseñarme a ser perseverante y luchar por lo que quiero, a mi padre, por darme las bases que desde pequeño me ayudaron a tener claro lo que me gustaba hacer.

A mi esposa y mis hijos, que incluso antes que acabara mi carrera ya estaban a mi lado y desde entonces no me han dejado, día a día están allí, escuchándome, aconsejándome y haciéndome reír, ellos son mi principal motor para salir adelante.

También quiero agradecer a mis hermanos, a mis tíos, a mis abuelas que son parte de mi vida y que me han brindado su apoyo incondicional, además de los consejos que me siguen a diario y los momentos inolvidables que hemos pasado juntos.

## INDICE.

Introducción.....	7
Capítulo 1. Problemas en la calidad de la energía.....	9
1.1. ¿Cómo se puede observar la electricidad?.....	9
1.2. Antecedentes históricos. ....	10
1.3. ¿Qué es un problema de calidad de energía?.....	11
1.4. Tipos de perturbaciones en los sistemas eléctricos. ....	11
1.4.1. Transitorios. ....	12
1.4.2. Interrupciones ....	16
1.4.3. Bajada de tensión. ....	17
1.4.3.1 Subtensiones ....	19
1.4.4. Aumento de tensión. ....	19
1.4.5. Distorsión de la forma de onda. ....	21
1.4.5.1. Desplazamiento por CC. ....	22
1.4.5.2. Armónicas. ....	22
1.4.5.3. Interarmónica. ....	23
1.4.5.4. Corte intermitente.....	24
1.4.5.5. Ruido.....	24
Capítulo 2. Aplicación de tecnologías a elementos eléctricos comunes en la industria.....	26
2.1. Motores.....	27
2.1.1. Principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico. ....	27
2.1.2. Tipos de motor.....	28

2.1.3. Tipos de arranque de motores trifásicos .....	28
2.1.3.1 Arranque directo. ....	29
2.1.3.2. Arranque por resistencia primaria. ....	30
2.1.3.3. Arranque por autotransformador. ....	30
2.1.3.4. Arranque a rotor bobinado.....	31
2.1.3.5. Arranque por conexión estrella-delta. ....	31
2.1.3.6. Arranque suave. ....	32
2.1.3.7. Arranque por convertidor de frecuencia. ....	33
2.2. Hornos. ....	34
2.3 Iluminación. ....	36
2.3.1 Fuentes de luz. ....	37
2.3.2 Implementación de sistemas led. ....	37
2.3.3 Ventajas de sistemas led. ....	38
Capítulo 3. Aplicación de capacitores en los sistemas eléctricos. ....	40
3.1 Corrección de factor de potencia. ....	41
3.3 Origen del bajo factor de potencia.....	43
3.1.4. Problemas técnicos de bajo factor de potencia. ....	43
3.1.5. Compensación por capacitores. ....	44
Capítulo 4. Las tarifas de CFE.....	46
4.1 Demanda máxima. ....	46
4.2 Administración y control de demanda.....	46
4.3. Métodos para administrar y controlar la demanda. ....	47
4.4. Problemáticas identificadas. ....	48
4.5 Ventajas al administrar y controlar la demanda de energía eléctrica. ....	49

Capítulo 5. Plantas de emergencia y UPS en la calidad de energía.....	50
5.1 Plantas de emergencia. ....	50
5.2 UPS.....	52
Conclusiones.....	54
Glosario. ....	55
Bibliografía.....	56

# **ESTRATEGIAS PARA UNA MEJOR CALIDAD Y ECONOMIA EN LOS SISTEMAS LECTRICOS INDUSTRIALES.**

## **Introducción.**

La energía mueve al mundo industrial moderno; sin ella, las fábricas se detendrían economías enteras estarían en crisis. Por tal motivo es importante saber administrarla. Reconocer que la energía eléctrica es un insumo que juega un papel importante en los costos de producción y por tanto en la productividad de las empresas, esto convierte a los programas de eficiencia energética, en un elemento clave e indispensable para la competencia en los mercados.

La aplicación de programas de ahorro y uso racional de la energía eléctrica es una de las formas más eficaces para aumentar la competitividad y productividad del país, a la par que contribuye a atender con responsabilidad los problemas del medio ambiente. Después del sector comercial energético y de transporte, el sector industrial es el consumidor más importante de energéticos en el ámbito nacional

Tanto CFE que es la principal empresa suministradora de energía como los usuarios finales del servicio de energía eléctrica, han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de energía. Esto se inició en la década de los 80 y se ha convertido en una especie de concepto general, alrededor del cual se puede ubicar una multitud de distintos tipos de disturbios y problemas que se pueden presentar en un sistema eléctrico.

Cuando ocurre una falla en el suministro de la energía eléctrica y observamos que las fabricas dejan de laborar, el país para, es cuando comprendemos la gran importancia que tiene hoy en día la energía eléctrica.

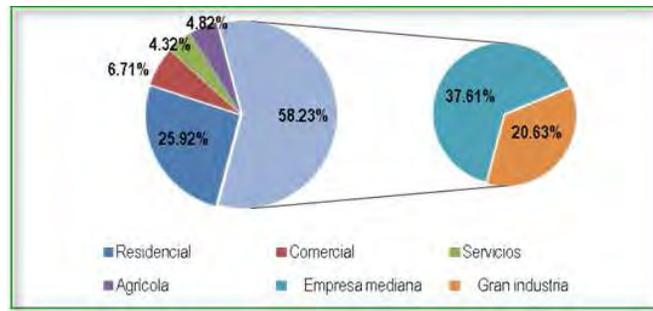


Imagen 1. Ventas de energía eléctrica en el sector eléctrico nacional.

Como se puede observar en la imagen los sectores más significativos son tres el residencial con 25.92% y el sector industrial con 58.23%, se comprueba lo antes dicho y por lo cual es necesario atacar el sector industrial en donde obtendríamos mayor beneficio de aplicar medidas de eficiencia energética.

## **Capítulo 1. Problemas en la calidad de la energía.**

El uso generalizado de componentes electrónicos en todo lo que nos rodea, desde equipos electrónicos hogareños hasta el control de procesos industriales masivos y costosos, ha hecho que se tome más conciencia sobre la calidad del suministro, o más específicamente, una perturbación de la calidad del suministro, se define en general como cualquier cambio en el suministro (tensión, corriente o frecuencia) que interfiere con el funcionamiento normal del equipo eléctrico.

### **1.1. ¿Cómo se puede observar la electricidad?**

La electricidad en los tomacorrientes de pared es un fenómeno electromagnético. El suministro eléctrico comercial se abastece como corriente alterna (CA), una fuente silenciosa y aparentemente ilimitada de energía que puede generarse en centrales eléctricas, cuya tensión se eleva mediante transformadores y entregarse a cientos de kilómetros a cualquier lugar de la región. Ver lo que hace esta energía en breves períodos de tiempo puede ayudar a entender lo importante que es que el suministro de CA sea simple y continuo para un funcionamiento confiable de los sistemas sofisticados de los que dependemos. Un osciloscopio nos permite apreciar cómo se ve esta energía. En un mundo perfecto, el suministro eléctrico de CA comercial aparece como una onda sinodal continua y simétrica, que varía a 50 o 60 ciclos por segundo (Hertz, o Hz) según en qué parte del mundo se suministre.

## **1.2. Antecedentes históricos.**

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en donde se especifican los límites superior e inferior del voltaje de suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de voltaje fuera de este límite se considera anomalía o deficiencia del suministro. Históricamente, la calidad de la energía no ha sido un problema mayor, hasta hace poco tiempo, en forma genérica, se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Sin embargo, el incremento masivo que ha tenido en la utilización de equipo basado en electrónica de potencia, ha creado un doble problema para el suministrador.

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 afectado, los beneficios económicos y de bienestar que proporciona la tecnología se eliminan y se desprenden numerosos problemas, tanto para la empresa suministradora como para los usuarios. El suministrador, usualmente atribuye los problemas a anomalías en la instalación del usuario, mientras que el usuario, normalmente asocia los problemas a deficiencias en las redes de suministro. En la mayoría de las veces, ambos olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes eléctricas tradicionales de ambos.

Por lo anterior, el conocimiento de las características de la calidad y aprovechamiento de la energía en los sistemas eléctricos del suministrador y del usuario es esencial para establecer acciones económicas, tanto por parte del suministrador como del usuario, que permitan el control de los efectos no deseables.

### **1.3. ¿Qué es un problema de calidad de energía?**

Podemos decir que existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica. Los efectos asociados a problemas de calidad de la energía son:

- Incremento en las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial.
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.

### **1.4. Tipos de perturbaciones en los sistemas eléctricos.**

Las perturbaciones en la calidad del suministro han sido organizadas en siete categorías, según la forma de la onda:

- Transitorios.
- Interrupciones.
- Bajada de tensión / subtensión.
- Aumento de tensión / sobretensión.
- Distorsión de la forma de onda.
- Fluctuaciones de tensión.
- Variaciones de frecuencia

A continuación se describen cada una de ellas.

### 1.4.1. Transitorios.

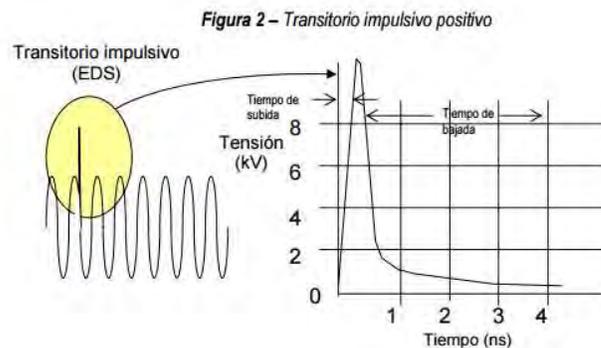
Los transitorios, que son potencialmente el tipo de perturbación energética más perjudicial, se dividen en dos sub categorías:

- Transitorios Impulsivos.
- Oscilatorios Impulsivos.

Transitorios impulsivos.

Son eventos repentinos de cresta alta que elevan la tensión y/o los niveles de corriente en dirección positiva o negativa. Estos tipos de eventos pueden clasificarse más detenidamente por la velocidad a la que ocurren (rápida, media y lenta). Los transitorios impulsivos pueden ser eventos muy rápidos (5 nanosegundos [ns] de tiempo de ascenso desde estado estable hasta la cresta del impulso) de una duración breve (menos de 50 ns).

Un ejemplo de un transitorio impulsivo positivo causado por un evento de descarga electrostática se ilustra en la fig. 2.



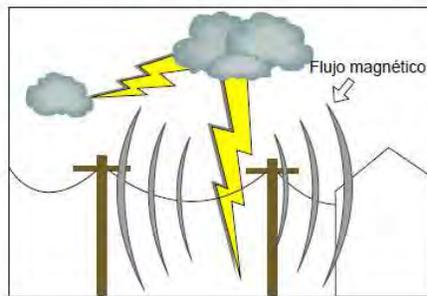
El transitorio impulsivo es a lo que se refiere la mayoría de la gente cuando dice que ha ocurrido una sobretensión prolongada o transitoria. Se han utilizado muchos términos

diferentes, como caída de tensión, imperfección técnica, sobretensión breve o prolongada, para describir transitorios impulsivos.

Las causas de este problema incluyen rayos, puesta a tierra deficiente, encendido de cargas inductivas, liberación de fallas de la red eléctrica y ESD. Los resultados pueden ir desde la pérdida o daño de datos, hasta el daño físico de los equipos. De todas estas causas, el rayo es probablemente la más perjudicial.

El problema de los rayos se reconoce fácilmente al presenciar una tormenta eléctrica. La cantidad que se necesita para iluminar el cielo nocturno sin duda puede destruir equipos sensibles. Más aun, no es necesario un impacto directo de un rayo para causar daños. Los campos electromagnéticos, figura 3, creados por los rayos, pueden causar gran parte de los daños potenciales al inducir corriente hacia las estructuras conductivas cercanas.

*Figura 3 – Campo magnético creado por una caída de rayo*



Dos de los métodos de protección más viables contra los transitorios impulsivos consisten en la eliminación la ESD potencial, y el uso de dispositivos de supresión de sobretensiones (popularmente conocidos como TVSS o SPD).

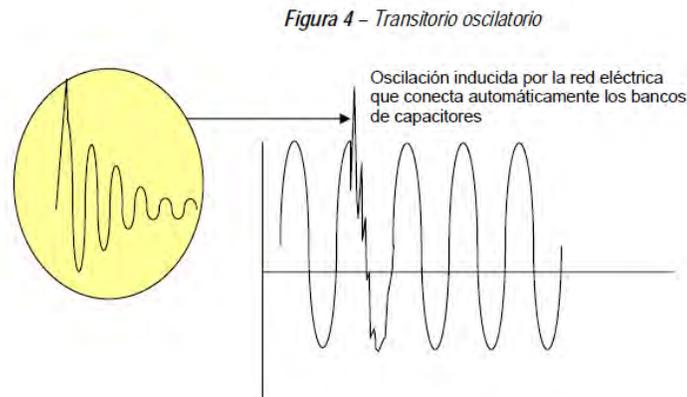
Oscilatorios impulsivos.

Este es un cambio repentino en la condición de estado estable de la tensión o la corriente de una señal, o de ambas, tanto en los límites positivo como negativo de la señal, que oscila a la frecuencia natural del sistema. En términos simples, el transitorio hace que la señal de suministro produzca un aumento de tensión y luego una bajada de tensión en forma alternada y muy rápida. Los transitorios oscilatorios suelen bajar a cero dentro de un ciclo (oscilación descendente).

Estos transitorios ocurren cuando uno conmuta una carga inductiva o capacitiva, como un motor o un banco de capacitores. El resultado es un transitorio oscilatorio porque la carga resiste el cambio. Esto es similar a lo que ocurre cuando uno cierra de repente un grifo que fluía con rapidez y oye un golpeteo en la cañería. El agua que fluye resiste el cambio, y ocurre el equivalente en fluido de un transitorio oscilatorio.

Por ejemplo, al apagar un motor en rotación, se comporta brevemente como un generador a medida que pierde energía, por lo que produce electricidad y la envía a través de la distribución eléctrica. Un sistema de distribución eléctrica grande puede actuar como un oscilador cuando se conecta o desconecta el suministro, dado que todos los circuitos poseen alguna inductancia inherente y capacitancia distribuida que brevemente se energiza en forma descendente.

Cuando los transitorios oscilatorios aparecen en un circuito energizado, generalmente a consecuencia de operaciones de conexión de la red eléctrica (especialmente cuando los bancos de capacitores se conectan automáticamente al sistema), pueden ser muy perturbadores para los equipos electrónicos. La Figura 4 ilustra un transitorio oscilatorio típico de baja frecuencia atribuible a la energización de los bancos de capacitores.

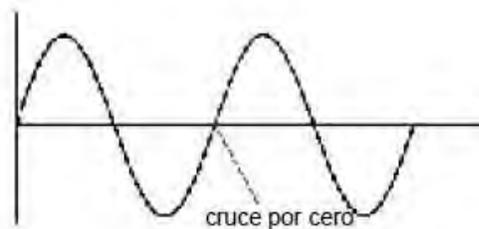


El problema más reconocido asociado con la conexión de capacitores y su transitorio oscilatorio es el disparo de ASD. El transitorio relativamente lento provoca una elevación en la tensión de enlace de CC (la tensión que controla la activación del ASD) que hace que el mecanismo se dispare fuera de línea con una indicación de sobretensión.

Una solución común para el disparo de los capacitores es la instalación de reactores o bobinas de choque de línea que amortiguan el transitorio oscilatorio a un nivel manejable. Estos reactores pueden instalarse delante del mecanismo o sobre el enlace de CC y están disponibles como una característica estándar o como una opción en la mayoría de los ASD.

Otra solución incipiente para los problemas de transitorios en la conexión de capacitores es el interruptor de cruce por cero. Cuando el arco de una onda sinodal descende y alcanza el nivel cero (antes de transformarse en negativa), esto se conoce como cruce por cero, como se ilustra en la Figura 5. Un transitorio causado por la conexión de capacitores tendrá una magnitud mayor cuanto más lejos ocurra la conexión de la sincronización de cruce por cero de la onda sinodal. Un Interruptor de cruce por cero soluciona este problema al monitorear la onda sinodal para asegurarse de que la conexión de los capacitores ocurra lo más cerca posible a la sincronización de cruce por cero de la onda sinodal.

*Figura 5 – Cruce por cero*



Obviamente, los sistemas UPS son también muy eficaces para reducir los daños que puedan causar los transitorios oscilatorios, especialmente entre los equipos comunes de procesamiento de datos, como las computadoras en red. Sin embargo, los dispositivos MOV y UPS a veces no pueden evitar las ocurrencias de transitorios oscilatorios entre sistemas que si puede evitar un interruptor de cruce por cero y/o dispositivo tipo bobina de choque en dispositivo especializados, como las máquinas de plantas de fabricación y sus sistemas de control.

### 1.4.2. Interrupciones.

Una interrupción (Figura 6), se define como la pérdida total de tensión de corriente. Según su duración, una interrupción se considera como instantánea, momentánea, temporal o sostenida.

El rango de duración para las interrupciones es el siguiente:

- Instantánea 0,5 a 30 ciclos.
- Momentánea 30 ciclos a 2 segundos.
- Temporal 2 segundos a 2 minutos.
- Sostenida mayor a 2 minutos.

*Figura 6 – Interrupción momentánea*



Las causas de las interrupciones pueden variar, pero generalmente son el resultado de algún tipo de daño a la red de suministro eléctrico, como caídas de rayos, animales, árboles, accidentes vehiculares, condiciones atmosféricas destructivas (vientos fuertes, gran cantidad de nieve o hielo sobre las líneas, etc.).

Mientras que la infraestructura de la red eléctrica está diseñada para compensar automáticamente muchos de estos problemas, no es infalible. Uno de los ejemplos más comunes de lo que puede causar una interrupción en los sistemas de suministro eléctrico comercial son los dispositivos de protección de la red eléctrica, como los re conectores automáticos de circuito. Estos dispositivos determinan la duración de la mayoría de las interrupciones, según la naturaleza de la falla y son utilizados por las empresas públicas de electricidad para detectar el aumento de la corriente proveniente de un cortocircuito en la infraestructura de la red eléctrica, y para desconectar el suministro cuando esto ocurre. Luego de un tiempo fijo, el re conector devolverá el suministro en un intento de eliminar el material que crea el corto circuito. (Este material puede ser una rama de árbol o un animal pequeño atrapado entre la línea y la descarga a tierra).

Una interrupción, ya sea instantánea, momentánea, temporal o sostenida, puede causar trastornos, daños y tiempo de inactividad, desde el usuario hogareño hasta el usuario industrial. Un usuario de computadora en el hogar o de una pequeña empresa podría perder datos valiosos cuando se daña la información por la pérdida de suministro al equipo. Probablemente más perjudicial es la pérdida que puede sufrir el cliente industrial a consecuencia de las interrupciones. Muchos procesos industriales cuentan con el movimiento constante de ciertos componentes mecánicos. Cuando estos componentes se apagan repentinamente a consecuencia de una interrupción, esto puede causar daños a los equipos y destrucción del producto, así como el costo asociado con el tiempo de inactividad, limpieza y nueva puesta en marcha.

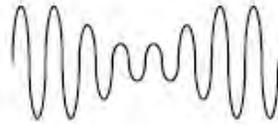
Las soluciones para evitar las interrupciones varían tanto en eficiencia como en costo. El primer esfuerzo debería ser eliminar o reducir la probabilidad de problemas potenciales. Obviamente, el buen diseño y mantenimiento de los sistemas de red eléctrica resultan esenciales. Esto asimismo se aplica al diseño de sistema del cliente industrial, que frecuentemente es tan extensivo y vulnerable como el sistema de la red eléctrica.

Una vez reducido el potencial de problemas, se necesitan equipos o métodos de diseño adicionales para permitir que los equipos o el proceso del cliente resistan (permanezcan funcionando en forma constante durante perturbaciones en la calidad del suministro) o que se reinicien después (y durante) interrupciones inevitables. Los dispositivos de reducción más comunes empleados son los UPS, los moto generadores, y el uso de técnicas de diseño de sistemas que aprovechan los sistemas redundantes y el almacenamiento de energía.

### **1.4.3. Bajada de tensión.**

Una bajada de tensión (Figura 7), es una reducción de la tensión de CA a una frecuencia dada con una duración de 0,5 ciclos a 1 minuto. Las bajadas de tensión suelen ser provocadas por fallas del sistema, y frecuentemente son el resultado de ascender cargas con altas demandas e corriente de arranque.

*Figura 7 – Bajada de tensión*



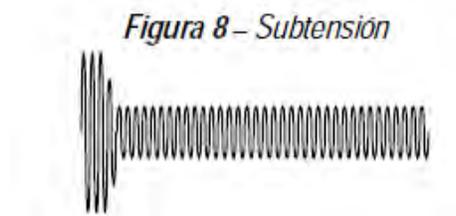
Las causas comunes de las bajadas de tensión incluyen el encendido de grandes cargas (como la que se puede ver cuando se activa por primera vez una unidad grande de aire acondicionado) y la liberación remota de fallas por parte de los equipos de la red eléctrica. En forma similar, el arranque de grandes motores dentro de una planta industrial puede dar como resultado una caída significativa de la tensión (bajada de tensión). Un motor puede consumir seis veces su corriente nominal, o más, al momento del arranque. La creación de una gran carga eléctrica repentina como esta seguramente cause una caída significativa de tensión en el resto del circuito en que reside. Es como si una persona abriera todos los grifos de agua de su casa mientras otra se está bañando. El agua probablemente saldría fría y bajaría la presión del agua.

Obviamente, para solucionar este problema, podría tener un segundo calentador de agua solo para la ducha. Lo mismo se aplica a los circuitos con grandes cargas de arranque que crean un gran consumo de corriente de entrada.

Aunque puede ser la solución más eficaz, agregar un circuito dedicado para cargas con grandes corrientes de arranque tal vez no siempre sea práctico o económico, especialmente si un establecimiento completo tiene muchas cargas con grandes corrientes de arranque. Otras soluciones para las cargas con grandes corrientes de arranque incluyen métodos alternativos de suministro de corriente que no cargan el resto de la infraestructura eléctrica en el arranque de motores, como arrancadores de tensión reducida, ya sea con autotransformadores o configuraciones de estrella/delta. También está disponible un arrancador suave del tipo estado sólido, eficaz para reducir la bajada de tensión cuando arranca un motor. Más recientemente, se han utilizado mecanismos de velocidad regulable, que varían la velocidad de un motor de acuerdo con la carga (junto con otros usos), para controlar el proceso industrial en forma más eficiente y económica, y como beneficio adicional, solucionar el problema de arrancar grandes motores.

### 1.4.3.1 Subtensiones.

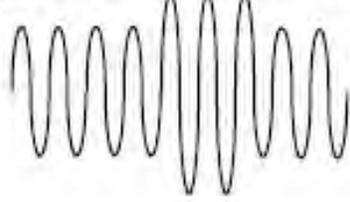
Las subtensiones (Figura 8), son el resultado de problemas de larga duración que crean bajadas de tensión. La expresión “bajada de tensión” ha sido utilizada comúnmente para describir este problema, y ha sido reemplazada por el término subtensión. La bajada de tensión es ambigua porque también se refiere a la estrategia de entrega de suministro eléctrico comercial durante períodos de alta demanda prolongada. Las subtensiones pueden crear el sobrecalentamiento de motores, y pueden conducir a la falla de cargas no lineales como fuentes de alimentación de computadoras. La solución de las bajadas de tensión también se aplica a las subtensiones. Sin embargo, una UPS con capacidad de regular tensión mediante el uso de un inversor antes de utilizar energía de batería, evitará la necesidad de reemplazar tan frecuentemente las baterías de la UPS. Lo que es más importante, si una subtensión permanece constante, puede ser señal de una falla grave del equipo, de un problema de configuración, o de la necesidad de verificar el suministro de la red eléctrica.



### 1.4.4. Aumento de tensión.

Una oleada de tensión (Figura 9) es la forma inversa de una bajada de tensión, y tiene un aumento en la tensión de CA con una duración de 0,5 ciclos a 1 minuto. En el caso de los aumentos de tensión, son causas comunes las conexiones neutras de alta impedancia, las reducciones repentinas de carga (especialmente de cargas grandes) y una falla monofásica sobre un sistema trifásico.

*Figura 9 – Aumento de tensión*



El resultado puede ser errores de datos, parpadeo de luces, degradación de contactos eléctricos, daño a semiconductores en equipos electrónicos y degradación del aislamiento. Los acondicionadores de línea de suministro, los sistemas UPS y los sistemas de control ferro resonante son soluciones comunes.

Al igual que las bajadas de tensión, los aumentos de tensión pueden no ser evidentes hasta que se ven sus consecuencias, Poseer dispositivos UPS y/o de acondicionamiento de energía que también monitorean y registran los eventos energéticos entrantes ayudara a medir el momento y la frecuencia con que ocurren estos eventos.

Las sobretensiones (Figura 10), pueden ser el resultado de problemas de larga duración que crean aumento de tensión. Una sobretensión puede considerarse un aumento de tensión prolongado, también son comunes en áreas donde los valores de referencia de los taps del transformador de suministro están mal configurados y se han reducido las cargas. Esto es común en regiones estacionales donde las comunidades reducen el uso de energía fuera de temporada y aún se está suministrando la capacidad de energía para la parte de la estación de alto uso, aun cuando la necesidad de suministro es mucho más pequeña. Es como poner el dedo pulgar sobre el extremo de una manguera de jardín. La presión aumenta porque el orificio por donde sale el agua se ha achicado, aun cuando la cantidad de agua que sale de la manguera sigue siendo la misma. Las condiciones de sobretensión pueden crear un consumo de alta corriente y pueden provocar el disparo innecesario de los disyuntores aguas abajo, además sobrecalentar y sobre exigir a los equipos.

*Figura 10 – Sobretensión*



Dado que una sobretensión es en realidad simplemente un aumento de tensión constante, la misma UPS o el equipo de acondicionamiento que funciona para los aumentos de tensión funcionarán para las sobretensiones. Sin embargo, si la alimentación entrante se encuentra constantemente en una condición de sobretensión, también puede ser necesario corregir el suministro de la red a su establecimiento. Los mismos síntomas de los aumentos de tensión también se aplican a las sobretensiones. Dado que las sobretensiones pueden ser más constantes, el calor excesivo puede ser una indicación externa de una sobretensión.

Los equipos (bajo condiciones ambientales y de uso normales), que normalmente producen una cierta cantidad de calor, de repente pueden aumentar su salida calorífica debido al estrés causado por una sobretensión.

#### **1.4.5. Distorsión de la forma de onda.**

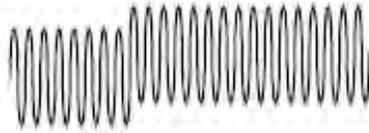
Existen cinco tipos principales de distorsión de forma de onda.

- Desplazamiento por CC.
- Armónica.
- Interarmónica.
- Corte intermitente.
- Ruido.

### 1.4.5.1. Desplazamiento por CC.

La corriente continua (CC) puede inducirse a un sistema de distribución de CA, frecuentemente a consecuencia de la falla de rectificadores dentro de las diversas tecnologías de conversión de CA a CC que han proliferado en los equipos modernos. La CC puede trasponer el sistema de suministro de CA y agregar corriente indeseada a dispositivos que ya están funcionando a su nivel nominal. El sobrecalentamiento y la saturación de los transformadores pueden ser el resultado de la circulación de corrientes CC. Cuando un transformador se satura no solamente se calienta sino que además es incapaz de entregar toda su potencia a la carga, y la subsiguiente distorsión de forma de onda puede crear una mayor inestabilidad en los equipos de carga electrónica. Un desplazamiento e CC se ilustra en la figura 11.

*Figura 11 – Desplazamiento por CC*



La solución a los problemas de desplazamiento por CC es reemplazar el equipo defectuoso que es la fuente del problema. Poseer equipos muy modulares y reemplazables por el usuario puede incrementar enormemente la facilidad de resolver los problemas de desplazamiento por CC causados por un equipo defectuoso, con un costo menor que el que suele necesitarse para la mano de obra de reparación especializada.

### 1.4.5.2. Armónicas.

La distorsión armónica (Figura 12), es la corrupción de la onda senoidal fundamental a frecuencias que son múltiplos de la fundamental, por ejemplo 180 Hz es la tercera armónica de una frecuencia fundamental de 60Hz. Los síntomas de problemas de las armónicas

incluyen transformadores, conductores neutros y otros equipos de distribución eléctrica sobrecalentados, así como el disparo de disyuntores y la pérdida de sincronización en los circuitos de cronometraje que dependen de un disparador de onda senoidal en un punto de cruce por cero.

*Figura 12 – Distorsión armónica típica de la forma de onda*

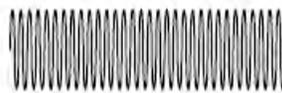


### **1.4.5.3. Interarmónica.**

La distorsión interarmónica (Figura 13), es un tipo de distorsión de forma de onda que suele ser el resultado de una señal sobrepuesta en la señal de tensión por equipos eléctricos como convertidores de frecuencia estáticos, motores de inducción y dispositivos de generación de arco. Los ciclo convertidores (que controlan grandes motores lineales utilizados en equipos laminadores, cementeros y mineros) crean algunos de los problemas más importantes de las fuentes de alimentación interarmónica. Estos dispositivos transforman la tensión de potencia en una tensión de CA de una frecuencia menor o mayor que la de la frecuencia de suministro.

El efecto más notable de la interarmónica es el parpadeo visual de monitores y luces incandescentes, además de causar un posible calentamiento e interferencia en las comunicaciones.

*Figura 13 – Distorsión interarmónica de la forma de onda*



Las soluciones para la interarmónica incluyen filtros, sistemas UPS y acondicionadores de línea.

#### 1.4.5.4. Corte intermitente.

El corte intermitente (Figura 14), es una perturbación periódica de la tensión causada por dispositivos electrónicos, como controles de velocidad variable, atenuadores de luz y soldadores por arco durante el funcionamiento normal. Este problema podría describirse como un problema de impulso transitorio, pero dado que los cortes intermitentes son periódicos en cada medio ciclo, el corte intermitente se considera un problema de distorsión de forma de onda. Las consecuencias usuales del corte intermitente son el paro total del sistema, la pérdida de datos y los problemas de transmisión de datos.

*Figura 14 – Corte intermitente*

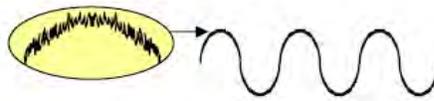


Una solución de los cortes intermitentes es trasladar la carga lejos del equipo que causa el problema (de ser posible). Las UPS y los equipos de filtrado también son soluciones viables para los cortes intermitentes, si el equipo no puede ser trasladado.

#### 1.4.5.5. Ruido.

El ruido (Figura 15), es una tensión indeseada o corriente sobrepuesta en la tensión del sistema de energía eléctrica o forma de onda de la corriente. El ruido puede ser generado por dispositivos electrónicos alimentados eléctricamente, circuitos de control, soldadores por arco, fuentes de alimentación para conexiones, transmisores radiales, etc. Los sitios con conexiones de puesta a tierra deficientes hacen que el sistema sea más susceptible al ruido. El ruido puede causar problemas técnicos a los equipos como errores de datos, malfuncionamiento de los equipos.

Figura 15 - Ruido

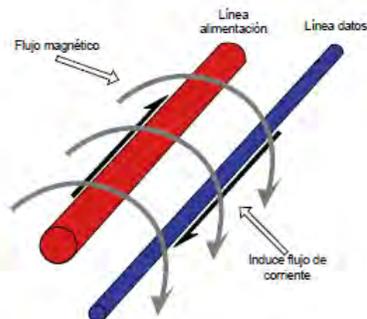


Existen muchos enfoques diferentes para controlar el ruido, y algunas veces resulta necesario utilizar varias técnicas en forma conjunta para lograr el resultado requerido, algunos métodos son los siguientes:

- Aislar la casa u oficinas mediante una UPS.
- Instalar un transformador de aislamiento blindado y puesta a tierra.
- Reubicar la carga lejos de la fuente de interferencia.
- Instalar fuentes de ruido.
- Blindar cables.

El daño de datos es uno de los resultados más comunes del ruido. La EMI y la RFI puede crear inductancia (corriente y tensión inducidas) en los sistemas que transportan datos, como se ilustra en la Figura 16. Dado que los datos viajan en formato digital (unos y ceros representados por tensión o falta de tensión), el exceso de tensión por sobre los niveles operativos de los datos pueden dar la apariencia de datos que no corresponden o viceversa.

Figura 16 - Inducción



## Capítulo 2. Aplicación de tecnologías a elementos eléctricos comunes en la industria.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. Para aumentar la competitividad las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Usando equipos de alta eficiencia como motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatizando sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (microcontroladores, computadores, PLC, etc.).
- Reduciendo los costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reduciendo las pérdidas de energía.
- Evitando los costos por sobredimensionamiento y tarifas.
- Evitando el envejecimiento prematuro de los equipos.

La proliferación de equipos de control y automatización han aumentado los problemas de confiabilidad en la producción. Pues los equipos electrónicos son una fuente de perturbaciones para la calidad de la energía eléctrica pues distorsionan las ondas de tensión y corriente. Por otro lado los equipos de control y automatización son muy sensibles a distorsión o magnitud de la onda de tensión por lo que una variación en la calidad de la energía eléctrica puede ocasionar fallas que paralicen la producción ocasionando tiempo perdido y costos de producción inesperados. Entonces hay que convivir con el problema y encontrarle soluciones cada vez más óptimas, para lo cual el estudio de los fenómenos de la calidad de la energía es indispensable.

## **2.1. Motores.**

Un motor eléctrico es un dispositivo que funciona con corriente alterna o directa y que se encarga de convertir la energía eléctrica en movimiento o energía mecánica.

Desde su invención, los motores eléctricos han pasado a ser herramientas muy útiles que sirven para realizar múltiples trabajos.

Se les encuentra en aplicaciones diversas, tales como: ventiladores, bombas, equipos electrodomésticos, automóviles, etc.

### **2.1.1. Principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico.**

Todo motor se basa en la idea de que el magnetismo produce una fuerza física que mueve los objetos. En dependencia de cómo se alineen los polos de un imán, así podrá atraer o rechazar otro imán.

En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí, de tal modo que hagan moverse su parte giratoria, llamado rotor.

En el rotor se encuentra un cableado, llamado bobina, cuyo campo magnético es opuesto al de la parte estática del motor.

El campo magnético de esta parte lo generan imanes permanentes, precisamente la acción repelente a dichos polos opuestos es la que hace que el rotor comience a girar dentro del estator.

Si el mecanismo terminara allí, cuando los polos se alinearan el motor se detendría. Por ello, para que el rotor continúe moviéndose es necesario invertir la polaridad del electroimán.

La forma en que se realiza este cambio es lo que define los dos tipos de motor eléctrico.

### **2.1.2. Tipos de motor.**

La clasificación de los motores eléctricos depende de la fuente de alimentación que se suministre.

La mayoría de estos funcionan con AC, la que cambia la dirección del flujo muchas veces en un segundo.

Las áreas de polaridad positiva y negativa en el electroimán se revierten y alternan, lo que mantiene el eje girando.

Cualquier equipo que se mueva y esté conectado a un tomacorriente de pared se impulsa por un motor eléctrico de este tipo.

También existen los motores que trabajan con DC. Estos obtienen la electricidad de un batería.

Para lograr el proceso de inversión poseen una pieza llamada conmutador que alterna dentro del electroimán la dirección de la corriente, una suerte de alternancia artificial, y cambia la polaridad del campo magnético.

La ingeniería moderna ha logrado inventos que hombres de hace siglos siquiera podrían soñar, el motor eléctrico es un vivo ejemplo de esto. Aunque el magnetismo es estudiado hace muchos siglos la utilización de este para crear energía mecánica es algo relativamente nuevo.

### **2.1.3. Tipos de arranque de motores trifásicos.**

Como sabemos los motores suelen consumir corrientes muy elevadas en el momento del arranque y estos aparte de ser perjudicial para el motor, también puede provocar fluctuaciones dentro de la red de suministro eléctrico lo que puede llegar a afectar otros equipos. Debido a este tipo de problemas se consideran diversos tipos de arranque de los

motores eléctricos trifásicos. Diversos factores se consideran para seleccionar el tipo de arranque que se utilizara, estos factores son:

- Requisitos de torque y arranque de la carga.
- Las características de arranque del motor.
- La fuente de energía y el efecto de la corriente de arranque del motor sobre el voltaje de línea.
- El efecto de torque de arranque del motor en la carga impulsada. 5. Función que realizara el motor.

### **2.1.3.1 Arranque directo.**

El arranque directo o arranque a pleno voltaje, es el arranque más simple de estos métodos pese a que se conecta el motor directamente a la línea de alimentación, se utiliza simplemente un interruptor de cuchillas y se colocan fusibles como el sistema de protección. Generalmente en estos sistemas se utilizan arrancadores para realizar la función de protección contra sobrecarga, los arrancadores pueden ser de tipo manual o magnético dependiendo del tamaño del motor. La mayoría de los motores que se construyen en la actualidad son capaces de soportar la sobre corriente que se produce durante el arranque. Pero la protección también nos protege el circuito de control, pese a que hay diferentes dispositivos y algunos de ellos puede que no sean capaces de soportar la sobre corriente. Es importante antes de realizar la instalación de este tipo de arranque una verificación de los conductores y verificar la capacidad del sistema de distribución para determinar si es posible realizar este tipo de arranque o preferentemente optar por un arranque a tensión reducida. Este tipo de arranque se utiliza generalmente para motores pequeños de bajas capacidades.

### **2.1.3.2. Arranque por resistencia primaria.**

El método de arranque de resistencia primaria es de los más utilizados, a causa de su simplicidad, este método es de tipo a voltaje reducido. Consiste en la conexión de resistencias en serie con las líneas de alimentación hacia el motor. La corriente de entrada deberá pasar a través de las resistencias lo que creará una caída de voltaje. Cabe mencionar que al reducir la carga de arranque del motor este arrancará con una velocidad reducida. El método de arranque por resistencia primaria es controlado por dos grupos de contactos; uno utilizado para la alimentación del motor a través de las resistencias y otro para sacar a las resistencias del sistema y de esta forma suministrar el voltaje pleno al motor y para acelerar el motor a su velocidad plena. En este tipo de arranque se utiliza un temporizador (controladores de tiempo o relevadores de control de tiempo), encargado de sacar del sistema a las resistencias mediante la activación de los contactos de una manera automática.

### **2.1.3.3. Arranque por autotransformador.**

Este tipo de arranque es poco usual, se utiliza para motores muy grandes de potencias muy elevadas. Se alimenta a voltaje reducido mediante el uso de dos autotransformadores, tomando así menos corriente y su torque será menor. En este el arranque se da en tres tiempos:

- Se acopla el autotransformador en estrella, a continuación el motor se acopla a la red de alimentación a través de los devanados del autotransformador, en este momento se lleva a cabo el arranque del motor a un voltaje reducido en función de la relación de transformación.
- La estrella se abre antes de que el motor pase a pleno voltaje, ahora una parte del devanado se conecta a la red para crear una inductancia en serie con el motor. (Todo esto se realiza cuando se alcanza la velocidad de equilibrio).

- Las inductancias en serie con el motor se cortocircuitan y el autotransformador queda fuera del circuito dejando al motor trabajando a voltaje pleno. Este arranque se lleva a cabo sin interrupciones de corriente al motor lo que evita que se produzca algún fenómeno transitorio. Pero se deben tomar ciertas precauciones ya que pueden aparecer fenómenos durante el acoplamiento a pleno voltaje. Este tipo de arranque es utilizado para motores grandes con potencias superiores a 150 KW; aunque el precio de un autotransformador es muy elevado.

#### **2.1.3.4. Arranque a rotor bobinado.**

Este tipo de arranque se aplica a los motores de rotor bobinado con anillos rozantes. En este se utilizan resistencias conectadas en serie con las bobinas del rotor en forma que al elevarse la impedancia, se disminuye la corriente absorbida en el arranque y a medida que se va adquiriendo velocidad las resistencias se van disminuyendo hasta quedar totalmente fuera del circuito. Este tipo de arranque mejora en gran medida el factor de potencia e incluso es posible la velocidad de arranque  $\pm 25\%$  si el motor esta en carga. La velocidad se regula mediante la variación del deslizamiento; esto quiere decir, que si se aplica un voltaje menor a los bobinados del rotor, aumentara su deslizamiento y disminuirá la velocidad del rotor.

#### **2.1.3.5. Arranque por conexión estrella-delta.**

Este método se utiliza cuando se requiere reducir la corriente de arranque y la torsión en el motor. Esto consiste en arrancar el motor con conexión estrella a un voltaje inferior a la que soporta el motor. Cuando se conecta el devanado del estator de un motor en delta, el voltaje de cada fase será el mismo que el valor de la línea de alimentación, al realizar una conexión por algún medio externo en estrella el voltaje de cada fase se reducirá hasta el valor del

voltaje de línea entre la raíz de tres ( $V_L/\sqrt{3}$ ), esto es igual al 58 % del voltaje de la línea. Debido a que se disminuye el voltaje, el par de arranque también se reducirá ya que son proporcionales. El principio del arranque en estrella-delta consiste en acoplar los devanados del motor en estrella a la red de tensión esto es lo que genera que el voltaje disminuya. Al arrancar el motor con un par menor la velocidad de este mismo será menor. Esta se estabiliza cuando el par del motor y el par resistente se estabilicen (alrededor del 80% de la velocidad nominal) en este momento los devanados se acoplan en delta y el motor trabaja normalmente. Se utiliza un temporizador para controlar la transición del acoplamiento de estrella a delta. La corriente que recorre los devanados se interrumpe con la apertura del contactor de estrella y se restablece con el cierre del contactor de triángulo. Es importante considerar que el arranque estrella-delta es apropiado para las máquinas que tienen un par resistente débil o que pueden arrancar en vacío.

#### **2.1.3.6. Arranque suave.**

Este tipo de arranque funciona mediante dispositivos electrónicos los cuales permiten un aumento continuo y lineal del par y ofrece la posibilidad de una reducción selectiva de la corriente de arranque. En éste también se puede controlar el paro de un motor de una manera suave, esto se logra mediante la reducción de la tensión. Los arrancadores suaves utilizan tiristores que se conectan en anti paralelo (en electrónica de potencia es cuando se conecta dos tiristores en paralelo pero con sus polaridades invertidas) a cada una de las fases, uno encargado de la onda positiva y otro de la onda negativa; es importante saber que los tiristores solo se encuentran activos durante la etapa de aceleración y desaceleración del motor.

Podemos encontrar dos variantes de arrancadores suaves, uno que solo controla dos fases del motor mediante los tiristores y en el otro se controla cada una de las fases. El control mediante dos fases es utilizado para motores pequeños y medianos (menores a 250kw), con ellos se puede ajustar el tiempo de arranque y el tiempo de paro así como la tensión de arranque; para sacar de operación a los tiristores se utilizan contactos internos para realizar

la función de bypass y sacar de operación al arrancador cuando el motor este trabajando a su tensión y par adecuados.

Una de las partes más importantes de los arrancadores suaves es su capacidad de regular sus diferentes parámetros como son el tiempo y el voltaje de arranque, estos se regulan por medio de potenciómetros con los cuales se ajustan a los valores deseados.

### **2.1.3.7. Arranque por convertidor de frecuencia.**

Dentro de los diversos sistemas de arranque el método por convertidor de frecuencia es el más efectivo siempre que se requiera controlar y ajustar la velocidad de un motor. Aunque el método fue implementado principalmente para el control de la velocidad, es utilizado para diferentes objetivos como pueden ser:

- Arranque con cargas de gran inercia.
- Optimizar el consumo eléctrico.
- Arrancar con grandes cargas en redes de baja capacidad de cortocircuito.

El arranque por convertidor es de las técnicas nuevas de control de motores, se le puede considerar otro tipo de arranque suave, pero su aplicación solo tiene sentido si se requiere variar la velocidad durante la operación del motor. En los convertidores de frecuencia es donde se lleva a cabo la transformación de las características de la energía de entrada al convertidor de energía suministrada por la red de distribución, pasan de tensión alterna continua o de una tensión alterna a otra alterna de diferente valor eficaz. El esquema del diagrama de arranque por convertidor de frecuencia, se encuentra conformado por un rectificador en las líneas de alimentación seguido de una etapa de corriente directa a la cual se le conoce como “D.C. link” y después un inversor para pasar de corriente directa a corriente alterna para alimentar el motor.

## 2.2. Hornos.

Los hornos industriales son los equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan los materiales y las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente. El objeto de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Alcanzar la temperatura necesaria para que se produzcan las reacciones químicas necesarias para la obtención de un determinado producto.
- Cambios de estado (Fusión de los metales y vaporización).
- Ablandar para una operación de conformado posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades.
- Recubrir las piezas con otros elementos, operación que se facilita frecuentemente operando a temperatura superior a la del ambiente (Vitrificado de los productos cerámicos, por ejemplo).

La energía calorífica requerida para el calentamiento de los hornos puede proceder de:

- Gases calientes (Llama) producidos en la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que calientan las piezas por contacto directo entre ambos o indirectamente a través de paredes o tubos radiantes o intercambiadores en general.
- Energía eléctrica en diversas formas:
  - Arco voltaico de corriente alterna o continúa.
  - Inducción electromagnética.
  - Alta frecuencia en forma de dielectricidad o microondas.
  - Resistencia óhmica directa de las piezas.
  - Resistencias eléctricas dispuestas en el horno que se calientan por efecto Joule y ceden calor a la carga por las diversas formas de transmisión de calor.

Son evidentes algunas de las ventajas del calentamiento eléctrico que se señalan a continuación:

- Ausencia de humos de combustión.
- Mejores condiciones de trabajo alrededor del horno y ambientales por el exterior.
- Mayor seguridad del personal.
- Posibilidad de mantener los hornos sin vigilancia fuera de las horas de trabajo por eliminación del peligro de explosiones.
- Más simple utilización de las fibras cerámicas como aislamiento del horno.
- Gran elasticidad de funcionamiento y sencilla automatización de los hornos.

Los factores que más influyen en la eficiencia y economía en los hornos industriales y las técnicas a emplear se indican seguidamente.

- La elección de tipo de horno, su capacidad, tipo de calefacción y forma de operar, debe siempre realizarse mediante un estudio técnico-económico, optimizando el diseño para adecuarlo al objetivo. Debe procurarse que el horno se utilice exclusivamente para realizar las operaciones para las que se ha diseñado.
- Siempre que sea posible debe pasarse del trabajo discontinuo a continuo. En los procesos discontinuos deben utilizarse hornos de baja inercia térmica por alcanzar más rápidamente la temperatura de operación y tener menos pérdidas energéticas en las paradas. En los hornos de funcionamiento intermitente debe programarse el trabajo de tal forma que los tiempos de espera sean mínimos.
- Una buena estanqueidad del horno evita entradas de aire incontroladas.
- El empleo de materiales altamente refractarios permite temperaturas más altas, con la consiguiente mejora de la eficacia.
- Debe trabajarse, siempre que sea posible, a plena capacidad de la instalación.
- Debe automatizarse al máximo el control del proceso, así como las operaciones de carga y descarga, evitando operaciones erróneas.
- Aprovechar la energía desprendida en los procesos exotérmicos.
- No operar nunca a temperaturas más altas de lo necesario.
- Recuperar los efluentes valiosos y aprovechar térmicamente el carbono y el monóxido de carbono para producir, mediante su combustión, vapor para proceso. Acoplar el horno con el resto del proceso, utilizando su energía residual en etapas que consumen energías de calidad decreciente.

- Evitar una excesiva humedad en el producto a tratar secándolo antes de su introducción al horno mediante gases residuales u otras energías semidegradadas.
- Utilizar fundentes con el fin de rebajar la temperatura de operación.

## 2.3 Iluminación.

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 %, como muestra la figura 17.

Sector	% de energía eléctrica dedicada a iluminación
Oficinas	50 %
Hospitales	20-30 %
Industria	15 %
Colegios	10-15 %
Comercios	15-70 %
Hoteles	25-50 %
Residencial	10-15 %

Figura 17.

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades de la empresa a iluminar.

La energía consumida por una instalación de iluminación depende de la potencia del sistema de alumbrado instalado y del tiempo que está encendida. Ambos aspectos son importantes ya que sus variaciones pueden afectar a la eficiencia energética de la instalación. Es importante

conocer el consumo de energía de una instalación (existente o futura) cuando se considera el coste-efectividad de medidas para mejorar su eficiencia energética. Tales medidas requerirán una inversión económica, pero reducirán el consumo de energía en el futuro.

### **2.3.1 Fuentes de luz.**

Las fuentes de luz (lámparas) producen la luz de distintas formas:

- Calentando cuerpos sólidos hasta alcanzar su grado de incandescencia (fundamento de las lámparas incandescentes).
- Provocando una descarga eléctrica en el seno de un gas.
- Provocando una descarga en un cuerpo sólido (LED).

Las principales características para definir las fuentes de luz son las siguientes:

- Potencia.

Potencia eléctrica de alimentación (W) necesaria para el funcionamiento de una fuente de luz.

- Eficacia Luminosa.

La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo de luz que emite dividida por la potencia eléctrica consumida en su obtención.

### **2.3.2 Implementación de sistemas led.**

El empleo más común que se le da a la energía es la iluminación, ya que ocupa el 19% del consumo de la electricidad mundial. Actualmente, la baja eficiencia en las anteriores tecnologías y el malgasto de la iluminación hacen evidente la necesidad de introducir mejoras en este sector.

Los diodos emisores de luz, o led, pueden ser la tecnología más adecuada para iluminar el mundo, ya que las bombillas de bajo consumo más empleadas hasta ahora.

La iluminación incandescente consume el 30% de la energía eléctrica usada para iluminación mientras que sólo produce el siete por ciento de luz efectiva.

Actualmente, la alternativa de iluminación de interior son las lámparas fluorescentes. Este tipo de iluminación representa el 64% de la iluminación generada eléctricamente y el 45% del uso de energía eléctrica para iluminación. La eficiencia de la iluminación fluorescente varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 y 8 veces mayor a las incandescentes.

La iluminación LED se diferencia de las demás bombillas por consumir entre un 80 y 90% menos de electricidad que una bombilla incandescente tradicional y un 65% menos de electricidad que una bombilla de bajo consumo de tecnología fluorescente.

El uso de la tecnología LED está extendido en muchas de las aplicaciones cotidianas, debido a su bajo consumo, fiabilidad y duración. Esta tecnología ha supuesto el mayor avance en el campo de la iluminación desde que se inventó la luz, con una durabilidad menor o igual a 20 años. En definitiva, la tecnología LED es una opción sostenible, práctica y funcional para lograr un ahorro en sus diferentes aplicaciones.

### **2.3.3 Ventajas de sistemas led.**

- Alta eficiencia. La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de características similares. Esto aproximadamente, significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas de Led se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por Vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

- Bajo consumo. Consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.
- Duración. Las bombillas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura. No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.
- Calidad de luz emitida. El CRI proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de "bajo consumo", además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un CRI muy bajo en torno a 44.
- Baja emisión de calor. Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45 aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado.
- Respuesta instantánea. El encendido y apagado de las bombillas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.
- Regulables. Algunos modelos LED son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.

- Ecológicos. Las bombillas LED son totalmente reciclables y ecológicas ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes.
- Resistencia. Las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen un bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.
- Versatilidad. Se pueden encontrar de todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED, lámparas, tubos, paneles planos, tiras, farolas, focos industriales, etc.
- Ahorro en cableado de instalación. Debido a que el consumo de energía es mucho menor, las instalaciones eléctricas de las lámparas de LED se hacen con cables de calibres mucho menor, esto se traduce directamente en un ahorro sustancial en el cableado y en las instalaciones. Además en muchas de las sustituciones, simplemente es cambiar un bombillo por otra, ya que los casquillos de las bombillas led y las tradicionales son iguales.

### **Capítulo 3. Aplicación de capacitores en los sistemas eléctricos.**

Un condensador o capacitor es un dispositivo utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Aunque desde el punto de vista físico un condensador no almacena carga ni corriente eléctrica, sino simplemente energía mecánica latente; al ser introducido en un circuito se comporta en la práctica como capaz de almacenar la energía eléctrica que recibe durante la carga, a la vez que la cede de igual forma durante la descarga. Un condensador electrolítico es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos

con relativa alta corriente y baja frecuencia. Los condensadores electroquímicos de doble capa, también conocidos como súper condensadores, súpercapacitores, pseudocapacitores, ultracondensadores, ultracapacitores, son dispositivos electroquímicos capaces de sustentar una densidad de energía inusualmente alta en comparación con los condensadores normales, presentando una capacitancia miles de veces mayor que la de los electrolíticos de alta capacidad.

### **3.1 Corrección de factor de potencia.**

Todos los aparatos eléctricos que suministran energía ya sea en forma de luz, calor, sonido, rotación, movimiento, etc. Consumen una cantidad de energía eléctrica equivalente a la entregada directamente de la fuente de electricidad a la cual están conectados. Esta energía consumida se denomina Activa, la cual se registra en los medidores y es facturada al consumidor por la empresa de suministro eléctrico. Algunos aparatos, debido a su principio de funcionamiento, toman de la fuente de electricidad una cantidad de energía mayor a la que registra el medidor: una parte de esta energía es la ya mencionada energía Activa, y la parte restante no es en realidad consumida sino entretenida entre el aparato y la red de electricidad. Esta energía entretenida se denomina Reactiva y no es registrada por los medidores del grupo tarifario al cual pertenecen los consorcios. La energía total (formada por la Activa y la Reactiva) que es tomada de la red eléctrica se denomina Aparente y es la que finalmente debe ser transportada hasta el punto de consumo.

La energía que toman los aparatos de la fuente es de una corriente alterna que tiene que ser convertida a corriente continua, esta conversión provoca un desfase de la corriente y que pierda su forma sinodal originando un factor de potencia bajo.

El hecho de transportar una energía mayor a la que realmente se consume, impone la necesidad de que los conductores, transformadores y demás dispositivos que participan en el suministro de esta energía sean más robustos, por lo tanto se eleva el costo del sistema de distribución.

Además, el efecto resultante de una enorme cantidad de usuarios en esta condición, provoca que disminuya en gran medida la calidad del servicio de electricidad (altibajos de tensión, cortes de electricidad, etc.). Por estos motivos, las compañías de distribución, toman medidas que tienden a compensar económicamente a esta situación (penalizando o facturando la utilización de energía Reactiva) o bien a regularizarla (induciendo a los usuarios a que corrijan sus instalaciones y generen un mínimo de energía Reactiva).

La figura 19 puede ser usada para ilustrar las diferentes formas de potencia eléctrica.

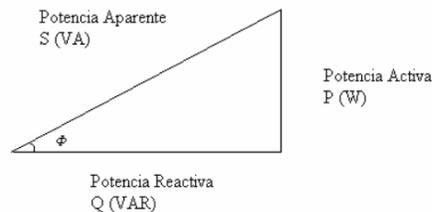


Figura 19.

En resumen factor de potencia significa energía desperdiciada por una empresa y en consecuencia, un incremento en su facturación. Por esto se ofrece una reducción en su facturación de energía eléctrica si el F.P. es mayor del 90% y un recargo si es menor del 90%, de acuerdo a las siguientes fórmulas de la figura 20.

CONCEPTO	FÓRMULA	% MÁXIMO APLICABLE
BONIFICACIÓN	$\frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{90}{F.P.} \right) \right] \times 100$	2.5
PENALIZACIÓN	$\frac{3}{5} \left[ \left( \frac{90}{F.P.} \right) - 1 \right] \times 100$	120

Figura 20.

### **3.3 Origen del bajo factor de potencia.**

La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

#### **3.1.4. Problemas técnicos de bajo factor de potencia.**

Además del incremento en el importe de la facturación, un bajo factor de potencia también deriva en los siguientes problemas:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores.
- Desgaste prematuro de los conductores.
- Sobrecarga de transformadores y líneas de distribución.
- Incremento en caídas de voltaje.

### 3.1.5. Compensación por capacitores.

Ya que el bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva, que algunos equipos requieren para su funcionamiento, es necesario compensar este consumo reactivo mediante bancos de capacitores y/o filtros de armónicas (Carga lineal y no lineal). Se pueden manejar tres arreglos para la aplicación de capacitores, los cuales pueden combinarse entre sí según el arreglo que más beneficie en cada caso.

Compensación individual: Únicamente estaría en servicio cuando opere la carga a controlar, como se muestra en la imagen 21

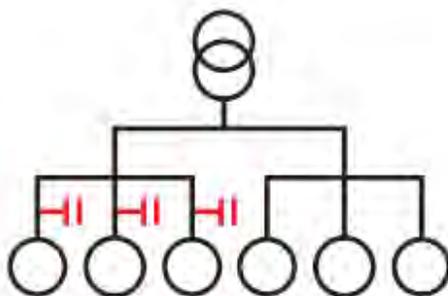


Imagen 21.

Compensación en grupo: Varias cargas de igual capacidad y periodo de trabajo, se pueden compensar con un capacitor en común, en un punto único como un centro de carga, como se muestra en la imagen 22.

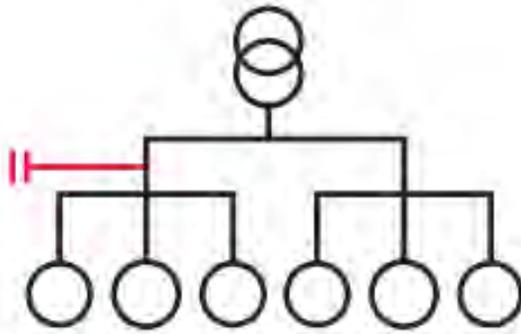


Imagen 22.

Compensación central: Cargas distintas que operan a diferentes períodos pueden ser compensadas, con un banco único de capacitores, conectado usualmente a la entrada de la instalación, el cual mejora el nivel de voltaje pero no reduce las pérdidas.

## **Capítulo 4. Las tarifas de CFE.**

El costo de la energía representa un porcentaje elevado dentro de los gastos de operación de cualquier organización, motivo por el cual es de vital importancia el establecimiento de estrategias operativas para hacer uso eficiente de la energía y obtener como consecuencia ahorros económicos.

### **4.1 Demanda máxima.**

Se puede definir como la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo. El medidor de energía almacena la lectura correspondiente al máximo valor registrado de demanda (Kw) en intervalos de 15 minutos del periodo de facturación.

### **4.2 Administración y control de demanda.**

El control y administración de la demanda, son todas las actividades, encaminadas, a optimizar el uso de la capacidad del equipo instalado, tanto de los usuarios como de los suministradores de energía eléctrica que consiste en reducir o controlar la demanda en Kw durante un período de tiempo, comúnmente en el horario de mayor costo de la energía, optimizando la operación de los equipos eléctricos sin afectar el proceso de producción.

En términos generales, es la acción de interrumpir por intervalos de tiempo la operación de cargas eléctricas que inciden directamente sobre la demanda facturable, a fin de reducir o limitar los niveles de consumo en razón de los precios tarifarios comúnmente conocido como cambio de hábito de consumo.

Es importante señalar que el cambio de hábito de consumo, se plantea como una alternativa de ahorro económico en sistemas eficientes ya que actualmente el cargo por demanda

representa entre un 20 a un 30% de la facturación eléctrica, además de la reducción en el cargo por demanda, también se verá reflejado en el cargo por consumo en el horario punta.

Por lo anterior, se requiere que las personas que están aplicando este tipo de programas tengan un amplio conocimiento del proceso productivo de la empresa y su capacidad de flexibilidad. Asimismo, tener conocimientos sobre los consumos horarios, particulares y totales, además de los costos de producción y su balance.

El cambio de hábito, no es disminuir el consumo de energía, se trata de hacer un uso más eficiente y efectivo de la potencia que se demanda. Sin embargo en el proceso de análisis, para controlar las cargas se encontrarán innumerables vicios ocultos, que podrán ser evaluados por los expertos de cada proceso para erradicarlos y de esta manera reducir significativamente el uso de energía eléctrica.

### 4.3. Métodos para administrar y controlar la demanda.

La demanda máxima puede ser administrada y controlada manualmente o con ayuda de dispositivos automáticos. En la imagen 23 se muestra el comparativo entre tener una administración de carga (verde), y sin administración (naranja).



Imagen 23.

Manual: El personal coordina la operación de los equipos en función del proceso de producción a fin de evitar los picos de cargas innecesarias. Tiene limitaciones en cuanto a rapidez y precisión por el factor humano.

Automático: Se programan los equipos a través de dispositivos electrónicos o mecánicos para controlar los picos de demanda. Sin importar el tipo de control que se utilice, debe conocerse el proceso de producción perfectamente, ya que de ahí se toman los datos para realizar la optimización, tales como:

- Información de valores de producción y energía necesarios.
- La identificación del día y la hora en que ocurre la demanda máxima y las cargas que contribuyen a la misma.
- La identificación de los equipos que pueden sacarse de operación sin afectar el proceso de producción.

Es recomendable comenzar con un método manual de control de demandas antes de automatizar este proceso.

#### **4.4. Problemáticas identificadas.**

Los métodos y tecnología para el control de la demanda eléctrica continua avanzando, sin embargo se pueden presentar dificultades en su implementación debido a los siguientes factores:

- Desconocimiento de la estructura tarifaria (Horarios base, intermedio, semi punta y punta.).
- Desconocimiento del concepto de demanda máxima y demanda facturable.
- Desconocimiento de los beneficios económicos que pueden lograrse.

Es necesario un amplio conocimiento del proceso para priorizar por tiempos las cargas que se desconectaran y reconectarán, antes de instalar los equipos que controlaran de forma automática la demanda.

Cuando a pesar de la instalación de equipos de control de la demanda, no se obtienen los resultados deseados puede derivarse de las siguientes causas:

- Mal diseño.
- Falta de mantenimiento.
- Falta de capacitación del personal operativo.
- Mala priorización de cargas y de los tiempos de desconexión y re conexión.
- Condiciones ambientales inadecuadas.

#### **4.5 Ventajas al administrar y controlar la demanda de energía eléctrica.**

Al establecer estrategias de cambio de hábitos de consumo de la energía eléctrica se obtienen los siguientes beneficios:

Para el cliente:

- Conocimiento de la estructura tarifaria del personal operativo.
- Involucramiento del personal para conocer todas las etapas del proceso.
- Crecimiento de la cultura del ahorro en la organización.
- Disminución del consumo en el horario punta.
- Disminución de la demanda facturable.
- Disminución del cargo por demanda Kw.
- Disminución del cargo por consumo Kwh.
- Disminución del 20 al 30% en el importe de su facturación.
- Empresas más competitivas.

Para el suministrador:

- Reducir el requerimiento de demanda en el horario punta, generando estabilidad en el sistema eléctrico nacional.

- Disminución de pérdidas por el sobrecalentamiento de los equipos.
- Aumento de la vida útil de los equipos.
- Diferir las inversiones en infraestructura.

## **Capítulo 5. Plantas de emergencia y UPS en la calidad de energía.**

La calidad de la energía eléctrica puede definirse 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, las formas más comunes para tener energía eléctrica cuando exista una falla en el suministro son las plantas de emergencia y los UPS.

### **5.1 Plantas de emergencia.**

La energía eléctrica ha adquirido hoy en día una gran relevancia, cualquiera que sea su procedencia, ya que constituye por sí misma una riqueza de importancia básica en la vida moderna. Para asegurar la calidad de la energía producida se contemplan ciertas medidas preventivas como el disponer de una reserva de generación adecuada debido a condiciones anormales en los equipos o por una puesta fuera en servicio para su mantenimiento o falla en la alimentación de la energía, debido a la situación económica mundial y por supuesto la nacional, se han buscado no sólo nuevas fuentes de energía, sino también sistemas complementarios que adicionados a las ya existentes, permitan abatir los consumos de energéticos primarios. También, la energía, la comunicación y los sistemas de control fiables en una planta industrial, son vitales para la seguridad, la calidad y la productividad de la misma. Esto se logra mediante la utilización de sistemas de energía ininterrumpible. Las plantas eléctricas de emergencias, se usan actualmente en donde es esencial la continuidad del

servicio eléctrico, por ejemplo: en instalaciones de hospitales en las áreas de cirugía, recuperación, estadios, en la industria de proceso continuo, en instalaciones de computadoras, bancos de memorias, equipo de procesamiento de datos, etcétera.

Para muchas compañías, su empleado más valioso es una computadora. Por lo que, debido a la importancia de la información que manejan; una computadora, equipo de telecomunicaciones o cualquier otro mecanismo electrónico sensible y crítico no debe ser alimentado solamente por la energía comercial, ya que se corre el riesgo de causar pérdida de información, tiempo productivo, aumento del costo de mantenimiento y reducción de la vida de servicio del equipo.

Los mantenimientos a los que son sometidos los equipos para suministro emergente de energía, tienen gran importancia y en especial, el mantenimiento preventivo tiene un impacto directo sobre la vida útil del equipo, así como en la reducción de los tiempos muertos, cuotas de reparación y costos en el ciclo de vida óptima de los productos. Un programa de mantenimiento realizado regularmente redundará en un ahorro sustancial de costos, gran parte del cual puede ser atribuido a más tiempo en marcha y una utilización óptima de los equipos e instalaciones. Los contratos de los servicios de mantenimiento se deben diseñar según los requerimientos específicos de soporte y tiempo de respuesta que se necesiten; lo cual nos va a mantener en buen estado de funcionamiento nuestros equipos eléctricos y electrónicos; además, de proteger toda nuestra instalación, optimiza nuestra planta.

Una planta eléctrica de emergencia está formada principalmente por un motor de combustión interna, el cual puede ser de dos o cuatro tiempos y puede ser del tipo alimentado por gasolina, diesel o gas natural. El motor diesel normalmente se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico del tipo de inducción sin escobillas el cual transforma la energía mecánica del motor de combustión en energía eléctrica disponible en los bornes del generador, el cual se conecta a un centro de carga y por medio de un transfer o de forma manual nos proporciona energía cuando la compañía suministradora tiene fallas.

## 5.2 UPS.

Un UPS es una buena inversión que típicamente produce grandes utilidades y rápida amortización. Muchos usuarios de UPS reportan períodos de amortización inferiores de seis meses. Sin embargo, en algunos casos es muy difícil calcular los ahorros del costo tangible, porque algunas operaciones realmente no pueden ser ininterrumpidas; como hospitales, computadoras de control de procesos, etcétera, ya que los cortes de energía y perturbaciones causan alteración de los datos, elevan el costo de mantenimiento y servicio de las computadoras.

En una compañía de proceso continuo, es importante contar con estas fuentes alternas de energía y con programas de mantenimiento a los que son sometidas y con periodicidad, ya que si su sistema se paraliza, puede causarle no sólo la pérdida de cliente sino la pérdida del negocio debido a las oportunidades que dejaría escapar por no contar con sistemas confiables en el suministro eléctrico.

Es necesario contar con un levantamiento más preciso de la instalación, donde se tengan perfectamente identificados los circuitos que alimentan los contactos por cada piso, después habrá que hacer un proyecto para decidir cuáles de estos circuitos quedan alimentados por el UPS y cuales quedan a normal, esto debido a que no es sano alimentar todos los contactos por el UPS ya que constantemente hay personas que conectan cualquier tipo de cargas a los contactos como pulidoras de piso, taladros, refrigeradores, y demás cargas que no son de tipo lineal, y que en su gran mayoría están formadas por inductancias o bobinas. Una vez que se tienen identificados los contactos que se alimentarán con el UPS se deben de monitorear las cargas para poder hacer el cálculo de la capacidad del equipo UPS, solo así se podrá definir el tipo de UPS idóneo dando la capacidad exacta del mismo, es importante mencionar que los UPS nunca se calculan a plena carga ya que los incrementos por expansión de instalación eléctrica podrían propiciar que en un futuro cercano el UPS quedara limitado para poder abatir la cantidad de carga crítica es por eso que en los proyectos eléctricos los UPS se deben calcular al 70 % de la carga para que podamos quedar cubiertos en caso de incrementarse en expansiones a futuro como es el caso de los “sites” de comunicaciones, oficinas, laboratorios, etcétera.

En caso de que los UPS agoten la energía de baterías por no tener una fuente que los alimente ante un corte de franco de la energía comercial la pérdida de la información será inminente ya que como ya se mencionó anteriormente el tiempo de respaldo en modo de operación con baterías se limita a unos cuantos minutos, es por ello que también se recomienda que la alimentación del UPS esté conectada a una planta de emergencia.

## Conclusiones.

Como puede constatar en el anterior trabajo de investigación se tocaron temas con mucha importancia en cuanto al ahorro y eficiencia eléctrica en una planta industrial no dejando de lado la calidad de la misma. Se hizo referencia a los problemas que a simple vista son significativos, pero en realidad provocan grandes daños a los instrumentos y equipo eléctrico, tales como las distorsiones que sufre la onda de corriente alterna.

La ingeniería se aplica de manera extraordinaria haciendo estrategias, modificaciones y proyecciones que tienen que ver con el problema y la forma de solucionarlo dejando una gran satisfacción personal, así como la del cliente o patrón, a fin de cuentas esa es la principal función de un ingeniero: resolver problemas con el menor recurso posible.

Con la aplicación de estas medidas y estrategias también se verán beneficios económicos, algunas inmediatamente como es el caso de el corrimiento de cargasa horarios donde la energía eléctrica es más barata, otras a mediano plazo con la ayuda de tecnologías nuevas en la industria ya que se toma en cuenta el costo beneficio y tomara un poco de tiempo en verse reflejados los ahorros, como la implementación de sistemas led y los sistemas de arranque en motores que nos reducen la corriente al momento de encender que son los arrancadores suaves o variadores de velocidad, de los cuales su costo inicial es alto.

Actualmente un tema que preocupa mucho al ser humano es el cambio climático, y sabiendo que la mayor parte de la electricidad se produce a partir de combustibles fósiles que contaminan en gran medida. Si de manera periódica implementamos cada una de estas medidas de ahorro también ayudaremos al medio ambiente con la utilización eficaz de la energía, reduciendo consumos innecesarios.

Como se dijo anteriormente, sabemos de antemano que la electricidad proviene en gran parte de un recurso no renovable, y hasta que no obtengamos otra forma de obtener energía cada vez será menos el tiempo que tenemos para poder hacer lago en beneficio del planeta y de la humanidad, y si empezamos atacando el sector que más energía consume que es el industrial tendríamos beneficios incalculables y una mejor calidad de vida para nuestros hijos y generaciones futuras.

## Glosario.

- CA - Corriente alterna.
- CD - Corriente directa.
- ESD - Descarga electrostática.
- TVSS - Supresores de sobretensión transitoria.
- SPD - Dispositivos de protección contra sobretensiones.
- UPS - Sistema de alimentación ininterrumpida.
- EMI - Interferencia electromagnética
- RFI - Interferencia de radiofrecuencia.
- PLC - Controlador lógico programable.
- VL - Voltaje de línea.
- LED- Diodo emisor de luz.
- ICR - Índice cromático de color.
- CRI - Índice de reproducción cromática.

## Bibliografía.

- La calidad de la energía en los sistemas eléctricos, Gilberto Enríquez Harper, México Limusa, 2009.
- Manual del técnico en subestaciones eléctricas, Gilberto Enríquez Harper, México Limusa, 2008.
- Fundamentos de máquinas eléctricas rotativas, Luis Serrano Iribarnegaray, Boixareu Editores, Valencia, 1989.
- Pruebas y mantenimiento a equipos eléctricos, Gilberto Enríquez Harper, México Limusa, 2010.
- Electricidad, Harry Milleaf, México, Limusa, 2010.
- Fundamentos de electricidad, Gilberto Enríquez Harper, México, Limusa, 2015.
- Automatización, neumática y electro neumática, Salvador Millán, Alfaomega, España 1995.
- El ABC de las máquinas eléctricas, Gilberto Enríquez Harper, México Limusa, 2015.
- Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industriales, Ángel Lagunas Márquez, Paraninfo, España 1997.

### Páginas web.

- [www.cfe.gob.mx/](http://www.cfe.gob.mx/)
- [bibliotecacentral.unam.mx/](http://bibliotecacentral.unam.mx/)
- [www.iluminet.com/](http://www.iluminet.com/)
- [www.asifunciona.com/](http://www.asifunciona.com/)
- [www.rtrenergia.es](http://www.rtrenergia.es)
- [www.watergymex.org](http://www.watergymex.org)