



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN  
EDIFICIOS INTELIGENTES”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**  
P R E S E N T A:

**MARÍA ANA OLIVARES PÉREZ**

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. GUILLERMO LÓPEZ MONROY.



MÉXICO D.F.

FEBRERO, 2008

*A manera de agradecimientos*

*A mi madre*

*Por su amor, confianza y apoyo incondicional en mis decisiones.*

*Gracias por la paciencia, educación y el estímulo a mi crecimiento personal.*

*Te amo.*

*A mis hermanos*

*Oscar, por su ejemplo a la persistencia y apoyo económico en una parte de mi vida.*

*Miguel Ángel, por su nobleza, confianza y gran entusiasmo para seguir adelante.*

*Fabiola, por su paciencia, compañía, alegría y los momentos graciosos que sin duda disfrutamos a carcajadas.*

*Los Quiero.*

*A mis tíos*

*Antonia, Rogelio, Alfredo y Estela, por sus consejos, anécdotas y su gran cariño hacia mí.*

*Gracias por su confianza.*

*A mis amigas*

*Ily, por su confianza y lealtad.*

*Liz, por los momentos geniales e inolvidables.*

*Gracias por su compañía.*

*A la UNAM por darme la formación profesional y la satisfacción de pertenecer a ella.*



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b>	
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. ¿Por qué llamarlos edificios inteligentes y de dónde surge la idea? .....	7
1.3. Definición de Edificio Inteligente .....	9
1.4. Diferencia entre edificio automatizado e inteligente.....	11
1.5. Características y objetivos de los edificios inteligentes.....	13
1.6. Infraestructura de edificios, suministros y servicios requeridos por las construcciones inteligentes.....	14
1.6.1. Criterios de diseño.....	14
1.6.2. Sistemas eléctricos.....	15
1.6.3. Sistemas mecánicos de fluidos.....	17
1.6.4. Sistemas mecánicos de aire.....	19
1.6.5. Sistemas mecánicos varios.....	20
1.6.6. Sistemas de comunicaciones y señales.....	21
1.6.7. Sistemas de seguridad.....	22
1.6.8. Sistemas de automatización y supervisión (monitoreo).....	23
1.7. Clasificación de edificios y conjuntos.....	24
1.8. Edificios inteligentes existentes.....	25
1.8.1. Centro de Comercio Mundial (World Trade Center- WTC).....	26
1.8.2. Centro de Computo Bancrecer, Tlalpan.....	27
1.8.3. Edificio Cenit Plaza Arquímedes.....	28
1.8.4. Torre Mayor.....	29
1.8.5. Corporativo CYVSA.....	31
1.8.6. Tecnoparque.....	32



---

1.8.7. Cooperativo Polanco.....	33
---------------------------------	----

## Capítulo 2

### SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1. Sistemas de distribución.....	37
2.2. Clasificación de los sistemas de distribución.....	38
2.3. Generalidades.....	38
2.3.1. Tipo de carga.....	39
2.4. Calidad del servicio.....	40
2.5. Alimentación de energía eléctrica a grandes concentraciones de carga.....	45
2.6. Estimación de la carga.....	46

## Capítulo 3

### CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1. Concepto de calidad de la energía eléctrica.....	57
3.2. Tipo de cargas.....	59
3.3. Origen de perturbaciones en redes.....	61
3.4. Requerimientos del sistema eléctrico para calidad de energía de los edificios inteligentes.....	70
3.5. Algunos sistemas de suministro efectivo con respaldo.....	77
3.6. Cálculo para obtener la capacidad de un regulador de tensión, un sistema de energía ininterrumpible (UPS) y una planta de emergencia.....	83
3.6.1. Obtención de la capacidad del regulador de tensión necesario para la instalación.....	84
3.6.2. Obtención de la capacidad de un UPS necesario para la instalación.....	86
3.6.3. Cálculo para obtener la capacidad de una planta	



---

de emergencia.....	87
--------------------	----

## Capítulo 4

### AHORRO DE ENERGÍA

4.1. Generalidades.....	89
4.2. Iluminación natural.....	91
4.2.1. Vidrios.....	92
4.3. Iluminación artificial.....	95
4.3.1. Características especiales.....	96
4.3.2. Tipo de lámparas.....	97
4.4. Iluminación conjugada.....	106
4.5. Sistemas de control y regulación.....	107
4.6. Ventilación natural.....	110

## Capítulo 5

### RIEGOS ELÉCTRICOS Y SEGURIDAD

5.1. Riesgos eléctricos.....	113
5.1.1. Electrocción por descarga eléctrica.....	115
5.1.1.1. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.....	117
5.1.2. Arcos eléctricos.....	119
5.1.3. Campos electromagnéticos.....	121
5.1.4. Daños de otros tipos.....	122
5.2. Seguridad en las instalaciones eléctricas.....	123
5.2.1. Sistemas de puesta a tierra.....	124
5.2.2. Sistemas de protección.....	128
5.2.3. Espacio de trabajo y distancias de seguridad .....	131
5.2.4. Señalización y barreras.....	132
5.3. Mantenimiento.....	135



**CONCLUSIONES.....139**

**BIBLIOGRAFIA.....141**



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el concepto de Edificio Inteligente es más común que hace algunos años, ya no es algo nuevo e inalcanzable, la tendencia de las ideas futuristas se hace más presente y hoy son realidad.

Este tipo de edificaciones tienen un gran conjunto de sistemas y servicios que son innovadores que ayudan al buen funcionamiento de éste y a su vez la comodidad de quien lo habita.

Independientemente de los sistemas que se integren y de la tecnología, los Edificios Inteligentes deben proyectarse desde sus conceptos básicos de manera que se considere la utilización de todos los elementos naturales y condiciones climáticas, tales como, la luz natural, la ventilación, la lluvia y por otra parte, considerar las condiciones de flexibilidad y accesibilidad de las instalaciones para poder admitir cambios y adecuaciones en forma rápida y medios de evacuación y seguridad, así como proporcionar los recursos administrativos para efectuar un mantenimiento y una operación eficiente.

Hoy en día resulta inimaginable (y no por ello poco frecuente) que una compañía de primer nivel, que paga un elevadísimo precio por ocupar un Edificio Inteligente, acepte sufrir interrupciones en su actividad por fallas en la red eléctrica, hecho que en otras épocas se consideraba prácticamente normal o inevitable.

Por ello la intención de realizar el presente trabajo enfocado a las necesidades respecto a las instalaciones eléctricas y servicios del edificio, que han experimentado un cambio significativo observable con el advenimiento de los primeros edificios automatizados y que se profundiza en la transición hacia el ***Edificio Inteligente***.



Se citan los antecedentes históricos, la idea por la cual surgen los Edificios Inteligentes, así como la definición, suministros y servicios requeridos en este tipo de edificaciones. Considerando el concepto, se hace una reseña de algunos Edificios Inteligentes en México, señalando las características relevantes en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales y de las diferentes tecnologías aplicadas a los sistemas para la integración de éstos, así como la implementación de su sistema eléctrico.

También se tratan los sistemas de distribución, los cuales suministran la energía a los consumidores en los diferentes niveles de tensión. Para el proyecto de la instalación eléctrica del edificio, se inicia por una definición de arquitectura de la red eléctrica, así como la identificación de redes de los diferentes niveles de complejidad. La alimentación a la entrada del edificio puede ser hecha mediante una distribución radial simple, anillo abierto, derivación doble, o mancha de red, y de acuerdo a las necesidades de la carga se analizan los esquemas que ofrecen mejores características de continuidad del servicio

Posteriormente, se enfoca a la presencia de disturbios y problemas concernientes a la estabilidad de la tensión, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de la ausencia de disturbios, tales como: interrupciones, sobretensiones, deformaciones de la onda producidas por armónicas y variaciones de tensión suministradas al usuario. Debido a la importancia que representa la energía eléctrica en los *Edificios Inteligentes*, se proponen soluciones para corregir las fallas que se presenten, y lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

Además, se menciona la importancia del uso racional de la energía, y el aprovechamiento de las fuentes ilimitadas, como el sol y el viento, que integrados con diversas tecnologías optimizan el empleo de una estrategia pasiva de acondicionamiento, iluminación natural o la integración de un sistema artificial y natural mixto, donde se logran grandes cantidades de ahorro de energía y que





representa un menor costo económico para los usuario y una reducción de la contaminación ambiental.

Y por último se presenta un panorama amplio sobre los riesgos eléctricos, orientado a las personas cuyo trabajo está asociado con el manejo de equipos y redes eléctricas. Se exponen los riesgos que existen asociados con la manipulación de la energía eléctrica, y que tienen consecuencias graves tales como quemaduras severas, amputaciones, daños de órganos vitales y en los peores casos, la muerte. Se mencionan elementos de protección personal que actúan como una barrera frente a los riesgos eléctricos, así como las formas de protección eléctrica y las normas aplicables.



## Capítulo 1

### ANTECEDENTES HISTÓRICOS

#### 1.1. Antecedentes

En Europa la noción de edificio inteligente se origina en los últimos diecisiete años llevándole a Estados Unidos de Norteamérica (USA) y Japón ventajas históricas considerables, remontándose al año 1977, cuando el tipo de edificio se bautizo como “*smart building*” expresión reemplazada hoy por “*intelligent building*”. Se buscaba entonces llevar la operación autónoma del edificio a la más alta tecnología electrónica, eficiente y segura y cuya masificación sólo ha sido posible en los últimos años gracias a los desarrollos tecnológicos y a su considerable reducción de costos. La percepción más común en ese entonces era que un edificio se vuelve inteligente cuando es automatizado, es decir, cuando se dota de un sistema que contiene aplicaciones de alto nivel que se encarga de dicha automatización, y genera confort.

El origen de los *Edificios inteligentes* se explica por la conjunción de factores de orden macro-económico, tecnológico y en el caso específico de Europa por la **crisis en el campo energético**. A partir de los años setenta, la economía norteamericana mostraba un declive evidente en el campo industrial. Paralelamente, en ese momento se llevaba acabo reflexiones acerca del impacto que tendría, si en los lugares de trabajo, se tuviesen ayudas de informática y por consiguiente; cómo se afectaría la rentabilidad de los mismos. Todo esto en contraste con la baja producción en el sector industrial dominante en ese momento. Después de la euforia dentro del mercado de edificios de oficinas de los años setenta, debido a la creciente demanda de este tipo de construcción, la oferta llega a sobrepasar con creces la demanda. Tanto así, que la especulación respecto al tema de *edificios inteligentes* incorporando características y avances tecnológicos se consideró como una ventaja en el alquiler o venta de oficinas dentro del estrecho mercado.



En la actualidad se ve una tendencia de los *Edificios inteligentes* a fusionarse con conceptos bioclimáticos; esto implica que sea inteligente desde su concepción, sin perder su principal finalidad que es el confort para el usuario, aunado a un compromiso ecológico de respeto hacia el ambiente en el que se desarrolla, es decir, se deben utilizar recursos que la naturaleza nos ofrece como son: el sol, el viento, la lluvia, la vegetación y la temperatura ambiente.

Las constantes transformaciones que ha vivido nuestro país incluyendo su integración a economías más desarrolladas, así como la urgencia de un conocimiento experto en la aplicación de tecnologías avanzadas en todos los ámbitos de la sociedad, ocasionó que algunas empresas vanguardistas, convencidas de esta necesidad, formaran hace quince años el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C (IMEI), institución no lucrativa de carácter científico, académico y normativo. Con el objetivo primordial de informar a la sociedad de profesionistas e inversionistas mexicanos sobre los últimos adelantos de los *Edificios Inteligentes* en el mundo, a lo largo de estos quince años, el IMEI ha creado múltiples espacios en los que se han ido clarificando conceptos tales como *Planeación arquitectónica, Flexibilidad, Impacto ambiental, Seguridad, Tierra física, Telecomunicaciones, Instalaciones, Sistemas de iluminación, Ahorro de energía, Tratamiento de aguas, Reciclaje de residuos sólidos, Operación y Mantenimiento de edificios*, aplicables de igual manera a edificios de oficina-corporativos y multiusuario que a hoteles, hospitales, bancos, universidades, industrias y a casa habitación. Se distingue, pues, entre los logros del instituto, **la formación de una conciencia respecto al ahorro de energía**, así como la posibilidad notoria de cooperar y mejorar la calidad de vida de quienes residen en un hábitat. Adicionalmente, partiendo de la base de estimular a todos aquellos relacionados con el quehacer de las infraestructuras inteligentes, se creó el PREMIO NACIONAL IMEI al edificio inteligente, mismo que ha sido otorgado a diversos inmuebles durante los últimos 15 años. Así mismo, se ha organizado un Comité de Certificación sustentado en un documento que contiene una serie de



normas de evaluación que hacen posible determinar si un inmueble puede ser denominado o no como “**Edificio inteligente**”.

## 1.2. ¿Por qué llamarlos Edificios Inteligentes y de dónde surge la idea?

El nombre de “**Edificio Inteligente**” es una denominación popular, la cultura latina relaciona la inteligencia al ser humano, es un Don dado al hombre y esa facultad ha sido otorgada generalmente al hombre y no a las cosas, es un atributo del hombre y es éste quien transfiere a sus creaciones el contenido de una solución inteligente.

Pues bien, hoy en día, ese término se ha puesto de moda en el lenguaje cotidiano de los constructores, proyectistas e ingenieros y que además se ha llenado de una cantidad de nuevos conceptos que resultan bastante sonoros y atractivos: *espacios inteligentes, edificios automatizados, servicios de comunicaciones, inmótica, entre otros*. Hoy en día, más que un término, se ha convertido en el arte de diseñar y construir edificaciones *inteligentes*. Y de hecho, es necesario crear desde los inicios de la planeación a un grupo de personas interdisciplinarias, las cuales deben involucrarse los arquitectos, constructores, ingenieros eléctricos, estructurales y todos los proveedores (ascensores, sistemas de control, cableado estructurado, entre otros), que trabajen en continua coordinación durante todo el proyecto.

Por lo tanto, son varios los factores que se deben considerar en el diseño y la construcción de un edificio realmente inteligente. Los tiempos de edificación de estos edificios dependerán de un correcto desarrollo de proyecto. ***Es decir, una arquitectura e ingenierías definidas que funcionen como un todo.***

La pregunta natural es ¿En qué se relaciona la inteligencia con un espacio físico como un salón, alcoba u oficina? Y esta idea se puede resumir con algunos sinónimos más adecuados como: flexibilidad, confort, seguridad, economía y control.



El concepto de crear *Edificios inteligentes* surge de la necesidad de ofrecer la más alta tecnología de punta adaptada a las necesidades que la modernidad requiere, así como de espacios flexibles que permitan a los individuos e instituciones, que ahí habitan, tener la flexibilidad para permitir cambios en usos y distribuciones, garantizando condiciones de eficiencia y confort.

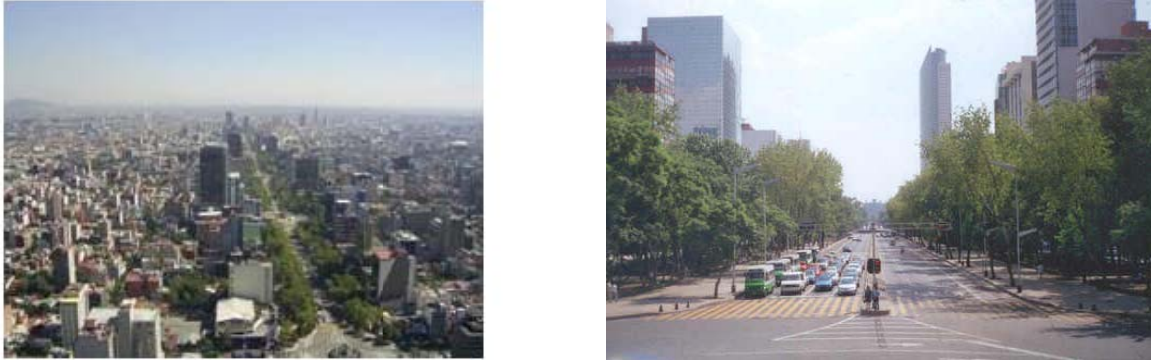
El término de “*inteligente*” aparece como un término para diferenciar la nueva generación tecnológica, surgiendo así la *inteligencia artificial*, *computadoras inteligentes*, *redes inteligentes* y por consecuencia los **Edificios Inteligentes**. La inteligencia viene a ser la suma de muchos factores igualmente importantes.

Un *Edificio inteligente* no puede edificarse sobre estructuras ya hechas, ya que requiere de necesidades sumamente específicas. Un *edificio inteligente* es construido “inteligentemente”; se planea desde un principio con una infraestructura de tecnología y las características habituales de la arquitectura que implican el buen manejo de los recursos (*por ejemplo: correctas orientaciones que logren bajos consumos de energía y buenas condiciones de iluminación natural, el uso de las aguas pluviales*) que permiten obtener el más bajo costo de mantenimiento en su administración y que adicionalmente incurren en la mayor eficiencia organizacional y operativa dentro del ciclo de vida útil de un edificio.

Desde este punto de vista, es claro que un *Edificio inteligente NO es un Edificio automatizado* con un sinnúmero de controles instalados. Ni tampoco es aquel que cuenta con cableado estructurado o manejo de redes, sino más bien, es aquel que utiliza todos estos sistemas de forma integrada, para prestar servicios tanto hoy como en el futuro a sus ocupantes, reduciendo así sus gastos y aumentando su comodidad y eficacia.

La globalización mundial en la que vivimos ha provocado que diversas compañías transnacionales busquen espacios con ciertas características que

cumplan con estándares internacionales; México, tiene ese nivel competitivo en cuanto al desarrollo de estos espacios (Fig.1.1).



*Fig.1.1 El Edificio Inteligente en México*

### 1.3. Definición de Edificio Inteligente

Es muy difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente ya que en los últimos años se han visto muchas publicaciones de Arquitectura y otros rubros anexos, en los cuales se difunden opiniones y conceptos acerca del *Edificio inteligente*, generalmente transmitidos por Arquitectos, Ingenieros civiles, Diseñadores, Consultores eléctricos, Consultores termomecánicos, Ingenieros en seguridad e inclusive Operadores inmobiliarios.

Para 1988, el presidente del *Intelligent Buildings Institute* dijo: “La situación es que muchos ingenieros, administradores y propietarios de edificios y otras personas de la industria de la construcción creen que un edificio inteligente no existe en realidad”. El mundo ha cambiado desde esa fecha, por lo que actualmente se puede aprovechar el potencial de la tecnología actual.

A continuación se citarán diferentes conceptos, de acuerdo a la compañía, institución o profesión de que se trate.

- **Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.C., E.U.:** Un *Edificio inteligente* es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y



eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

- **Compañía Honeywell, S.A. de C. V., México, D.F.:** Se considera como *Edificio inteligente* aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficacia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort.
  
- **Compañía AT&T, S.A. de C.V., México, D.F.:** Un *Edificio es inteligente* cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio.

#### 1.4. Diferencia entre Edificio Automatizado e Inteligente

Son muchos los profesionales que han estado en contacto con diversos edificios totalmente automatizados, pero lamentablemente son pocos los que han tenido la oportunidad de conocer y de interiorizarse de los aspectos técnicos que hacen a un *Edificio inteligente*. Y la razón es muy sencilla, y es que son muy pocas las empresas en todo el mundo que presentan la capacidad técnica de proveer todos los equipos y desarrollar e implementar todos los automatismos que se requieren en un edificio de estas características. Sumado a esto *existe la dificultad de conseguir material escrito y textos científicos que traten el tema con profundidad*, por lo tanto, se ha llegado a pensar que el *Edificio Inteligente* es tan sólo una manera publicitaria de denominar a los edificios automatizados. Por consiguiente se puede intuir lo que es ***un edificio totalmente automatizado, que resulta ser nada más que aquel de un nivel inmediato inferior o anterior al Edificio Inteligente.***

El diseño arquitectónico y el de las instalaciones forman parte del concepto del *Edificio Inteligente*. Pero en los últimos tiempos un nuevo elemento se ha sumado a los proyectos: *la inmótica*. El principio de la inmótica es similar al de la domótica: se trata de que todos los aparatos se conecten entre sí, de forma que sensores, motores o interruptores puedan intercambiar órdenes. No basta con incorporar un reloj que automatice los procesos, tanto en la inmótica como en la domótica, *la clave está en la inteligencia del sistema, que se adapta a las necesidades concretas*. La diferencia fundamental entre uno y otro concepto no responde sólo a una cuestión de dimensiones, sino a la complejidad del sistema necesario para el servicio de un inmueble. Si en la domótica se pretende aportar a las viviendas mayor confort y atender las aplicaciones de ocio, *en la inmótica se trata de planear en los grandes edificios el ahorro y la seguridad que cobran un papel principal*, como ejemplo global de un sistema inmótico en un *Edificio inteligente* se menciona el siguiente:



*En un Edificio de oficinas:*

- *La iluminación interior y exterior se podrá controlar con celdas de luz, según la época del año, con sensores de movimiento o mediante una computadora. Por ejemplo si una zona como escaleras o pasillos, no es usado, apagará las luces y ahorrará energía.*
- *El Sistema Inmótico (S.I) dará aviso si los tanques de agua están vacíos, desbordando, llenos o con falta de agua y hará que las bombas funcionen según el requerimiento, también avisará de un incorrecto funcionamiento de las bombas por calentamiento o cualquier otro factor.*
- *Los extractores funcionarán por horarios establecidos o desde la PC. En las cocheras cuando se detecte monóxido de carbono, el S.I. renovará el aire automáticamente, los inyectores se activarán por horarios y cuando se detecte la presencia de alguien en la zona.*
- *La seguridad del edificio también estará integrada por el S.I; control del acceso del personal mediante tarjetas inteligentes. Además tendrá un completo control de todas las puertas y los sensores de movimiento que se usan para el control de la iluminación y que conjuntamente servirán para la detección de intrusos.*
- *En caso de incendio el operario sabrá al instante en qué sector se está produciendo y el funcionamiento de los rociadores (slinkers). El S.I. llamará a los bomberos y cualquier otro número programado. Encenderá los carteles de salida y la iluminación permanente en la escalera. También enviará a los ascensores a planta baja e inhabilitará su uso.*
- *Si se prepara un informe en la PC, en el que se incluyen gráficos y tablas, durante una reunión, con sólo tocar una pantalla sensitiva sobre el escritorio o teclas en la pared, se activará una escena llamada "Proyección" que ambientará la sala. Al activarse esta escena se cerrarán las cortinas, descenderá el proyector y se desplegará la pantalla, al tiempo que se apagarán lentamente las luces centrales, quedando sólo las laterales al 50% de intensidad. Comienza la proyección del trabajo en la PC y luego de*



*un breve lapso, 2 minutos, se apagarán completamente, permaneciendo solamente las de la entrada al 10% de intensidad a modo de señalización de puerta.*

### **1.5. Características y objetivos de los Edificios Inteligentes**

Según el IMEI que es una agrupación de empresas y profesionales vinculados con el concepto del “*Edificio Inteligente*”, debe reunir las siguientes características:

- I. Flexibilidad y adaptabilidad relacionadas con un costo, ante los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes.
- II. Altamente eficiente en el consumo de energía eléctrica.
- III. Capacidad de proveer un entorno ecológico habitable y altamente seguro, que maximice la eficiencia en el trabajo a niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- IV. Centralmente automatizado para optimizar su operación y administración en forma electrónica.

Los objetivos o finalidad de un *Edificio inteligente* son:

#### *a) Arquitectónicos*

Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio.

- La flexibilidad, tanto en la estructura como en los sistemas y servicios.
- El diseño arquitectónico adecuado y correcto.
- La funcionalidad del edificio.
- La modularidad de la estructura e instalaciones del edificio.
- Mayor confort para el usuario.
- La no interrupción del trabajo de terceros en los cambios o modificaciones.



- El incremento de la seguridad.
- El incremento de la estimulación en el trabajo.
- La humanización de la oficina.

*b) Tecnológicos*

- La disponibilidad de medios técnicos avanzados de telecomunicaciones.
- La automatización de las instalaciones.
- La integración de servicios.

*c) Ambientales*

- La creación de un edificio saludable.
- El ahorro energético.
- El cuidado del medio ambiente.

*d) Económicos*

- La reducción de los altos costos de operación y mantenimiento.
- Beneficios económicos para la cartera del cliente.
- Incremento de la vida útil del edificio.
- La posibilidad de cobrar precios más altos por la renta o venta de espacios.
- La relación costo-beneficio.
- El incremento del prestigio de la compañía.

## **1.6. Infraestructura de edificios, suministros y servicios requeridos por las construcciones inteligentes.**

### **1.6.1. Criterios de diseño**

Los sistemas eléctricos, de comunicaciones, señales y mecánicos, que constituirán las instalaciones para satisfacer las necesidades y requerimientos de las personas en general, así como, del desarrollo del trabajo en sí mismo durante la construcción y de las condiciones para lograrlo de la manera más eficiente y



humana, deberán contemplar en su diseño, la aplicación de las técnicas más avanzadas de la ingeniería que actualmente se desarrolla en México en toda su amplitud y la posibilidad de utilizar técnicas nuevas con objeto de ser congruentes con la política en relación con la conservación y ahorro de energéticos, el uso racional del agua y la política para evitar la contaminación ambiental.

Por consiguiente los criterios para el diseño de los sistemas eléctricos y mecánicos deberán ser:

- I. Aplicación de las técnicas más avanzadas en toda su amplitud.
- II. Conservación y ahorro de energéticos, de agua y otros recursos naturales.
- III. Interrelación entre los diferentes sistemas cuando esto permita un ahorro de energéticos, de agua y de otros recursos naturales.
- IV. Utilización de las condiciones naturales, tales como: luz natural, clima, viento y lluvia.
- V. Contemplar las técnicas más avanzadas para la operación y mantenimiento.
- VI. Proporcionar las medidas de seguridad requeridas en forma racional para las personas y para los bienes muebles e inmuebles.

En síntesis, los conjuntos o edificios requieren en general de los siguientes suministros y servicios que deberán ser utilizados racionalmente por lo que requieren ser controlados y manejados adecuadamente, así como también ser mantenidos y operados eficientemente, en el caso de los “*Edificios inteligentes*” éstas actividades son facilitadas por los sistemas y equipos electrónicos que determinan el nombre de *Edificios inteligentes* por hacer uso de éstos sistemas.

### **1.6.2. Sistemas eléctricos**

- Suministro de energía - acometida eléctrica.
- Transformación primaria.
- Transformación secundaria.

- Distribución - (Alimentaciones, tableros y centros de control).
- Fuerza mayor.
- Fuerza menor - (Contactos y salidas especiales).
- Iluminación.
- Protección - (Cortocircuito, sobrecargas, sobretensiones).
- Control.
- Emergencia (Grupo motor-generator diesel).
- Sistemas de tierra.
- Protección contra descargas atmosféricas.
- Sistema Ininterrumpible (Uninterruptible Power Supply-UPS).

#### ▪ **Suministro de energía**

*Sistema normal:* Los grandes usuarios (con demandas de 225 kW o más, dependiendo en último término de las políticas de la Cía. suministradora del servicio eléctrico) podrán contratar el suministro de energía en media tensión (23 kV) y los usuarios pequeños (con demandas inferiores a 225 kW) podrán contratar el servicio en baja tensión, para lo cual, la Cía. suministradora instalará subestaciones eléctricas reductoras de su propiedad para entregar el servicio en 220/127 V a los usuarios pequeños. Los usuarios grandes instalarán sus propias subestaciones (Fig.1.2) para reducir la tensión de 20/23, 34.5 ó más kV, a la tensión que utilizarán en sus instalaciones (480 / 277, 220 / 127 V).



**Fig.1.2 Energía Eléctrica**

*Sistema de emergencia:* Para asegurar el servicio de cargas críticas y de seguridad, en caso de evacuación de personas, se instalan plantas generadoras diesel-eléctricas automáticas (Fig.1.3). Entre los servicios que estarán alimentados por estas plantas se encuentran: elevadores, bombas del sistema de protección contra incendio, cárcamos de achique, alumbrado de áreas públicas y comunes, luces de seguridad para evacuación de los conjuntos o edificios, sistemas de seguridad, sistema central de automatización y control, sistema de comunicaciones, bombeo selectivo de agua potable, presurización de escaleras y manejo de humos, quirófanos, terapia intensiva y bancos de sangre.



*Fig.1.3 Sistema de emergencia*

### **1.6.3. Sistemas mecánicos de fluidos**

- Abastecimiento de agua - Suministro y cisterna.
- Sistema de distribución de agua potable.
- Presión y bombeo de agua.
- Tratamientos de agua.
- Generación de agua caliente y vapor.
- Redes de vapor y de agua caliente.
- Drenajes sanitarios.
- Drenaje de aguas pluviales.
- Drenaje de condensados.
- Sistemas de ventilación.
- Combustibles: Diesel y Gas LP.

- Protección contra incendio. (Rociadores, hidrantes, extintores, gas inerte, espumas y compuestos químicos).
- Cárcamos de achique.
- Cárcamos de aguas negras.
- Cárcamos de aguas pluviales.
- Tanques de regularización.
- Tanques de tormentas.
- Gases médicos.

#### ▪ **Suministros**

*Agua Potable:* Para suministrar la dotación de agua potable requerida por los conjuntos o edificios, las redes locales que abastecen al área no siempre tienen la presión que se requiere en especial en construcciones de muchos niveles, por lo que el abastecimiento de agua potable se hace por medio de equipos de presión que succionan el agua de cisternas que son llenadas por las redes municipales (tomas domiciliarias que descargan en las cisternas de los conjuntos o edificios). A partir de las cisternas se alimentan todos los servicios que requieran de agua potable por medio de diferentes sistemas (redes) que utilizarán equipos de presión y de bombeo, algunos pueden ser del tipo paquete (boosters) de alta eficiencia y controlados automáticamente por medio de sensores y microprocesadores.

*Agua Tratada:* El abastecimiento de agua para el sistema de condensación de aire acondicionado, los servicios sanitarios, el servicio de riego de áreas verdes y la limpieza de áreas pavimentadas, se podrá hacer con agua tratada para evitar la utilización de agua potable en éste tipo de servicios, cabe mencionar que el sistema de condensación para los sistemas de acondicionamiento puede ser hecho con aire, evitando la utilización de agua para éste efecto. El agua tratada podrá ser obtenida de las aguas negras y/o grises producidas en las construcciones y una planta de tratamiento (Fig.1.4).

*Aguas Pluviales:* Con objeto de no saturar el drenaje municipal y afectar a los vecinos y áreas circunvecinas, las aguas pluviales se deben captar en un tanque de tormentas y después se descargan paulatinamente por medio de un sistema de bombeo al drenaje municipal. También pueden reciclarse e incluso potabilizarse, previo tratamiento de filtrado y desinfección.



**Fig.1.4 Sistema de aprovechamiento de aguas residuales**

#### 1.6.4. Sistemas mecánicos de aire

- Aire acondicionado en verano e invierno.
- Presurización de escaleras de seguridad.
- Ventilación y extracción mecánica de estacionamientos, cuartos de máquinas, eléctrico, almacenes, bodegas y núcleos sanitarios.
- Manejo de humo.

##### ▪ Acondicionamiento de aire y ventilación mecánica

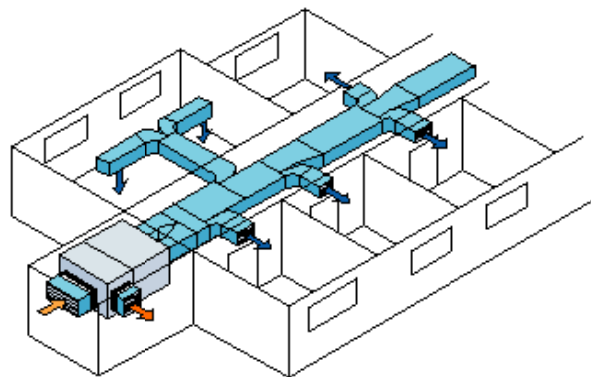
*Acondicionamiento de aire:* Dependiendo de la categoría de los conjuntos o edificios, se instalarán sistemas de acondicionamiento de aire (Fig.1.5) que pueden ser de diferentes tipos en cuanto al servicio que se proyecta suministrar, ya sea para confort o para operación de sistemas de cómputo, teniendo opciones de



refrigeración, calefacción o ambos. Con objeto de disminuir la demanda máxima de energía y controlarla, se utilizan los sistemas inteligentes.

*Presurización de escaleras y manejo de humos:* Las escaleras de seguridad cerradas, (no abiertas al exterior), deben estar presurizadas para evitar la entrada de humo y garantizar al máximo posible las vías de escape, seguras en caso de algún incendio, además los sistemas de manejo de aire deben ser capaces de extraer el humo y descargarlo al exterior, proporcionado así, un grado adicional de protección para todas las personas habitantes y visitantes de los conjuntos y edificios.

*Ventilación de estacionamientos:* Los niveles subterráneos o superiores que estén cerrados al exterior de estacionamientos deben ser ventilados mecánicamente por medio de abanicos de inyección de aire y extractores operados automáticamente por sensores de monóxido de carbono (CO), de manera que puedan funcionar por zonas cuando el nivel de CO alcance valores de contaminación peligrosos para las personas, de ésta manera se asegura un ambiente bueno para las personas y un ahorro de energía eléctrica.



**Fig.1.5 Aire acondicionado**

### **1.6.5. Sistemas mecánicos varios**

- Transportación vertical. (Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas).

### 1.6.6. Sistemas de comunicaciones y señales

- Teléfonos.
- Intercomunicación localizada (Administración y servicios).
- Redes para voz, datos e imágenes (Sistemas de cableado estructurado).
- Antenas.

#### ▪ Comunicaciones y señales

*Comunicaciones (voz-datos-imágenes):* Los conjuntos y edificios deben contar con sistema de comunicaciones integrado por equipos y materiales con los últimos adelantos técnicos y fabricados de acuerdo con el estado del arte actual para ofrecer el mejor y más eficiente servicio de comunicaciones para señales de voz, datos y de imágenes (Fig.1.6). Estos sistemas además de estar enlazados con la Cía. que suministre el servicio telefónico, o bien enlazados vía satélite con la redes mundiales, estos sistemas de comunicaciones tendrán cableado del tipo estructurado utilizando, tanto cables de fibra óptica, como cables especiales de cobre. Los equipos de comunicación deben ser electrónicos del tipo digital, operados por microprocesadores que permitan manejar el tráfico secuencial de comunicaciones de una manera rápida y eficiente.



**Fig.1.6 Comunicaciones y señales**

### 1.6.7. Sistemas de seguridad

Estos sistemas tienen por objeto la protección de las personas y del inmueble (Fig.1.7).

- Detección y alarmas de incendio.
- Alarmas de intrusión.
- Control de acceso de personas (áreas restringidas).
- Vigilancia (Rondas).
- Circuito cerrado de televisión.
- Asalto y auxilio (Estacionamientos).
- Supervisión de puertas.
- Presurización de escaleras.
- Manejo de humo.



**Fig.1.7 Sistemas de seguridad**

#### ▪ Protección contra incendio

Los conjuntos y edificios deberán estar protegidos contra incendio por un sistema de protección tipo húmedo o seco incluyendo sus diferentes variaciones, a base de rociadores automáticos (sprinklers); los sistemas contarán con hidrantes de operación manual a base de mangueras que complementan la acción de los rociadores y extintores (Fig.1.8). Cuando menos y de acuerdo con el reglamento, cualquier edificio deberá tener un sistema de protección contra incendio a base de hidrantes y extintores. Existen sistemas a base de gases o compuestos químicos

que se utilizan en centros de cómputo, cuartos de equipos electrónicos, archivos de documentos importantes y antiguos, que son activados por dispositivos electrónicos.



*Fig.1.8 Sistemas contra incendios*

#### **1.6.8. Sistemas de automatización y supervisión (monitoreo)**

- Supervisión (Monitoreo) de sistemas y equipos electromecánicos.
- Automatización de sistemas y equipos electromecánicos.
- Control de elevadores, montacargas, escaleras eléctricas (transportación vertical).
- Control de accesos de estacionamientos.
- Sensores de monóxido de carbono (CO) para el control de contaminación en estacionamientos cerrados.
- Presurización de escaleras.
- Manejo de humo.

Los sistemas mencionados están integrados por centrales operadas por microprocesadores y los equipos y accesorios periféricos deben tener la capacidad de interconectarse con los equipos centrales utilizando protocolos eficientes y seguros.



## 1.7. Clasificación de edificios y conjuntos

Una clasificación simple con carácter enunciativo sin ser limitativa de los edificios y conjuntos en los cuales se pueden instalar sistemas electrónicos y denominarlos “inteligentes” es la siguiente:

*a) Comerciales.*

- Almacenes comerciales.
- Centros comerciales.
- Oficinas.

*b) Industriales.*

*c) Institucionales.*

- Salud (Hospitales, clínicas, etc.)
- Educación.
- Bibliotecas.
- Museos.
- Centros de convenciones.

*d) Diversión.*

- Cines.
- Teatros.
- Parques de diversiones.

*e) Turísticos.*

- Hoteles.
- Restaurantes.

*f) Transportación.*

- Estaciones terminales (Aeropuertos, autobuses, etc.)
- Estacionamientos.
- Talleres.

*g) Habitacionales. (Prácticamente no se justifican).*

- Unifamiliares.
- Multifamiliares.

## 1.8. Edificios inteligentes existentes

Actualmente se cuenta, en la ciudad de México, con un gran número de edificios Inteligentes, que en su momento ganaron el PREMIO IMEI al mejor Edificio Inteligente que año con año se otorga, a continuación se mencionan.

### ***Edificios Inteligentes en México***

- Cooperativo Polanco, Ciudad de México 2007
- Torre HSBC, Ciudad de México 2006
- Proyecto Costa Ventura 2006
- Tecnoparque “Planeación arquitectónica y urbanística 2005”, Ciudad de México
- Teatro Auditorio Gota de Plata; Pachuca Hidalgo 2005
- Corporativo CYVSA, Ciudad de México 2005
- Centro Tecnológico y de Operaciones Santander Serfín 2004, Querétaro.
- Residencial las Nubes 2004, Ciudad de México.
- Edificio Picus del Conjunto Residencial.
- Torre Telefónica 2004, Ciudad de México.
- Sheraton Centro Histórico 2003, Ciudad de México.
- Puerto Paraíso 2003, Los Cabos Baja California.
- Torre Mayor, Ciudad de México.
- Centro Internacional de Negocios 2002, Ciudad Juárez Chihuahua.
- Hospital Los Ángeles de las Lomas 1999, Ciudad de México
- Torre Altiva 1998, Ciudad de México.
- Centro de Cómputo Bancrecer 1998, Ciudad de México.
- Reforma N.265, Ciudad de México, 1997.
- Conjunto Calakmul 1996, Santa Fe, Ciudad de México.
- Corporativo Santander Serfín, Santa Fe, Ciudad de México.



Considerando la novedad del concepto, enseguida se citan reseñas de algunos edificios Inteligentes.

### **1.8.1. Centro de Comercio Mundial (World Trade Center- WTC)**

*La inteligencia del WTC:* El sistema inteligente del WTC agrupa a todos los sistemas e instalaciones del edificio, tales como el de aire acondicionado, el hidráulico, eléctrico, de seguridad y protección contra incendio. Dicho sistema controla los accesos. Cuenta con un circuito cerrado de televisión y monitoreo de los tanques de almacenamiento, alarmas y elevadores. Acciona y detiene equipos, enciende y apaga alumbrados, y modera el trabajo de los equipos en cuanto a temperaturas, horarios e iluminación de áreas comunes. Cada uno de los espacios que se venden, cuenta con las acometidas básicas de todas las instalaciones necesarias y pueden volverse tan sofisticados como se requiera, ya que el sistema central permite la integración de cualquier otro sistema a los cerebros del edificio.

*Sistemas eléctricos:* La cantidad de energía eléctrica que se requiere para iluminar y hacer funcionar al WTC está soportada por una subestación principal, subestaciones derivadas, centros de control de motores, instalaciones eléctricas, iluminación, plantas de emergencia, sistema de energía normal y sistema de energía de emergencia. Con la infraestructura anterior el WTC garantiza un suministro adecuado de la energía eléctrica a cada una de las oficinas de la Torre. *Con relación al ahorro de energía, se colocaron en todas las luminarias del edificio lámparas ahorradoras de vapor de sodio, focos tipo PL y lámparas dicróicas a baja tensión.* En el caso del aire acondicionado, no solamente se consideraron torres de enfriamiento, sino también una planta de almacenamiento de hielo que operará durante las noches. Para las fachadas del edificio se seleccionaron materiales que cumplen con las normas internacionales de seguridad y riesgos, y que además forman parte de la modernidad de la arquitectura del edificio. La fachada del WTC es comparada con un vestido de lentejuela, donde cada una de las piezas se mueve por sí sola para absorber el movimiento de un sismo. El espesor de los

cristales varía entre seis y nueve milímetros. Dependiendo de su ubicación, el cristal en cuestión fue diseñado y fabricado especialmente para el WTC, con una garantía de 25 años por decoloración y resistencia (Fig.1.9).



*Fig.1.9 World Trade Center*

### 1.8.2. Centro de Computo Bancrecer, Tlalpan

*Características relevantes:* Es el primer *Edificio inteligente* en México que integra distintas tecnologías —cada una con su propio protocolo— bajo un sistema único de control. Con **sistema eléctrico redundante** en un ciento por ciento, su flexibilidad es muy relevante en cuanto a telecomunicaciones, iluminación y aire acondicionado. Cuenta también con sistema central de monitoreo. La tecnología, fue un factor fundamental en el desarrollo de este proyecto. El "Centro de Cómputo Bancrecer Tlalpan", (Fig.1.10) se diseñó de acuerdo a los estándares internacionales en instalaciones y seguridad, y a los últimos avances tecnológicos en lo referente a monitoreo de los sistemas: cableado estructurado y automatización de edificios. Este proyecto se convirtió en un sistema complejo de espacios e instalaciones que permiten una total flexibilidad. El Centro de Cómputo es flexible, porque tiene la capacidad de englobar nuevas o futuras misiones y la



posibilidad de modificar la distribución física, tanto de áreas como de personas sin perder la calidad de los servicios.



*Fig.1.10 Centro de cómputo Bancrecer, Tlalpan*

### **1.8.3. Edificio Cenit Plaza Arquímedes**

Constituye hoy en día uno de los ejemplos más sobresalientes dentro de la modalidad de los edificios inteligentes de la ciudad de México.

*Instalaciones y diseño arquitectónico:* Plaza Arquímedes tiene un centro de control, de donde se manejan y supervisan todas las instalaciones del edificio y los espacios a que éstas sirven. Esta supervisión se hace por medio de una computadora, la cual tiene un programa especialmente diseñado para el edificio. Dicho programa lleva el control y el registro del funcionamiento del edificio, así como del desempeño del operador en turno. Dentro de este control está el sistema central de aire acondicionado, iluminación, sistema de alarma y contra incendio, control de monóxido de carbono (CO), telefonía, escaleras y espacios presurizados.

La fachada forma parte de la misma estructura interna del edificio, lo que la hace o le da una apariencia mucho más innovadora o futurista, complementando con esto el estilo de edificación al que pertenece el edificio inteligente, ver Fig.1.11.

En relación a las instalaciones de un edificio, en el caso del aire acondicionado, se consideraron torres de enfriamiento, complementadas con una planta de almacenamiento de hielo que operará durante las noches. Cada espacio

funciona con detectores inteligentes, los cuales registran el número de ocupantes en un espacio determinado y asimismo la cantidad de aire suministrada.

El sistema contra incendio funciona con sensores térmicos, de humo y fotoeléctricos. Cuenta con sus propias plantas de abastecimiento, complementadas con las plantas de agua tratada y pluvial, y las plantas de agua potable, esto, en caso de que el agua del sistema se agote. *La iluminación también funciona con sensores que registran la presencia y activan el porcentaje necesario de luces. Por medio de la utilización de materiales constructivos como el zinc, aluminio, acero y muros de block, se logra un 30% de energía.*



*Fig.1.11 Cenit Plaza Arquímedes*

#### **1.8.4. Torre Mayor**

*Sistemas Eléctricos:* El equipamiento eléctrico de Torre Mayor es de los más avanzados en el mundo. Diseñado para incrementar el ahorro de energía de sus ocupantes ya que es el único inmueble en México con tres alimentaciones eléctricas de 12 MVA, suministradas por tres subestaciones de mediana tensión de la ciudad que garantiza el abasto permanente. El edificio cuenta con equipamiento propio que transforma la energía de tensión media a baja y se distribuye a todos los pisos por medio de un moderno sistema vertical de transmisión (electroductos). El uso del electroducto representa una innovación en nuestro país ya que permite la conectividad directa en cada piso y tiene una



capacidad de 60 W por metro cuadrado para las necesidades de electricidad e iluminación en los pisos de oficinas.

Torre Mayor cuenta también con supresores de picos en todos los niveles, los cuales anulan las variaciones de tensión evitando posibles daños a equipos electrónicos y de cómputo.

*Automatización:* Torre Mayor está gobernada por el Sistema Administrador del edificio (Building Management System-BMS), un sistema inteligente que controla todas las instalaciones y equipos de forma armónica y eficiente para proteger la vida humana y reducir en forma sustancial los costos operativos, a este sistema están integrados los sistemas: eléctrico, hidrosanitario, de elevadores y protección y tiene la capacidad de resolver las necesidades más sofisticadas de cada inquilino en particular, tales como la lectura de tarjetas de seguridad y control de la iluminación.

*Seguridad Estructural:* La estructura de Torre Mayor ha sido calculada para exceder los requerimientos sísmicos de los reglamentos de construcción de la ciudad de México y de los Estados Unidos (EEUU), siendo los más rigurosos del mundo y proporcionan el máximo de seguridad y confort a sus ocupantes. La estructura de acero y concreto cuenta con 98 amortiguadores sísmicos que reducen al mínimo su desplazamiento durante un sismo, amortiguando y disipando una porción importante de la energía que el edificio absorbe. Esta tecnología de vanguardia está siendo utilizada en más de 100 proyectos en ciudades del mundo que se localizan en zonas sísmicas y fue originalmente concebida por la NASA hace 30 años. La Torre Mayor recibió el prestigiado reconocimiento *Pankow Award*, en Washington, D.C por la Universidad del Estado de Nueva York en Búfalo por su diseño estructural, ver Fig.1.12.

*Telecomunicaciones:* Para cumplir con las necesidades presentes y futuras de su empresa en lo que respecta a telecomunicaciones, el edificio cuenta con un sistema versátil y flexible de cableado, equipos inalámbricos, microondas y satélite

que permite iniciar operaciones de inmediato y le permite ahorros económicos en el largo plazo.

*Seguridad:* Además de contar con personal especializado de vigilancia, La Torre Mayor está monitoreada por un circuito cerrado de televisión que cuenta con 112 cámaras ubicadas en el lobby, los accesos, las áreas comunes y el estacionamiento. Para una máxima protección de sus inquilinos, el edificio cuenta con un sistema de detección de incendios, voceo, control de accesos, alarmas, escaleras presurizadas, extractores de humos, rociadores automáticos, red de hidrantes y espuma retardante al fuego en toda su estructura de acero y un generador de emergencia de 1,750 kW.



*Fig.1.12 Torre Mayor*

### **1.8.5. Corporativo CYVSA**

Diseñado en un ambiente industrial, el nuevo corporativo de la empresa Calefacción y Ventilación, SA de CV. (CYVSA) obtuvo en el año 2005 el premio “Jorge Martínez Anaya”, reconocimiento que otorga el IMEI, Tales características fueron reconocidas en el nuevo corporativo de CYVSA (Fig.1.13), empresa que apostó por conceptos arquitectónicos, bioclimáticos y avances tecnológicos con el fin de edificar una construcción “inteligente” con elevados niveles de confort y productividad, optimización en el uso de recursos energéticos y humanos, así como respeto hacia el medio ambiente.

*Ahorro de energía:* En el proyecto de iluminación se contempló un sistema de ahorro de energía mediante la integración de nuevas tecnologías que tras un riguroso estudio desarrolló un sistema inteligente de control centralizado y se basa en el aprovechamiento de la luz natural y el control programado de las horas de encendido. A su vez, la luz natural que incide en las áreas abiertas de oficina es controlada por medio de la comunicación entre fotoceldas ubicadas estratégicamente y balastros atenuables contenidos en las luminarias. Esto permite usar menos energía durante el día con niveles de iluminación óptimos en las áreas de trabajo. Asimismo, el 97% de las lámparas instaladas son ahorradoras de energía y poseen gran eficacia y alto rendimiento de color. La infraestructura eléctrica está distribuida estratégicamente en todo el edificio de acuerdo con las diferentes necesidades, pues se cuenta con diversos tableros en todas las áreas para tener flexibilidad, seguridad, control, y ahorro de energía. El equipo instalado como tableros, transformadores, arrancadores, interruptores, subestaciones, planta de emergencia y UPS (Uninterruptible Power Supply) cuenta con accesorios de mantenimiento sencillo.



*Fig.1.13 Corporativo CYVSA*

### **1.8.6. Tecnoparque**

Diseñado para satisfacer las más rigurosas especificaciones de usuarios intensivos en requerimientos técnicos, Tecnoparque (Fig.1.14) cuenta con los últimos adelantos tecnológicos en materia de ingenierías, equipos e instalaciones.

Particularmente, dada la importancia de proveer un alto grado de confiabilidad en el suministro eléctrico, Tecnoparque está equipado con un sistema de redundancia eléctrica a través de dos alimentadores, uno subterráneo y uno aéreo, provenientes de subestaciones distintas. Capacidad de carga instalada para el área privativa: 80 W/m<sup>2</sup>. Tarifas de energía en media tensión. Subestaciones y plantas de emergencia en el sótano eléctrico. Luminarias de alta eficiencia y bajo consumo en todo el sistema de alumbrado, tanto exterior como interior, en áreas comunes. Estudios recientes han demostrado la importancia de la iluminación natural y su efecto en el nivel de productividad, salud y confort de los usuarios. Por ello el nivel de iluminación natural en la planta de Tecnoparque es de primordial importancia en el proyecto arquitectónico, logrando además una reducción considerable en el consumo de energía, cristales claros en todas las fachadas: doble acristalamiento con altas especificaciones técnicas y acústicas. Hasta 50% de ahorro en consumo de energía por iluminación.

Asimismo, el proyecto cuenta con redundancia en el servicio de telecomunicaciones.



*Fig.1.14 Tecnoparque*

### **1.8.7. Cooperativo Polanco**

Cooperativo Polanco (Fig.1.15) fue diseñado para satisfacer las exigentes necesidades de un mercado que requiere oficinas de alto nivel de calidad y



presencia, enfrentándose y adoptando las tendencias tecnológicas que como concepto se le llamó Edificio Inteligente.

*Ahorro de energía:* El concepto del edificio considera sistemas de ahorro de energía a través de la automatización y control de sus equipos eléctricos y mecánicos, considerando en su diseño la captación y uso de agua pluvial. La selección del tintex de los vidrios de la fachada fue pensada además del diseño arquitectónico y la necesidad de espacios iluminados de manera natural, en el ahorro que se puede generar por consumo de aire acondicionado, al repeler la carga térmica que se genera por la incidencia solar sobre las fachadas. La automatización como tecnología aplicada, juega un papel importante ya que como herramienta cotidiana permite medir y lo que se puede medir, se puede controlar.

*Sistema eléctrico:* El suministro de energía eléctrica para las áreas y servicios comunes del edificio fue solicitado en media tensión 23,000 V. Se tienen dos subestaciones, la primera que es la subestación receptora ubicada en sótano uno la cual consta de tres secciones: sección de recepción de servicio de luz y fuerza, sección de suministro a subestación de sótano uno y sección de enlace con subestación de azotea. La segunda esta instalada en cuarto de maquinas de azotea y es de dos secciones: sección de recepción de servicio que viene de sótano uno y sección de alimentación de subestación de azotea. La subestación de sótano uno cuenta con un transformador principal de 23,000 a 440 V, que suministran energía a cinco transformadores secundarios tipo seco de 440 a 220 V, para el suministro a UPS, servicio normal, de emergencia y tableros de servicios generales como elevadores, sistemas de bombeo de agua de re-uso y agua potable, centro de control de motores de monóxido de carbono, tableros de alumbrado normal y de emergencia.

*Sistema de emergencia:* Para el cálculo de la planta de emergencia se considero el motor de mayor capacidad en emergencia más la carga instalada;



obteniéndose un valor de 531,351 W. La planta de emergencia seleccionada en base a la capacidad calculada, fue 600 kW / 750 kVA, F.P= 0.8, 1800 R.P

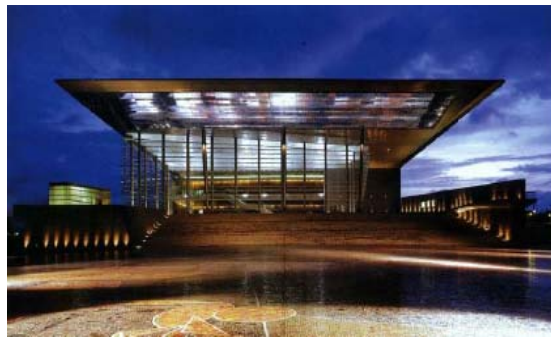


*Fig.1.15 Cooperativo Polanco*

### Otros edificios:



*Fig.1.16 Conjunto Calakmul, Santa Fé*



*Fig.1.17 Teatro-auditorio Gota de Plata,  
Pachuca Hidalgo*



*Fig.1.18 Torre HSBC*

### Próximamente:



*Fig.1.19 Hotel Fiesta Inn, Santa Fé*





## Capítulo 2

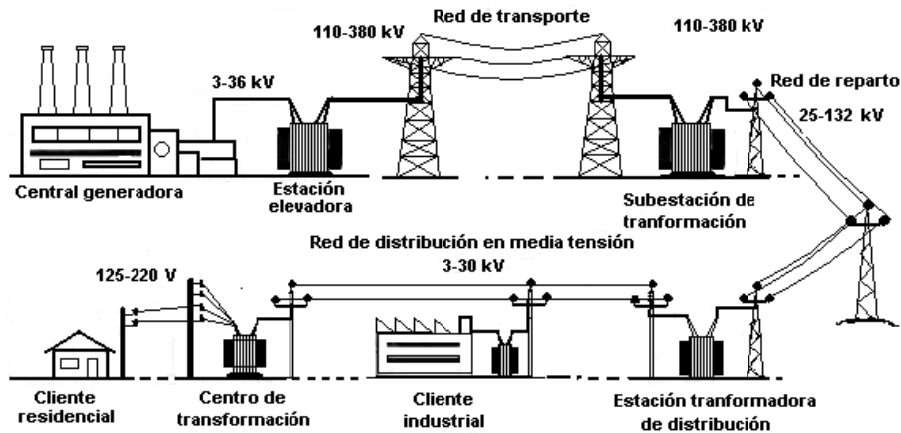
### SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El incremento en el costo de los terrenos en la Ciudad de México, ha generado la necesidad de aprovechar al máximo el área de los mismos, con el consiguiente aumento en las construcciones de *Edificios altos*. Esto trae consigo la necesidad de grandes cantidades de energía eléctrica, además de otros servicios. Generalmente, el suministro de energía eléctrica a estas edificaciones se ha realizado mediante la instalación de uno o más transformadores de distribución y de la concentración de medidores correspondiente, en el interior de locales cedidos en su caso, por el usuario a la empresa suministradora para tal efecto, los cuales normalmente se encuentran en planta baja o sótano. Una de las políticas principales para una localización óptima de las fuentes de suministro de energía eléctrica, con la finalidad de evitar pérdidas excesivas, es ubicarlas lo más cercanas posibles al centro de carga o consumo. Esto no había significado problemas fuertes para la electrificación, hasta que se inician los desarrollos de centros comerciales y/o de oficinas en edificaciones verticales de gran tamaño. Estas constituyen uno de los grandes segmentos más importantes de los sistemas de distribución de la compañía de servicio eléctrico, en especial en zonas constituidas por varias partes en donde los sistemas subterráneos de alimentación son un requisito.

#### 2.1. Sistemas de distribución

Durante muchos años ha sido un tema controvertido definir la división entre los llamados sistemas de potencia, en donde se incluyen las líneas de transmisión, y los sistemas de distribución. Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitida por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución. Un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir las tensiones al valor de utilización por los clientes y los

circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor, ver Fig.2.1.



*Fig.2.1 Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico*

En México las tensiones de distribución primarias recomendadas son 13.2 kV, 23 kV y 34.5 kV. Los circuitos secundarios son generalmente trifásicos, de cuatro hilos, de 115 a 127 volts entre fase y neutro o de 220 a 240 volts entre fase y neutro.

## 2.2. Clasificación de los sistemas de distribución

Los sistemas de distribución se pueden clasificar de diversas maneras:

- Según la corriente: alterna o directa
- Según la tensión: de 120 V, de 13 200 V, 34 500 V, etc.
- Según el esquema de conexión: radial, malla, red.
- Según las cargas: industrial, comercia, residenciales, entre otras.
- Según el número de conductores: bifilar, trifilar, tetrafilar.

## 2.3. Generalidades

Los sistemas de distribución se pueden desarrollar en estructuras diversas. La estructura de la red de distribución que se adopte tanto en mediana como baja

tensión depende de los parámetros que intervengan en la planeación de la red, tales como:

- I. Densidad
- II. Tipo de carga
  - a) Residencial
  - b) Comercial
  - c) Industrial
  - d) Mixta
- III. Localización geográfica de la carga
- IV. Área de expansión de la carga
- V. Continuidad del servicio

### **2.3.1. Tipo de carga**

*Sistemas de distribución urbana y residencial:* En grandes centros urbanos las cargas con frecuencia son considerables, aunque nunca comparables con las cargas industriales, por otra parte, en zonas residenciales las cargas son ligeras y sus curvas de carga muy diferentes a las de las zonas urbanas comerciales o mixtas; por tanto, las estructuras de alimentación para estas zonas son distintas y los criterios con los que se debe diseñar son exclusivos para este tipo de cargas.

*Sistemas de distribución comerciales:* Estos sistemas son los que se desarrollan para grandes complejos comerciales o municipales como rascacielos, bancos, supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales, puertos marítimos. Este tipo de sistema posee sus propias características por el tipo de demanda de energía que tiene con respecto a la seguridad tanto de las personas como de los inmuebles. En estos casos se cuenta con generación local, en forma de plantas generadoras de emergencia, mismas que son parte importante en el diseño del sistema de alimentación en este tipo de servicios.



*Sistemas de Distribución industrial:* Estos sistemas representan grandes consumidores de energía eléctrica, como plantas petroquímicas, de acero, de papel y otros procesos industriales similares. La red de alimentación y la estructura de la misma deberán tomar en cuenta las posibilidades o no de su interconexión con la red o sistema de potencia, ya que esto determinará la confiabilidad del consumidor, que en este caso es muy importante debido al alto costo que significa una interrupción de energía.

Dentro de las diferentes industrias existe una gran variedad de tipos de carga y por tanto del grado de confiabilidad que cada una de ellas requiere; así que, es muy importante el papel de la ingeniería de distribución en este caso, ya que solamente ésta podrá ayudar a definir el tipo de alimentación, su estructura, su tensión y, en consecuencia, el grado de confiabilidad que este consumidor requiera.

Las categorías en que se dividieron los sistemas de distribución presentan un panorama general de la ingeniería de distribución. Sin embargo, es conveniente señalar que las dos últimas, “los sistemas de distribución comercial e industrial”, por lo general las diseñan y operan las propias empresas a las que pertenecen, y la primera es responsabilidad de las empresas de distribución en la mayoría de los países.

#### **2.4. Calidad del servicio**

Un punto importante en la decisión tanto del tipo de construcción como de la estructura del sistema de distribución que se va a desarrollar depende considerablemente de *la calidad del servicio* que se desee, pudiéndose subdividir ésta en tres partes fundamentales:

- 1) *Continuidad del servicio:* La energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la vida moderna, que una interrupción de suministro causa disturbios y pérdidas económicas.

- Disponer de un sistema de protección automático que permita eliminar con la rapidez necesaria cualquier elemento del sistema que ha sufrido un deterioro.
- Diseñar el sistema de manera que la falla y desconexión de un elemento tenga la menor repercusión posible sobre el resto del sistema.
- Disponer de los circuitos de alimentación de emergencia para hacer frente a una falla en la alimentación normal.
- Disponer de los medios para un restablecimiento rápido del servicio, disminuyendo así, la duración de las interrupciones, cuando éstas no han podido ser evitadas.

2) *Regulación tensión:* Los aparatos que funcionan con energía eléctrica están diseñados para operar a una tensión determinada y su funcionamiento será satisfactorio siempre que la tensión aplicada no varíe más allá de ciertos límites.

Para el caso de las lámparas incandescentes, una tensión menor que la nominal disminuye el flujo luminoso, por ejemplo, una reducción de 10% de la tensión reduce el flujo luminoso a 70% de su valor nominal y el consumo de las lámparas a 85%; una tensión mayor que la nominal acorta la vida de la lámpara: con 10% de aumento de la tensión la vida teórica de la lámpara se reduce a 30% de la normal. En las lámparas fluorescentes la variación del flujo luminoso con la tensión aplicada es sólo menor que en las lámparas incandescentes, en cambio, una la baja tensión afecta el arranque y en general la lámpara no se prende si la tensión aplicada es 90% o menor de la tensión nominal. La tensión excesivamente alta causa calentamiento del balastro; tanto una alta o baja tensión acortan la vida de la lámpara.

En caso de un motor de inducción, el par de arranque es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada, de manera que una baja tensión reduce considerablemente el par de arranque. La corriente de plena carga aumenta

al disminuir la tensión, lo que puede causar calentamiento excesivo del motor. La velocidad del motor, en cambio, es poco sensible a las variaciones de la tensión. En general los motores de inducción están diseñados para trabajar satisfactoriamente con variaciones de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal.

Todo lo anterior hace ver la importancia de la regulación de la tensión en un sistema eléctrico. Una variación de  $\pm 5\%$  de la tensión en los puntos de utilización, con respecto a la tensión nominal, se considera satisfactoria, una variación de  $\pm 10\%$  se considera tolerable.

- 3) *Control de la frecuencia:* Los sistemas de energía eléctrica funcionan a una frecuencia determinada, dentro de cierta tolerancia. El rango de las variaciones de frecuencia que pueden tolerarse en un sistema depende tanto de las características de los aparatos de utilización, como de funcionamiento del sistema mismo.

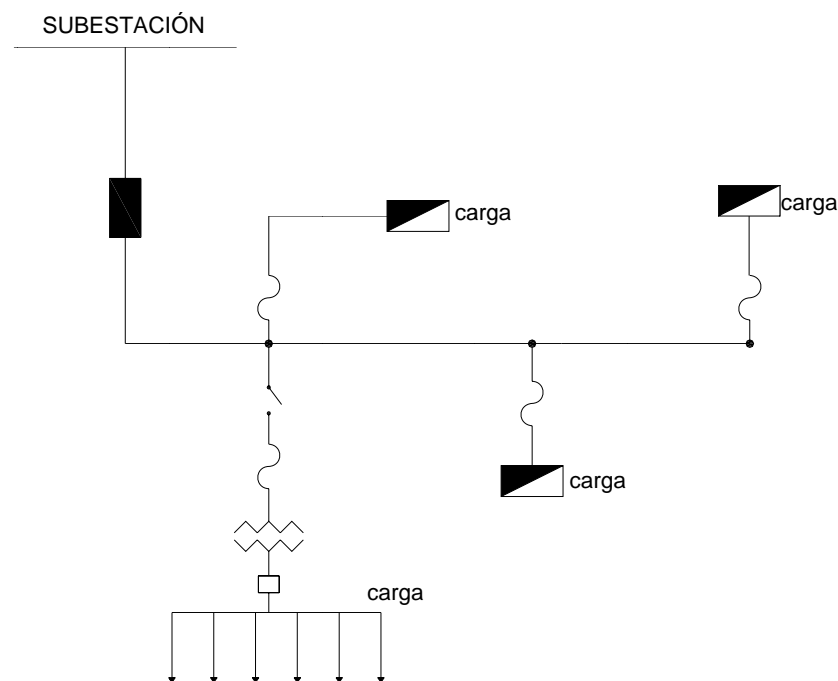
Las cargas resistivas son, evidentemente, insensibles a las variaciones de frecuencia. En cambio, las cargas constituidas por motores eléctricos que mueven distintos tipos de maquinas giratorias son afectadas en mayor o menor grado por las variaciones de frecuencia. La variación de frecuencia causa una variación del mismo signo de la potencia consumida, que para algunas aplicaciones, como ventiladores y bombas centrífugas, puede significar una variación de 3% a 10% de la potencia consumida, para una variación de la frecuencia de 1% con respecto a su valor nominal. Para el conjunto de la carga de un sistema eléctrico 1% de disminución de la frecuencia causa una disminución del orden de 1.5 a 2% de la carga. Tomando en cuenta todos estos factores puede decirse que, desde el punto de vista del buen funcionamiento de los aparatos de utilización, es suficiente controlar la frecuencia con una precisión de 1%.

La topología del sistema tendrá una influencia decisiva en la continuidad del sistema y un impacto menor en la regulación de tensión.

En cuanto a su operación, hay sólo dos tipos fundamentales de redes de distribución:

- Radial
- Paralelo

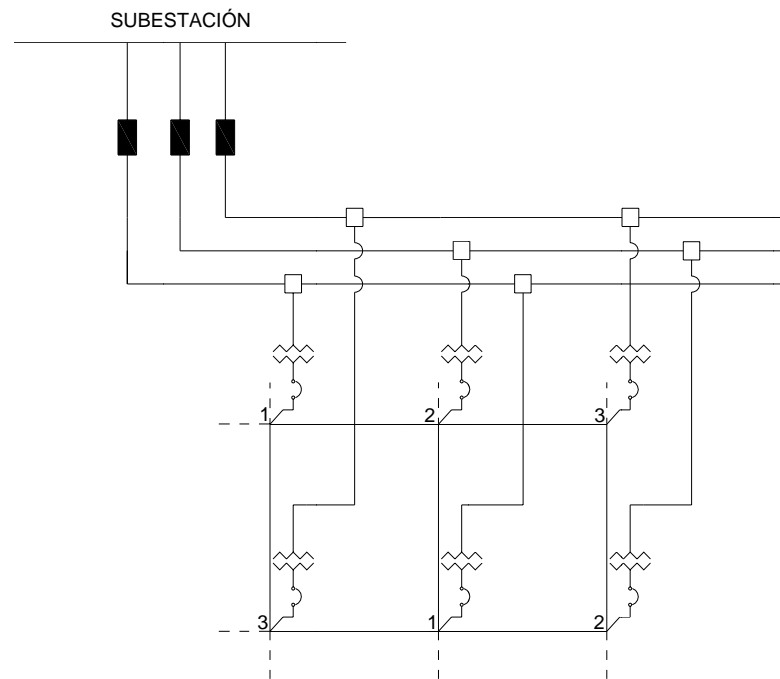
Por definición, un *sistema de operación radial* es aquel en el que el flujo de energía tiene una sola trayectoria de la fuente a la carga, de tal manera que una falla en ésta, produce interrupción en el servicio. Este sistema de servicio de energía eléctrica es probablemente el más antiguo y comúnmente usado en la distribución de energía eléctrica. Debido a su bajo costo y sencillez, las redes de operación radial se seguirán usando, pero tratando también de mejorar sus características de operación para hacerla más confiables. La Fig.2.2 muestra una alimentación de este tipo.



**Fig.2.2 Red de operación radial**

En un *sistema de operación en paralelo* el flujo de energía se divide entre varios elementos, teniendo más de una trayectoria.

La operación en paralelo se utiliza sobre todo en redes de baja tensión. Con este tipo de redes se tiene una estructura sencilla en la red primaria, donde las subestaciones están conectadas en simple derivación radial. La continuidad está asegurada en la red de baja tensión por medio de la operación en paralelo. En la Fig.2.3 se muestra una red de este tipo.



**Fig.2.3 Red de operación en paralelo en baja tensión**

Cada una de estas redes tiene algunas variaciones y modificaciones; por tanto, es conveniente establecer una clasificación funcional de las diferentes estructuras, así como de sus combinaciones posibles.

- Estructuras de mediana tensión
- Estructuras de baja tensión

Los sistemas de distribución en mediana tensión y baja tensión tienen diversos arreglos en sus conexiones y por lo general mantienen los mismos





principios de operación. Sin embargo, entre los circuitos primarios y los secundarios hay una importante diferencia que afecta su operación: en los circuitos de baja tensión, es posible trabajar con la línea viva sin tanto peligro y costo, teniendo las debidas precauciones, lo que da mayor flexibilidad al sistema.

En el sistema de baja tensión, al igual que el sistema de distribución en mediana tensión, consiste en alimentadores secundarios que tienen su origen en B.T. de los transformadores, en cajas de distribución o en los buses de las subestaciones secundarias, llevando la energía hasta el lugar de consumo.

### **2.5. Alimentación de energía eléctrica a grandes concentraciones de carga**

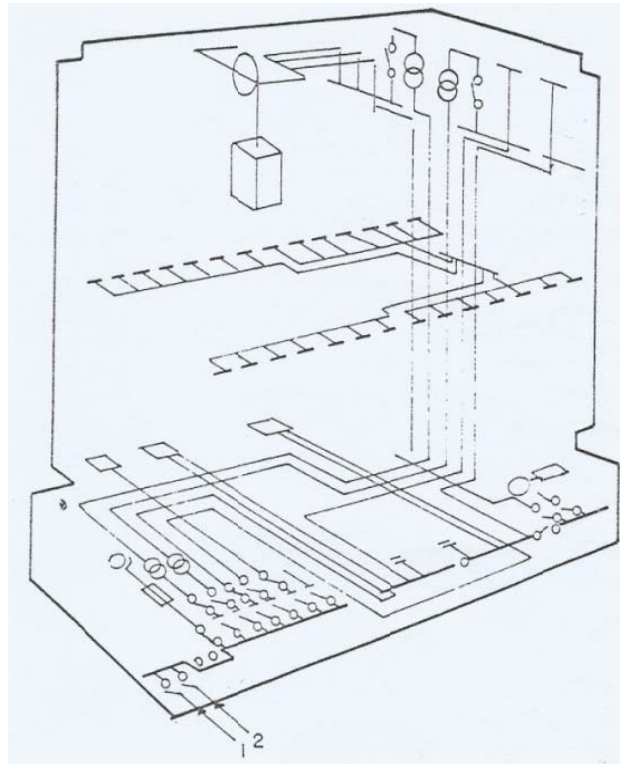
La seguridad en el suministro de energía eléctrica a un usuario, cualquiera que sea la finalidad que éste le dé a la energía, será siempre un factor importante que defina la manera de alimentar una gran concentración de carga. La comodidad y bienestar de los usuarios de un edificio, cualquiera que sea el tipo de carga, encontrará en la energía eléctrica un factor siempre presente, deseable por sus múltiples usos y costos relativamente bajos.

En grandes edificios o edificaciones destinadas a fines residenciales o comerciales, o ambos, para los cuales la demanda de energía prevista sobrepasa los 300 kVA, la alimentación de esta energía, así como su utilidad racional, constituye en la mayoría de los casos un problema cuya solución no siempre es compatible con los intereses comunes, cuando de un lado se considera a la compañía suministradora y del otro lado a los usuarios o consumidores.

A continuación se presentan los esquemas más comunes de alimentación a grandes edificio, anotando las comparaciones de continuidad. Desde el punto de vista de alimentación, la energía llega al consumidor por medio de cables subterráneos o líneas aéreas en baja tensión.

El sistema de distribución de la energía interna en el edificio dependerá sobre todo de las características de las cargas que se conecten, la configuración del edificio y el grado de confiabilidad que se requiere. Unido esto al tipo de

suministro de la compañía se podrá obtener una alimentación de energía eléctrica adecuada para cada caso (Fig.2.4).



*Fig.2.4 Alimentación en baja tensión a un edificio y su sistema de distribución*

## 2.6. Estimación de la carga

Los usuarios de energía eléctrica, para efecto de control de tarifas, son clasificados por las compañías en diferentes clases, por ejemplo: residenciales, comerciales, industriales, entre otros, conforme a sus respectivas actividades. Para cada clase de consumidores se debe disponer de índices estadísticos, formulas teóricas y empíricas que permitan evaluar la demanda estándar de cada consumidor a partir de su carga instalada o la demandada de un grupo de consumidores pertenecientes a la misma clase. Para esto es necesario desarrollar un estudio detallado que incluya levantamiento de carga instalada, iluminación, motores, aire acondicionado, conocimiento de planos urbanísticos, perspectivas de crecimiento del área y otros factores que directa e indirectamente puedan



afectar a la demanda estimada, que será un elemento fundamental de la carga y el diseño final de la red eléctrica. Las alternativas de alimentación de la energía eléctrica para un edificio las deberá analizar la compañía. Entre los factores que se deben considerar para alimentación a grandes cargas comerciales, están los siguientes:

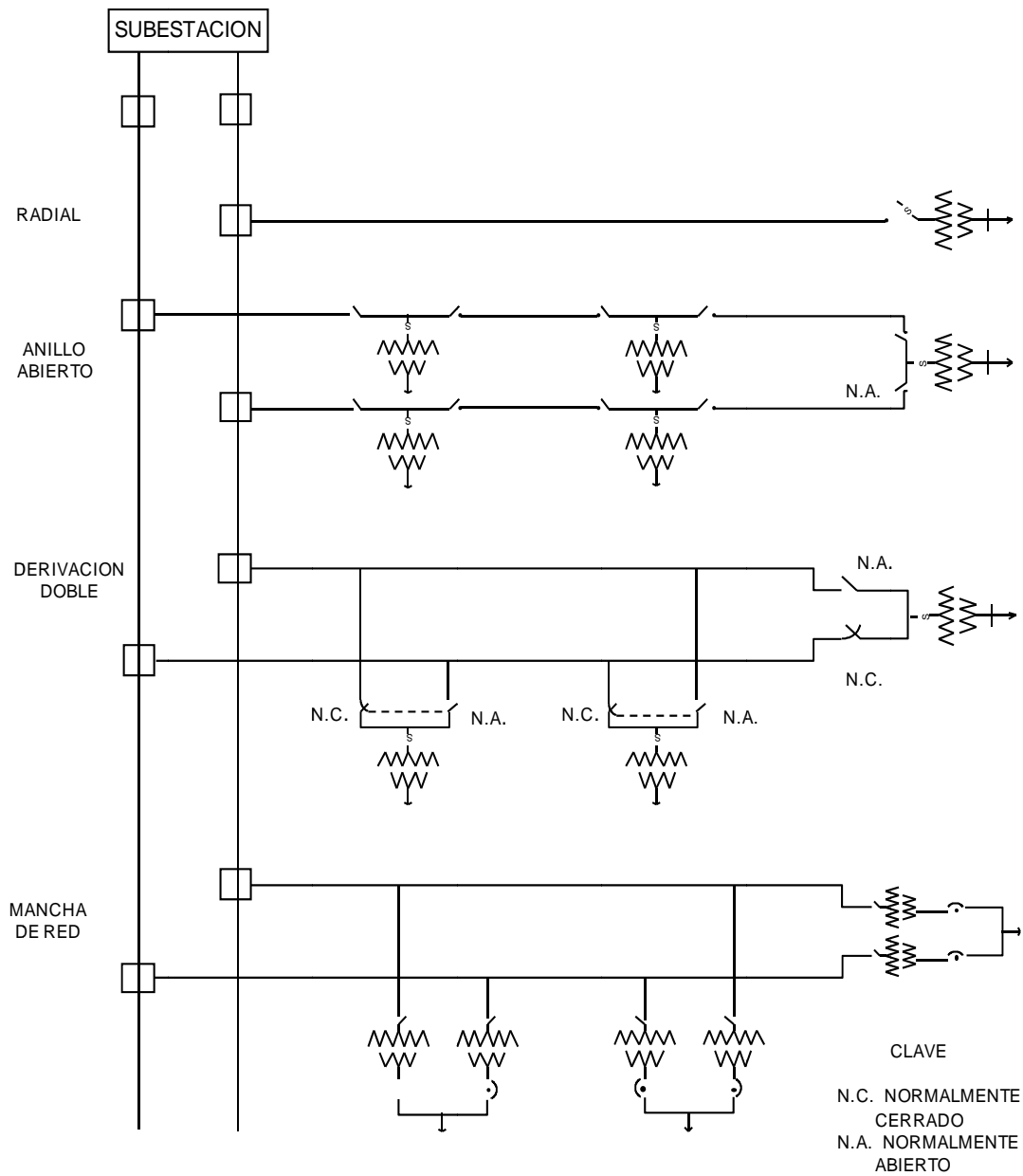
- Zona geográfica (sistemas aéreos o sistemas subterráneos)
- Carga eléctrica: tipo de carga y MVA
- Tensión preferente: mediana o baja tensión
- Nivel de cortocircuito
- Confiabilidad: sensible, semi-sensible, normal
- Arquitectura del inmueble (área construida, niveles, sótanos)
- Medición (tarifas)
- Factores: factor de carga, diversidad.
- Costos: % de contribución del usuario

Después del estudio técnico y análisis económico de las alternativas que debe incluir la modificación que esta carga tenga en la estructura de la zona, se podrá seleccionar el tipo de alimentación óptimo para la carga. Las estructuras normalizadas para alimentación en mediana tensión que se utilizan frecuentemente son:

- a) Radial
- b) Anillo abierto
- c) Secundario selectivo
- d) Primario selectivo
- e) Mancha de red

La aplicación de un diseño en particular se determinará por el tipo de cargas que se alimentarán y la zona en que se encuentre localizada ésta.

Los diagramas esquemáticos de este tipo de alimentaciones de la compañía suministradora se ilustran en la Fig.2.5.

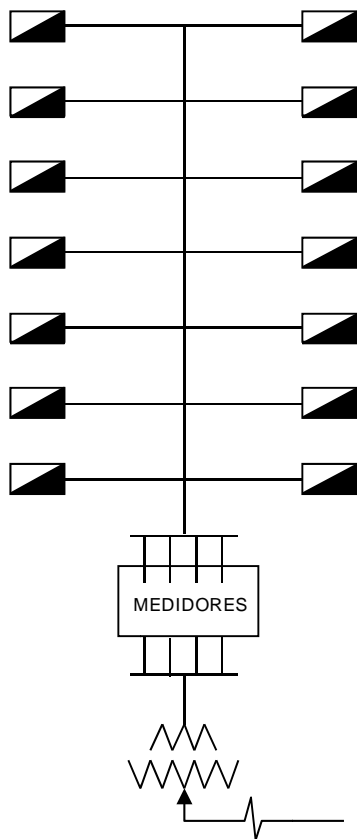


**Fig.2.5 Estructuras de alimentación**

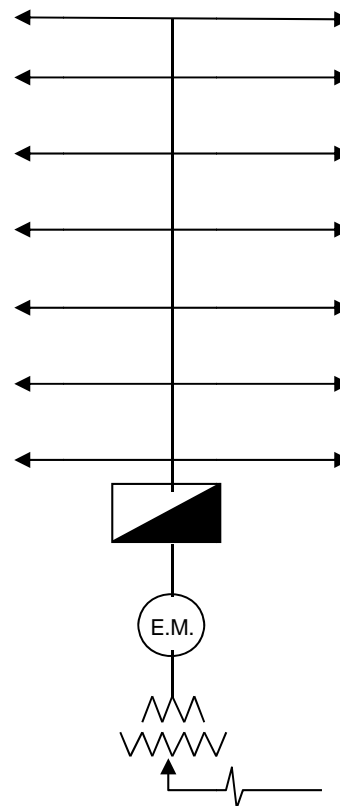
Cada uno de estos sistemas presenta características definidas, y pueden diseñarse para edificios verticales, los cuales se describen enseguida.

### a) Sistema radial

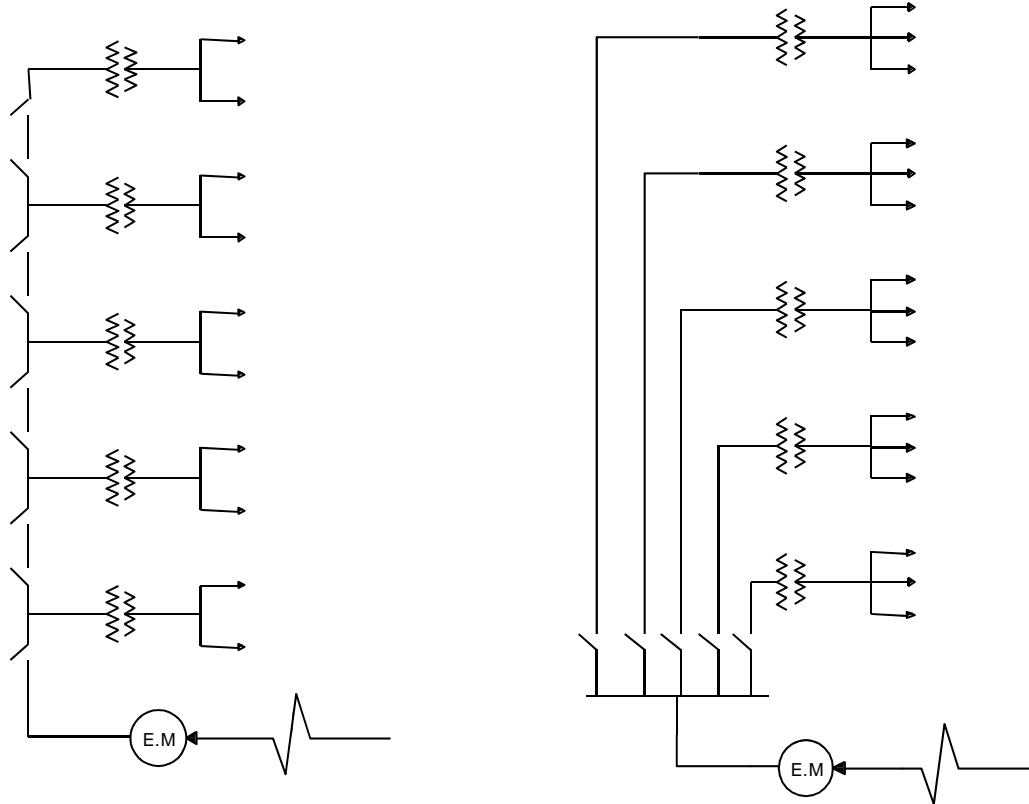
La estructura de alimentación radial (Fig.2.6), aérea o subterránea a un servicio de este tipo es obviamente la menos compleja, pero también es la menos confiable ya que debido a una falla en cualquier componente del sistema de alimentación primaria, afectará a todos los consumidores ligados al mismo, los cuales quedarán sin servicio hasta que se localice y sea reparada la falla. Por tanto este sistema solamente se aplicará a servicios que no requieran gran continuidad.



a) Varios usuarios en B.T.



b) Un usuario en M.T. o B.T.

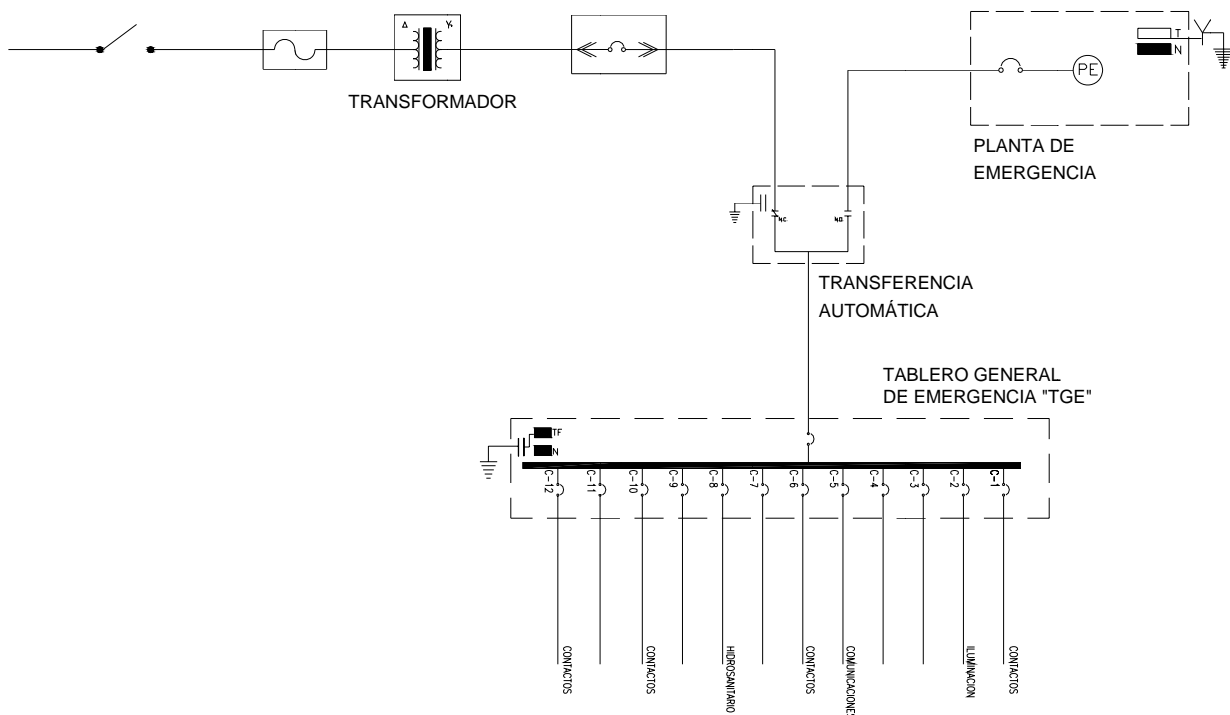


c) Un usuario en M.T con transformadores en varios niveles.  
Un solo alimentador

d) Un usuario en M.T con transformadores en varios niveles.  
Varios alimentador

**Fig.2.6 Sistema radial para suministro de energía a edificios altos**

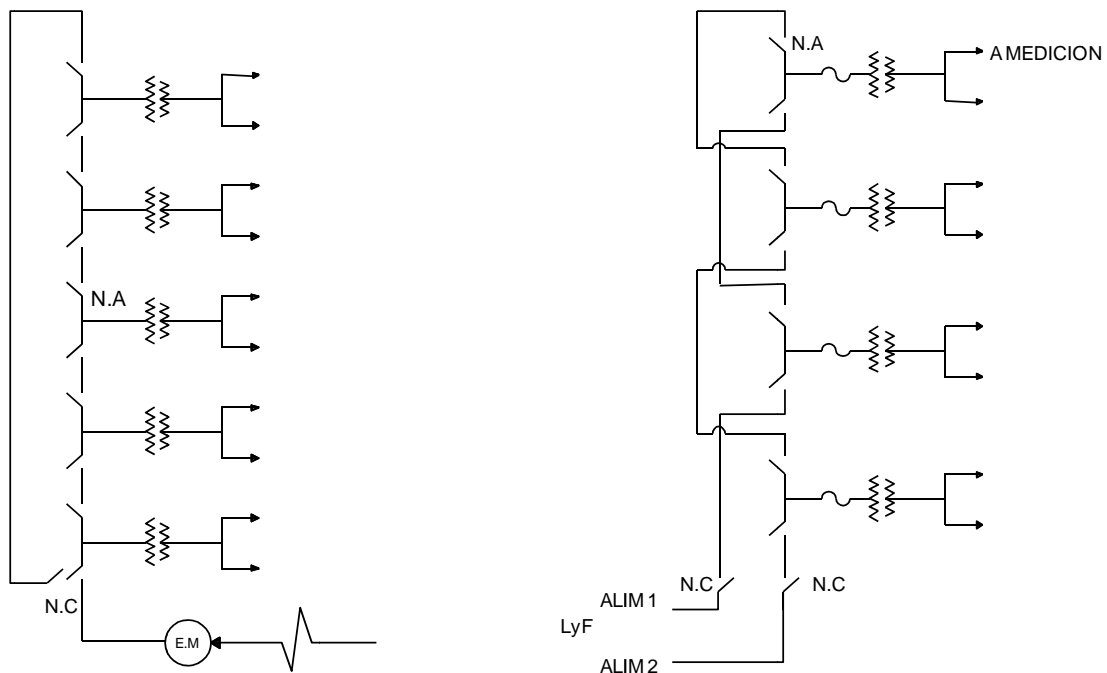
Para mejorar la confiabilidad de este sistema, se puede utilizar un método auxiliar de generación de energía en sitio, véase Fig.2.7. Un generador diesel y un interruptor de transferencia automático es el enfoque más común. Un interruptor de transferencia automático de transmisión cerrada puede ser utilizado para eliminar los apagones durante la transferencia programada de carga al generador. La adición de un suministro de energía ininterrumpible (UPS) puede evitar los apagones cuando se pierde el suministro de energía del proveedor y antes que el generador se conecte y funcione. El sistema de respaldo puede tener un tamaño adecuado para manejar la totalidad de la carga de la instalación o bien solamente las cargas críticas. Esto puede determinarse con base en las necesidades del usuario y el costo. Para compensar los costos del tiempo muerto, un plan de administración de energía puede incluir un plan “interrumpible” o una reducción de picos para reducir el costo de la energía.



**Fig.2.7 Sistema Radial con generador**

### b) Sistema en anillo abierto

Este diseño ha sido empleado extensamente para alimentar cargas comerciales y pequeñas cargas industriales importantes. Consta de dos alimentadores radiales que se unen en un interruptor normalmente abierto dentro de la subestación del consumidor. Una falla en un componente de la red primaria puede ser seccionada o aislada en forma manual y restablecer el servicio mediante la operación del interruptor ubicado en el punto normalmente abierto, véase Fig.2.8.



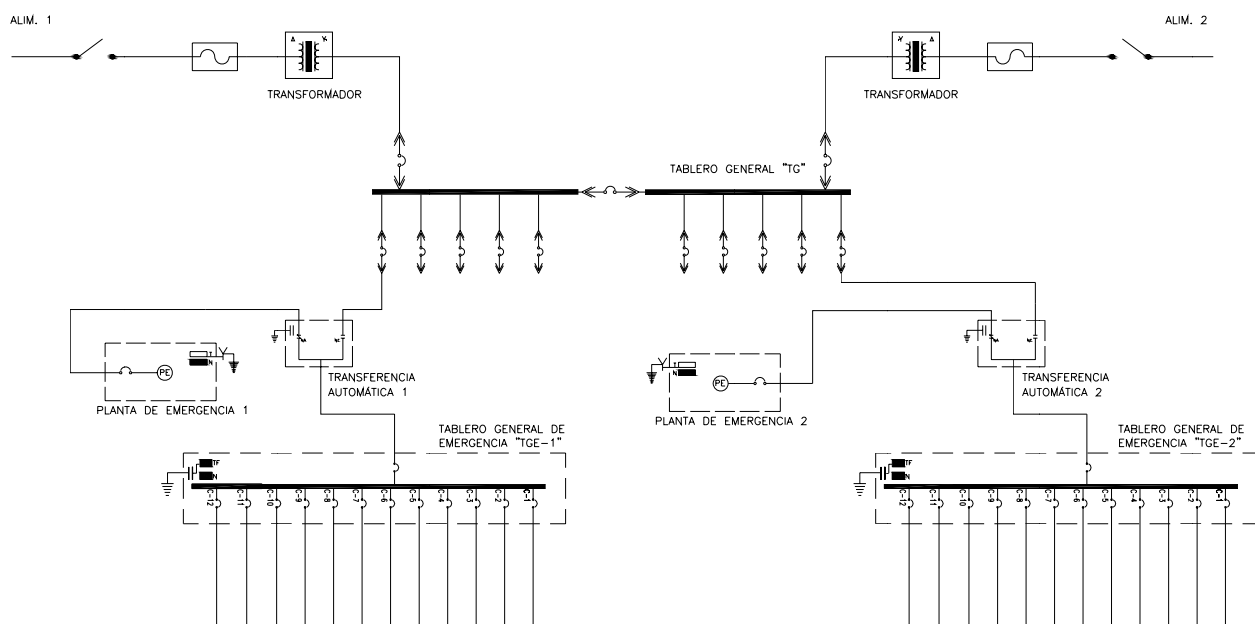
a) Un usuario en M.T con transformadores en varios niveles.

b) Varios usuario en M.T y en B.T

**Fig.2.8 Sistema en Anillo para edificios altos**



Una conmutación de transición cerrada consiste en poner en paralelo temporalmente las fuentes para evitar bajar las cargas, ver Fig.2.9. Estos sistemas son más costosos que los sistemas radiales simples, pero ofrecen una mejor seguridad a las cargas que permanecerán en línea. La adición de una fuente auxiliar de suministro de energía en el sitio puede agregarse a este sistema para mejorar adicionalmente la confiabilidad del suministro de la energía eléctrica. Esta fuente, puede tener un tamaño adecuado para manejar toda la instalación, áreas seleccionadas o bien, solamente cargas críticas. El uso de un interruptor de transferencia automático ayudará a minimizar el tiempo muerto durante las transferencias programadas. Un sistema de transferencia puede ser desarrollado utilizando un UPS.



**Fig.2.9 Subestaciones de doble acometida**

### c) Sistema en derivación doble

En este diseño, dos circuitos de media tensión independientes se llevan al centro de carga y se conectan al transformador por medio de un dispositivo automático de transferencia. Uno de los circuitos recibe el nombre de preferente y el otro se conoce como alimentador emergente, ver Fig.2.10.

Esta es una estructura que proporciona un alto grado de confiabilidad en el servicio, ya que cuando un alimentador queda fuera de servicio, el otro llevará el total de la carga, mediante el cambio automático de alimentación a través de los interruptores de transferencia en media tensión.

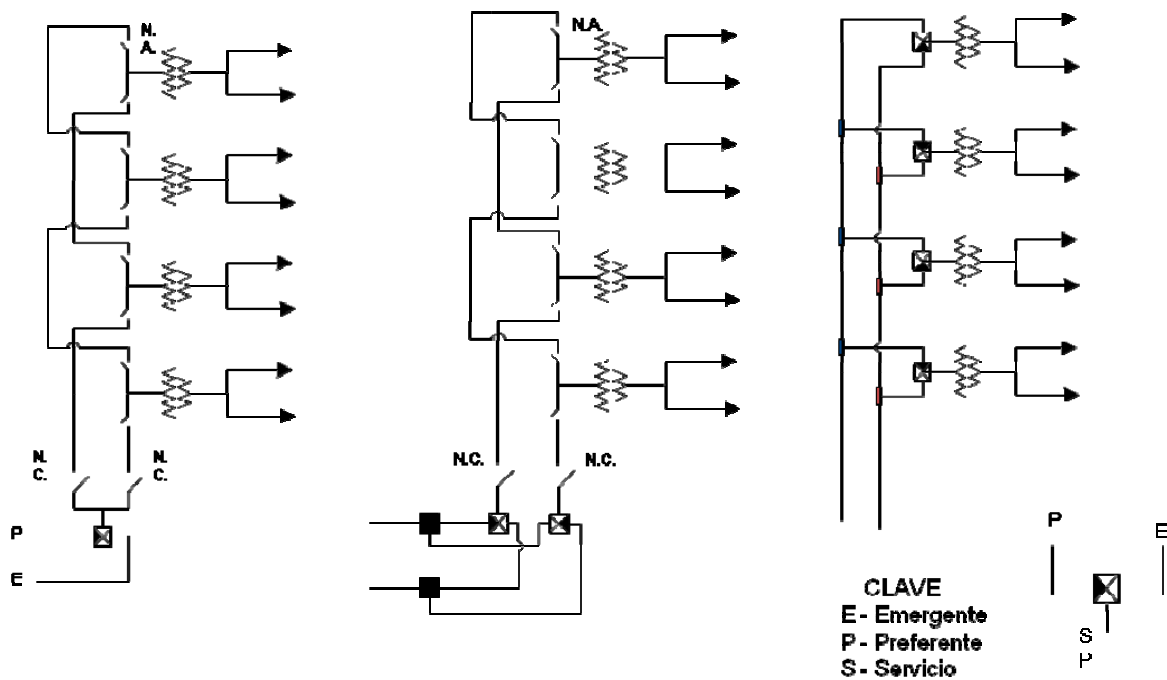


Fig.2.10 Sistema de derivación doble para suministro de energía a edificios altos

### d) Mancha de red

Este sistema es uno de los más flexibles y confiables que existen (Fig.2.11). Su empleo se restringe a zonas de densidad de carga elevada, en las que ya se tiene una red automática subterránea implantada. Esta alternativa requiere para su implantación de un mínimo de dos alimentadores a los que se conectarán los transformadores de distribución y sus respectivos protectores de red, los cuales alimentarán un bus secundario común, energizado permanentemente.

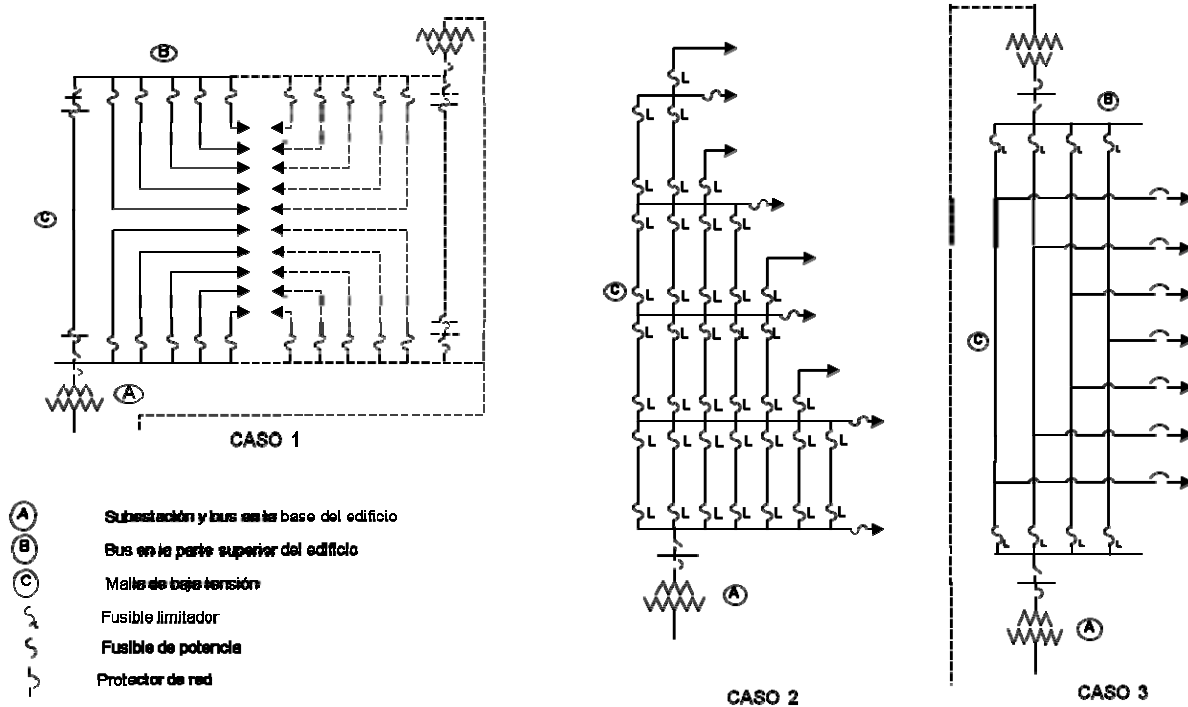


Fig.2.11 Estructura de un mancha de red



## Capítulo 3

### CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en las sociedades modernas para el soporte de la vida cotidiana. Los consumidores de electricidad poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto nivel en términos de calidad de la tensión proporcionada por las compañías suministradoras, conocido como “**Calidad de la Energía**”.

Hace algunas décadas la calidad de energía no era preocupante, pues no tenía efectos significativos en los equipos rústicos como máquinas electromecánicas que soportaban los más severos problemas de perturbaciones sin sufrir daño alguno conectado a la red de distribución. En general era suficiente con especificar la tensión y la frecuencia de operación de los equipos; sin embargo, la aparición de diversos elementos electrónicos altamente sensibles ha obligado a las empresas suministradoras de energía a analizar detenidamente el problema y determinar la confiabilidad del servicio.

La calidad del servicio del suministro de energía eléctrica soporta y apunta la vitalidad comercial, industrial y social de los países. Por ejemplo, las compañías suministradoras del oeste de Europa son reconocidas internacionalmente como las mejores en el mundo en términos del desempeño, confiabilidad y efectividad costo-beneficio. Actualmente en México sólo se cuenta con recomendaciones para algunos factores de calidad de la energía, sin embargo; opiniones de expertos de las compañías suministradoras indican que es indispensable disponer de regulaciones en materia de la calidad energética.

#### 3.1. Concepto de calidad de la energía eléctrica

**Calidad de Energía o Power Quality (PQ)** como lo denominan los postmodernistas de la ingeniería comercial, tiene un efecto significativo y esencial



en la productividad de las empresas posicionadas en los edificios inteligentes; es así que desde 1990, hasta nuestros días los problemas de calidad de energía están directamente relacionados con las caídas de los sistemas de información, la pérdida de disponibilidad en los enlaces de telecomunicaciones 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.

La razón fundamental para los incrementos tan trágicos de las necesidades de energía limpia y libre de perturbaciones, radica en la tecnología de punta, la multiplicación del uso de equipo altamente sensible y productor de alteraciones ha contribuido al aumento de fallas.

El concepto de *calidad de la energía* debe entenderse como la posibilidad que tienen los edificios y los usuarios finales para mejorar su entorno eléctrico bajo el cumplimiento de las medidas mínimas exigidas por las normas nacionales e internacionales aplicables, para lo cual no se requiere solamente de la ventaja de un equipo sino de una solución de ingeniería que lleve consigo actividades de asesoría y diseño destinados a brindar satisfacción total, conservando el indicio básico de optimizar técnicamente los proyectos.

El concepto de *calidad de la 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, 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 gastos y mano de obra que va en deterioro de la calidad de energía por baja especificación.

En la medida que los problemas o perturbaciones se solucionen, 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.

### 3.2. Tipo de cargas

Usualmente el flujo eléctrico de los diversos sectores en las redes eléctricas se ve perturbado por 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.

- Críticas: Toleran interrupciones de voltaje menores a un cuarto de ciclo de duración.
  - Equipos de comunicación
  - Equipos médicos
  - Computadoras
- Esenciales: Toleran interrupciones de tensión menores a 10 segundos de duración.
  - Sistemas contra incendio
  - Sistemas de emergencia
  - Sistemas de refrigeración
- *No esenciales*: Toleran interrupciones de suministro de minutos a horas.
  - Enchufes de servicio
  - Impresoras
  - Sistemas de iluminación

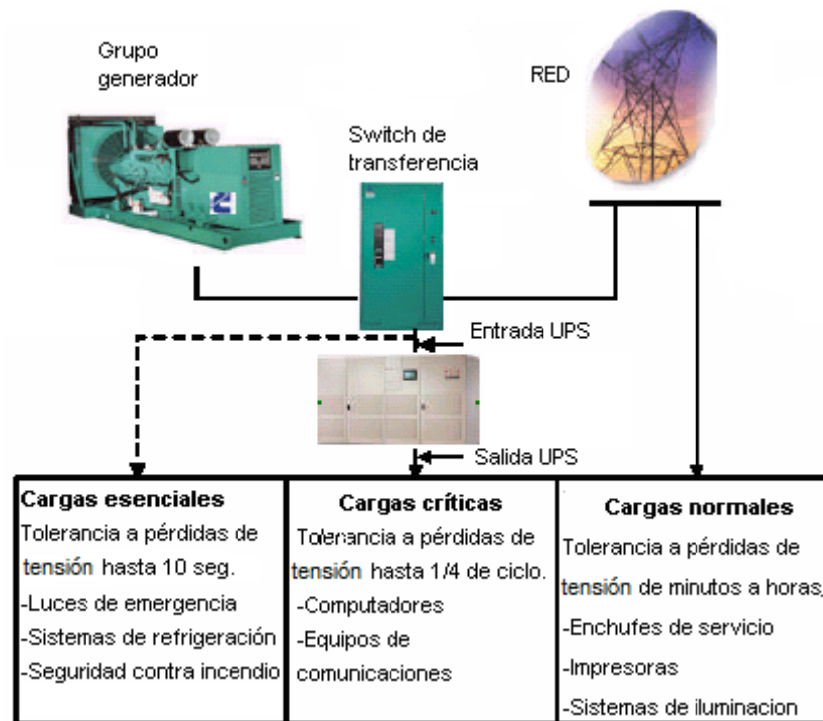


De esta manera en *los edificios inteligentes*, las cargas se suelen clasificar, descifrando a qué grupo de la red eléctrica se conectan.

- a) *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.
- b) *Red de servicios*: Esta red corresponde al sistema eléctrico asociado con electrodomésticos o herramientas de uso general para reparaciones locales, mantenimiento o aseo, tales como: brilladora, aspiradora, taladro.
- c) *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. Se prefiere que este tipo de equipos sean conectados independientemente, ya que se caracterizan por suministrar un alto contenido de contaminación armónica a las redes y crear interferencia a los equipos con los que comparten circuito en los momentos de arranque.
- d) *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. 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 crítico de la carga.

- e) *Red eléctrica regulada*: Este tipo de redes consisten en sistemas eléctricos exclusivos para equipos sensibles tales como: computadoras, servidores, equipos de comunicaciones y en general dispositivos electrónicos de estado sólido diferentes a impresoras y fotocopiadoras. En este tipo de redes suelen implementarse sistemas ininterrumpidos de potencia, con el fin de garantizar ciertos niveles de calidad de energía.

En la siguiente Fig.3.1 se observa la distribución de la energía, basada en los tipos de cargas, ya sean críticas, esenciales o normales.



**Fig.3.1** Forma de distribución de energía sobre la base de categorías de cargas

### 3.3. Origen de perturbaciones en redes

Entre generación y carga la tensión sufre modificaciones relativamente permanentes (armónicas, fluctuaciones rápidas, entre otras) y otras ocasionales (manifestaciones de picos, transitorios), estas alteraciones se indican con el término disturbios.



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

- *El medio ambiente o factores externos:* Estos están relacionados 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:* Estos problemas o disturbios 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); 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 contaminación de armónicos, asimetría de cargas, parpadeos (flickers) y en general consecuencias propias de las cargas conectadas a la red.

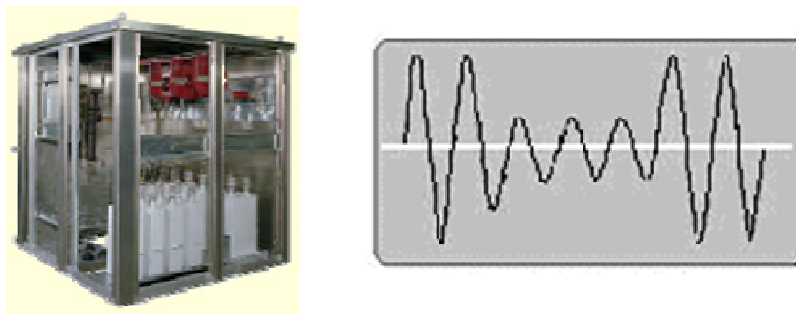
Existe un gran número de tipos de problemas con la energía eléctrica cada uno de los cuales puede tener variadas y diversas causas. Para complicar aún más las cosas, es bastante común que diferentes problemas se presenten en forma simultánea, combinados y en forma intercambiable o aleatoria.

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

### ➤ Variaciones de tensión de tiempo corto

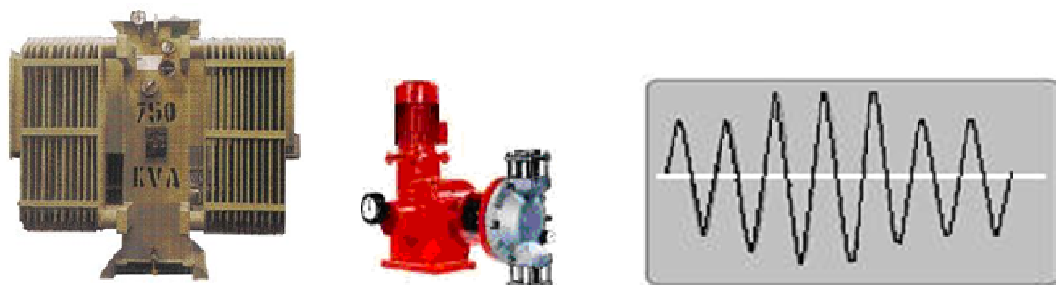
Las variaciones de tensión de tiempo corto son causadas, casi siempre, por condiciones de falla o conmutación (conexiones o desconexiones) de cargas, y su duración está limitada a 3 segundos en forma típica. Estos pueden ser elevaciones temporales (swells), o disminuciones temporales de tensión (sags).

- *Un Sag de tensión:* Es una disminución del nivel de tensión entre un 10% y 90% del valor nominal, los sags pueden ser causadas por falla en los alimentadores adyacentes, los más comunes son los de fase a tierra, pero los más severos se atribuyen a las falla trifásicas (Fig.3.2).



**Fig.3.2 Forma de onda del Sag**

- *Un Swell de tensión:* Es un aumento del tensión entre un 10% y 180% del valor nominal (Fig.3.3). Los swells son generalmente causados por fallas, inserción de capacitores y cambios de carga.



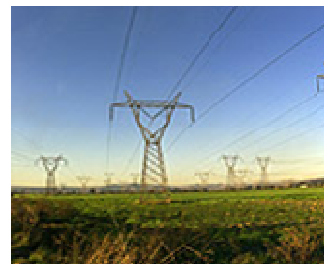
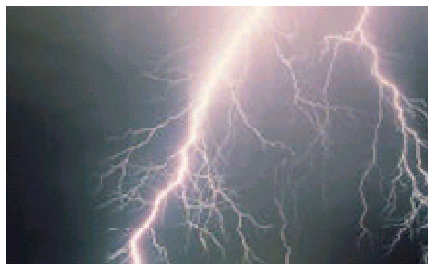
**Fig.3.3 Forma de onda del Swell**

### ➤ Variaciones de tensión de tiempo largo

Estas son derivaciones de la tensión que duran períodos desde 2 segundos en adelante. Generalmente no son resultado de fallas en el sistema; sino más bien, se atribuye a: variaciones de la carga y operaciones de conmutación (switcheo) en el sistema. Las variaciones de tiempo largo pueden ser sobretensiones o tensiones bajas, dependiendo de la causa de variación.

*Caídas de tensión:* es un decrecimiento del valor RMS de la tensión, a la frecuencia nominal, y que dura más de 2 segundos. Estos pueden originarse externamente o internamente a las facilidades del usuario.

- *Las causas externas de caídas de tensión:* vienen principalmente desde las redes de transmisión y distribución eléctricas y algunas veces pueden estar siendo generadas por otros usuarios cercanos, éstas pueden viajar miles de kilómetros afectando así a miles de usuarios durante un único evento. Estas caídas de tensión tienen una variedad de causas tales como tormentas eléctricas, actividad humana y animal, la operación propia normal y/o anormal de los equipos de generación y distribución de los servicios (Fig.3.4).



**Fig.3.4 Causas externas de caída de tensión**

- *Las caídas de tensión causadas internamente,* dentro de las facilidades del usuario son típicamente generadas por el arranque de grandes cargas tales como motores o el apagado de bancos de

capacitores, pueden generar una caída de tensión lo suficientemente grande como para afectar el área local. La gran influencia de corriente requerida para arrancar estos tipos de carga, causa una disminución en el nivel de tensión disponible para otros equipos que comparten el mismo sistema eléctrico. Empresas de suministro eléctrico tratan de mantener los niveles de tensión entregados a sus clientes dentro de un  $\pm 5\%$ . Sin embargo, factores tales como el clima, alta demanda y otros, pueden causar que la tensión suministrada caiga dentro de un rango del  $\pm 10\%$ .

*Sobre tensiones:* Es un incremento en la tensión RMS por más de 2 segundos. Condiciones crónicas de sobretensión son frecuentemente causadas por la empresa suministradora, por utilidad (al apagado de consumos de alta potencia como motores de aire acondicionado, bombas o el encender bancos de condensadores) o por el usuario final que tiene los taps de un transformador ajustados muy altos, esto se pudo haber hecho para compensar caídas de tensión experimentadas por los usuarios ubicados a la mayor distancia del transformador de alimentación, sin embargo, aquellos usuarios más cercanos al transformador experimentan como resultado una sobretensión

Aunque las sobretensiones ocurren con menos frecuencia en comparación con las caídas de tensión, estos pueden causar mal funcionamiento y efectos negativos en la mayoría de los equipos electrónicos debido al sobrecalentamiento resultante y acelerar el desgaste.

### ➤ **Los transitorios**

Son sucesos de sobretensiones por lo que se puede decir que son un subconjunto de éstas, los cuales son eventos de muy corta duración, y de amplitud variada. Usualmente referidos como “surges” o “altas”, los transitorios son probablemente más frecuentemente visualizados como las decenas de miles de voltios resultantes de un golpe eléctrico o rayo, que destruye cualquier dispositivo

eléctrico en su camino. Los transitorios son picos de tensión con duración de nano a microsegundos de aparición aleatoria en la onda sinusoidal, estos se pueden clasificar por su origen como externos e internos.

- *Transitorios Externos:* Son generados fuera de la instalación eléctrica, en la red de distribución de media y alta tensión, campos magnéticos o por descargas eléctricas propias de los fenómenos atmosféricos (Fig.3.5). En los cuales se alcanzan niveles de tensión del orden de los 6 kV, 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. Son los de menor ocurrencia; sin embargo de mayor potencia destructiva y cuando se desvían se van por tierra.



**Fig.3.5 Descarga eléctrica**

- *Transitorios Internos:* Son generados dentro de la instalación eléctrica normalmente por los mismos equipos internos y dispositivos de switcheo (Fig.3.6). Estos se presentan con valores pico de 6 kV, 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 100 kHz. Son los de mayor ocurrencia, pero con magnitud pequeña que no daña a los equipos de forma instantánea, los degrada con el tiempo y produce los que se conoce como

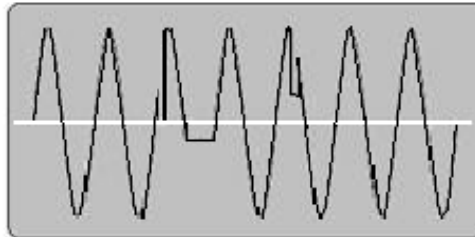
oxidación electrónica. Los producen los motores, aires acondicionados, balastos, elevadores, arrancadores entre otros.



*Fig.3.6 Causas de transitorios interno y su forma de onda*

### ➤ Ranurado (Notching)

Es una perturbación de polaridad opuesta a la forma de onda normal (que se sustrae de la forma de onda) de duración de menos de medio ciclo (Fig.3.7). Este fenómeno es causado frecuentemente por conmutadores electrónicos o acondicionadores de energía eléctrica que no funcionan correctamente. Aunque la muesca no es usualmente un problema mayor, puede causar que equipos, especialmente electrónico, operen incorrectamente.

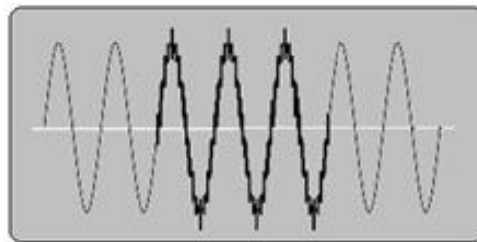


*Fig.3.7 Notching*

### ➤ Ruido electromagnético

Es una distorsión de alta frecuencia en la forma de onda de la tensión (Fig.3.8). Directamente relacionado con la interferencia electromagnética generada por el flujo de electrones, a través de conductores que alimentan de potencia otra serie de equipos, tales como soldadoras eléctricas, cajas de conmutación y transmisores en la proximidad, que tengan gran alcance en la irradiación. El ruido

frecuente o de extensos niveles puede causar malfuncionamiento en los equipos alimentados, sobrecalentamiento y desgaste en general. 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 conduce estática en las pantallas de los computadores y disrupción en la transmisión de información, 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 disrupción en la transmisión de información.



*Fig.3.8 Ruido eléctrico*

#### ➤ **Parpadeo (Flicker)**

Es un disturbio en la amplitud de la tensión, cuya principal consecuencia es la variación del brillo de las lámparas incandescentes, que causa molestia visual y que permaneciendo produce cansancio. El parpadeo es una variación continua en la tensión de fase (distinto en cada fase) causada por algunas cargas grandes no lineales que toman altas y continuas corrientes de cargas variables.

#### ➤ **Interrupciones (outage)**

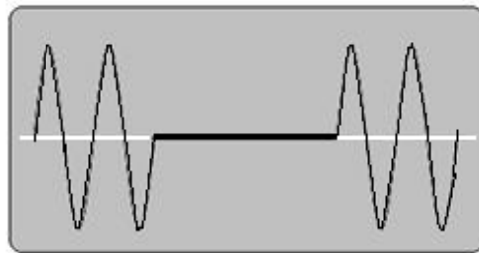
Cuando la tensión cae por debajo del 10% del valor nominal, se habla de una interrupción o apagón, ver Fig.3.9.

Las interrupciones se clasifican de tres formas:

- Momentánea: pérdida completa de potencia por menos de 2 segundos.

- Temporal: pérdida completa de potencia por más de 2 segundos, pero menos de 2 minutos.
- Sostenida. pérdida completa de potencia por más de 2 minutos.

Aunque las interrupciones son la forma más severa de un problema con la energía eléctrica, son también los de ocurrencia menos probable. Caídas de tensión (sags), son a menudo confundidos con una interrupción dado que los equipos alimentados se apagan, y/o la iluminación se pierde debido a que la tensión cayó más allá del mínimo requerido para la operación de los dispositivos, éstos representan típicamente más del 92% de los eventos problemáticos con la energía eléctrica, mientras que las interrupciones representan sólo un 4% de estos problemas.



*Fig.3.9 Interrupción*

### ➤ Armónicos

Son una distorsión recurrente de la forma de onda (Fig.3.10), la que puede ser causada por varios dispositivos, un armónico puede ser definido como un múltiplo entero de la frecuencia fundamental (60Hz). Los armónicos son un problema de estado continuo con peligrosos resultados, que son fáciles de reconocer, pero difíciles de diagnosticar que pueden estar presentes en corriente, tensión o ambas.

Entre las cargas que producen corrientes armónicas se encuentran: balastos de alumbrado electrónicos, variadores de velocidad ajustables, computadoras personales, equipos de soldadura eléctrica, rectificadores de estado sólido, controladores de proceso industrial, sistemas ininterrumpibles (UPS),



transformadores saturados. Esta no es de ninguna manera una lista extensa de equipos que generan armónicos, cualquier equipo cuya base de funcionamiento sea electrónica debe ser sospechoso de producir armónicos. En general los armónicos pueden causar serios problemas para los usuarios, 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), sobrecalentamiento de transformadores y conductores de tierra, así como también calentamiento en motores, pérdidas de potencia.



*Fig.3.10 Dispositivos que generan armónicos y su forma de onda*

### **3.4. Requerimientos del Sistema Eléctrico para Calidad de Energía de los Edificios Inteligentes**

La instalación de componentes y sistemas electrónicos en la industria crece aceleradamente y hoy en día, hay un número de soluciones que individuales o combinadas pueden reducir significativamente el riesgo de problemas y perturbaciones que degradan la calidad de la energía.

Tales como las que se mencionan enseguida:

#### **➤ Transformadores de aislamiento Factor-k**

Los transformadores de aislamiento con protección electrostática (Fig.3.11) se encargan de controlar el ruido, transitorios y armónicas en la línea de tensión,

creados por switcheo en arranque y paro de motores, capacitores o circuitos con SCR's (Silicon Controlled Rectifier).

El conductor del neutro del transformador es de dos a tres veces mayor que la capacidad de las fases, la energía no utilizada causada por las armónicas se queda circulando aislada en la delta del transformador, evitando que esta regrese a los circuitos, además de ser más robustos para soportar el calor producido por las armónicas.

Las aplicaciones típicas de los transformadores de aislamiento con protección de pantalla electrostática incluyen:

- Supresión de oscilaciones momentáneas y ruido que viaja de la fuente de las cargas sensibles.
- Supresión de oscilaciones momentáneas y ruido en el punto donde se originan, previendo su inducción de la fuente a los alimentadores.
- Proveer aislamiento de un circuito a otro.



*Fig.3.11 Transformadores de aislamiento*

### ➤ **Reguladores de tensión**

Se encarga de corregir las variaciones de tensión existentes en la red eléctrica y entregar la energía requerida al equipo, dentro de los parámetros específicos necesarios para su operación. Existen diferentes tipos de reguladores, los más recomendables son los electrónicos y los ferromagnéticos (Fig. 3.12), que

por su tecnología dan un amplio margen de regulación que va desde 80 hasta 150 Volts a la entrada, manteniendo la tensión de salida en un rango aceptable (114 a 127 Volts). Debido a la naturaleza ferrosónica del regulador, la corriente de salida se auto-limita protegiendo la unidad de daños internos, haciendo innecesarias protecciones adicionales tales como fusibles e interruptores termomagnéticos. En caso de corto circuito, la corriente de salida se limita a su valor nominal para el que fue diseñado. El regulador puede operar en este sentido por tiempo indefinido sin sufrir daño alguno de su estructura. Esta unidad proporciona un alto rechazo al ruido proveniente de la línea de alimentación eléctrica comercial, esto lo hace excepcionalmente adecuado en lugares donde la línea está contaminada por perturbaciones atmosféricas por ruido eléctrico generado por cargas como motores, hornos eléctricos, por mencionar algunos.



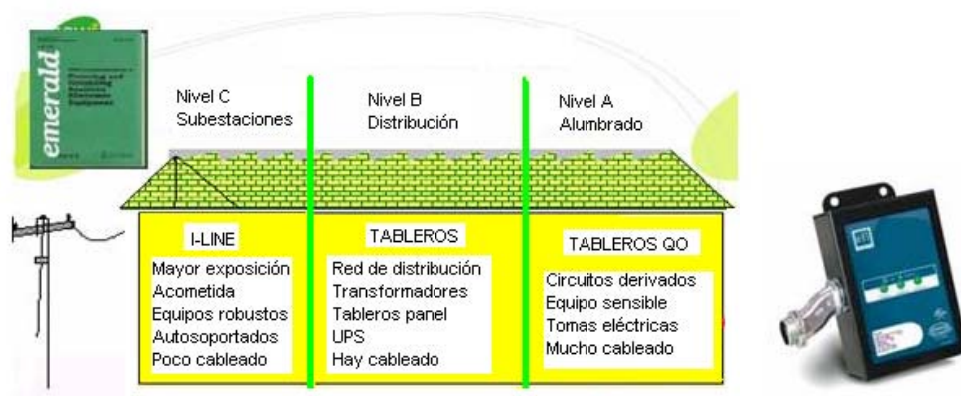
*Fig.3.12 Reguladores de tensión*

### ➤ **Supresores de transitorios (TVSS)**

La protección contra los picos de tensión se logra con un arreglo de varistores o tiristores conectados a la entrada de las fuentes de alimentación o por la inclusión de los llamados, comercialmente, supresores de picos. La familia de supresores de picos de tensión (TVSS) son dispositivos que actúan como poderosos protectores contra descargas atmosféricas. Se instalan fácilmente a la entrada de la acometida eléctrica de cualquier instalación residencial, comercial o industrial y cuando un pico de tensión causado por una descarga eléctrica o por el encendido o apagado de las cargas inductivas que llega por los conductores, el

dispositivo lo recorta inmediatamente a un nivel seguro, reduciendo la energía destructiva y disipándola hacia la tierra.

El supresor también protege contra sobretensiones breves de menor intensidad, generalmente inducidas en los conductores por la conmutación o el re-encendido de circuitos en la empresa suministradora, las cuales pueden ser extremadamente destructivas para muchos equipos electrónicos. En la Fig.3.13 se muestran los niveles de protección de acuerdo al arreglo y al equipo a resguardar.



**Fig.3.13 Configuración de supresores de transitorios (TVSS)**

### ➤ **Sistemas Ininterrumpibles de Energía (UPS)**

Los UPS (Fig.3.14) son equipos destinados a garantizar una tensión segura y libre de perturbaciones eléctricas para distintos tipos de consumos con red eléctrica presente y durante un lapso de tiempo frente a un corte de energía. El avance tecnológico hizo que los consumos tuviesen requerimientos más estrictos y los UPS debieron adaptarse a estos, siendo hoy en día, sistemas muy complejos que eliminan todo tipo de perturbaciones de la línea eléctrica y garantizan que los consumos no se vean afectados e inclusive ni se enteren que la instalación eléctrica sufre de tales anomalías.

Considerando que los edificios inteligentes pueden ser operativos, comerciales, de oficinas, centros de control, entre otros; requieren altos grados de

disponibilidad, por lo que es necesario que los UPS posean ciertas características que reúnan las ventajas de otros dispositivos usados para soluciones puntuales.

- **Funcionamiento de un UPS:** en forma genérica el principio de funcionamiento típico y las etapas que componen a un UPS, sería el siguiente:
  - a) Una etapa encargada de regular automáticamente la tensión, absorbe picos de tensión, sobretensiones y filtra ruido eléctrico.
  - b) Otra etapa encargada de cargar el banco de baterías y mantenerlo cargado hasta el momento de un corte de energía, donde éste se encargará de suministrar la energía para que los equipos sigan trabajando hasta que el banco de baterías se agote, llamada cargador o rectificador dependiendo de la topología.
  - c) La siguiente etapa encargada de convertir la energía continua de la batería en energía alterna que es la presente en la red eléctrica. De esta forma frente a un corte de energía esta etapa se encargará de convertir la energía de las baterías en la necesitada por los consumos para seguir operando sin que estos se percaten del corte hasta que las baterías se descarguen o la red eléctrica retorne. Esta etapa se le denomina inversor.
  - d) Finalmente una etapa se encarga del control y supervisión de las distintas partes mencionadas, como también del estado de la red eléctrica y de la salida del equipo que está alimentando a los consumos. A esta se la denomina unidad de control. Esta etapa también puede ser central (única) o estar dividida en una unidad de control para cada etapa y entre ellas estar comunicadas.



**Fig.3.14 UPS**

- **Tipos de UPS**

Estos se definen dentro de dos grupos:

- 1) **UPS off line:** En este UPS, en modo de operación normal, cuando la red se encuentra operando correctamente, se alimenta la carga directamente desde la red. La energía fluye desde la entrada, a través del filtro y el interruptor de transferencia hacia la salida. En este caso sólo se protege la carga contra los picos transitorios y ruidos de línea que el filtro pueda atenuar. Simultáneamente se mantiene cargada la batería del UPS desde la red utilizando un rectificador. Cuando la red deja de operar correctamente, la potencia fluye desde la batería del UPS a través del inversor hacia la carga tal como se aprecia en la Fig.3.15. Cuando se produce la falla en la línea, es necesario transferir la carga desde la línea de alimentación al inversor. Esta transferencia tiene una duración típica de 5 a 10 milisegundos, (equivalentes  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  ciclo). Para la mayoría de las cargas, éste tiempo de transferencia no es un problema, pero algunas cargas críticas no pueden aceptar la caída de tensión provocada por un evento aun tan breve como éste.

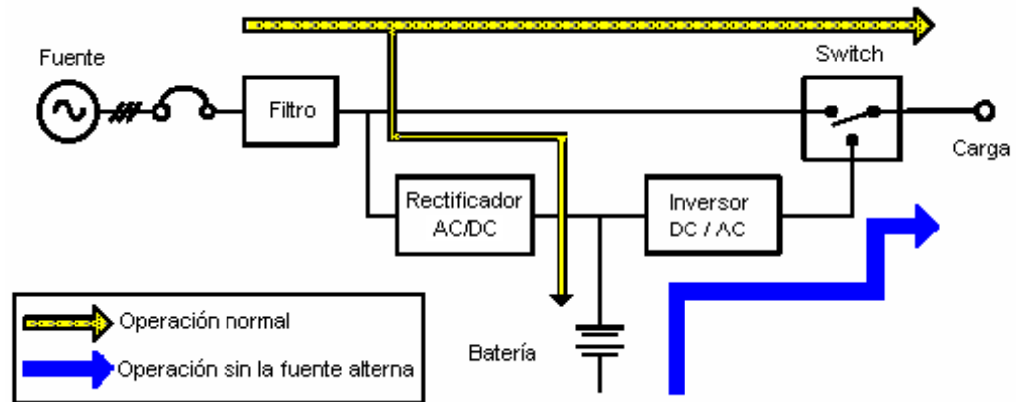


Fig.3.15 Flujo de energía en un UPS-off line

- 2) **En un UPS on line**, el flujo normal de la energía es desde la entrada a través del filtro, rectificador, inversor, conmutador y salida. El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere. Simultáneamente parte de la energía que entrega el rectificador mantiene la batería cargada, tal como se ilustra en la Fig.3.16.

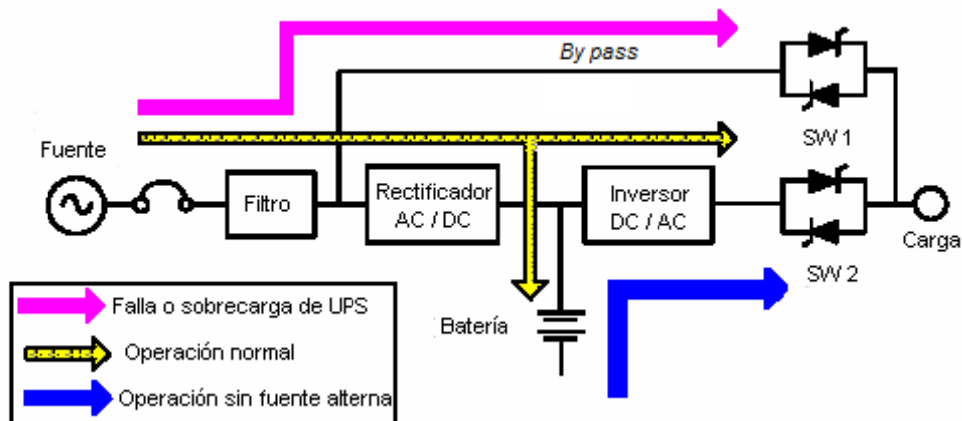


Fig.3.16 Flujo de energía en un UPS-on line

Un UPS on-line tiene un inversor que entrega una tensión de salida con una forma sinusoidal y ella no cambia cuando conmuta desde modo normal a modo batería. Debido a esta característica, este tipo de UPS es más adecuado para cargas que demandan alta calidad en la energía suministrada. En ambos modos de operación (normal y batería) se encuentra activado el interruptor SW2 mientras que se encuentra abierto SW1. Un UPS on-line tiene un tercer modo de operación. En la Fig.3.16 se ilustra el modo by pass, que puede ser utilizado en los casos de tareas de mantenimiento, o si el UPS falla internamente, o para conmutar la carga a la línea si la tensión de salida cae por una sobrecarga. En el modo by pass el conmutador SW1 se ha activado mientras se desactiva SW2. En este estado de operación, las protecciones contra picos transitorios y ruidos de línea continúan presentes y se transmiten a la carga, tal como ocurre en un UPS of line en modo normal.

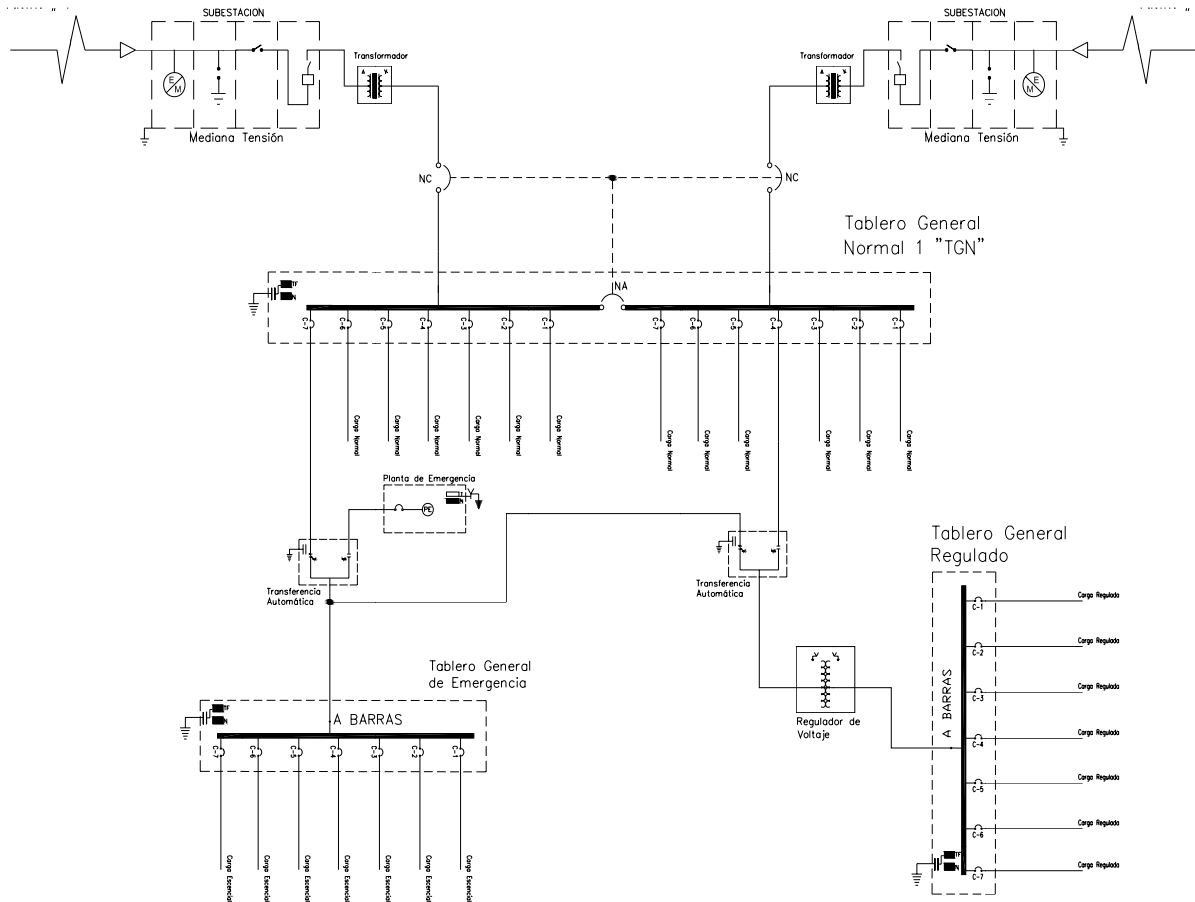
### 3.5. Algunos sistemas de suministro efectivo con respaldo

a) *Sistema de alimentación dual con switch estáticos y regulador de tensión*

En la Fig.3.17 se observa un sistema de alimentación compuesto por dos fuentes independientes, que dependiendo de las condiciones de operación (fallas o sobrecargas) se conectan en forma separada o conjunta para proveer de energía a las cargas del sistema. Las cargas críticas que demandan mayor calidad de energía se encuentran conectadas a la red a través de reguladores de tensión, que pueden amortiguar algunas de las perturbaciones básicas. En caso de falla de la red se conecta el grupo generador para alimentar las cargas críticas. Sin embargo no existe un respaldo efectivo de energía (baterías), por lo que este tipo



de sistemas no es idóneo para algunos equipos y cargas críticas que no soporten el corte de suministro por algunos ciclos.

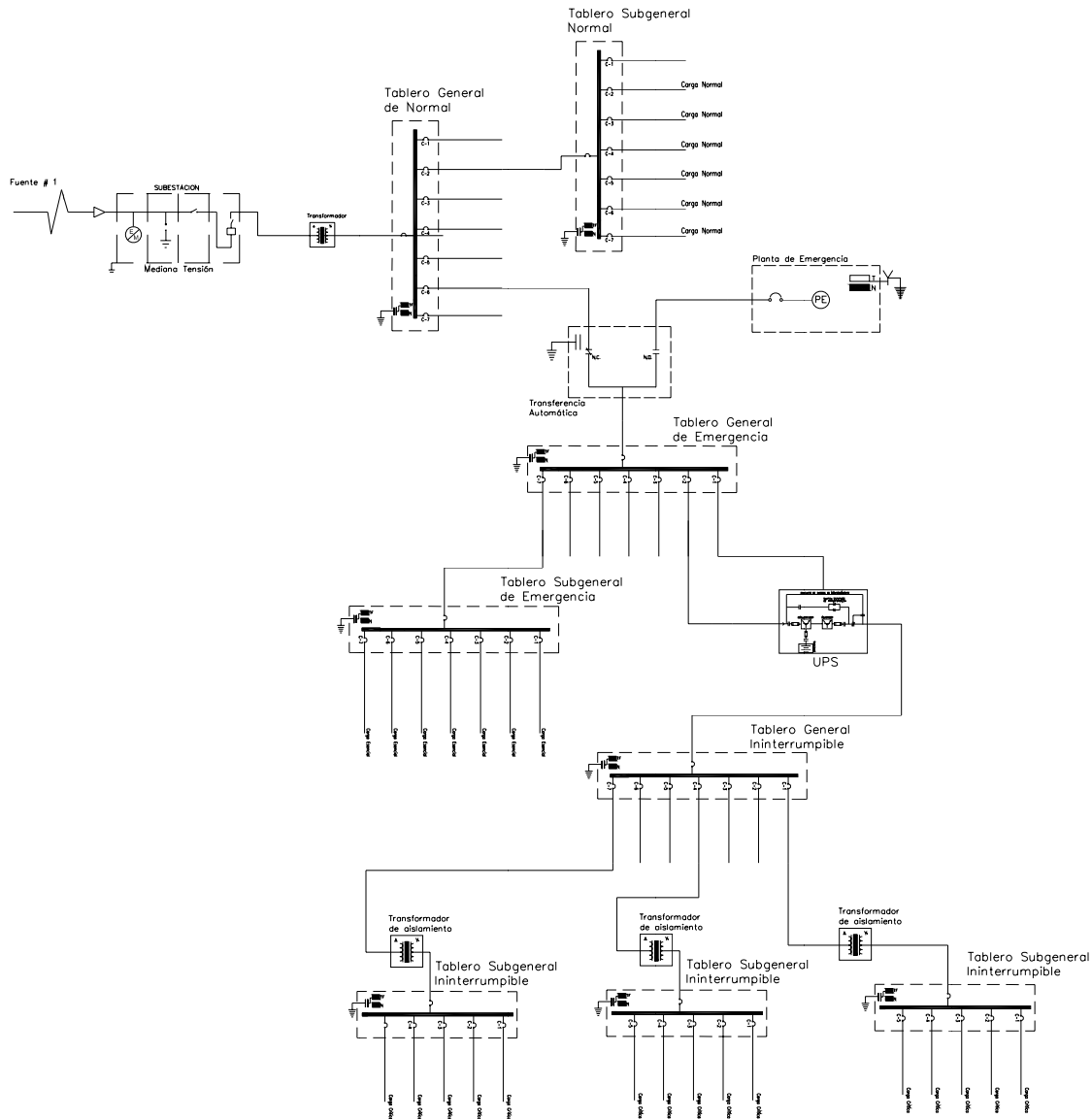


**Fig.3.17 Sistema de alimentación dual con switch estático y regulador de tensión**

**b) Sistema con UPS centralizado**

Este tipo de sistemas se caracteriza por poseer un sistema de respaldo de energía, que se conecta en caso de falla de la red, esto ocurre en forma rápida por lo que es útil para cargas críticas que demandan suministro constante. El UPS permanecerá conectado hasta que el grupo generador arranque y se haga cargo de la alimentación, una vez repuesta la red, se apaga el grupo generador y se

recarga la batería. El sistema es centralizado ya que se utiliza un UPS para alimentar todas las cargas críticas (Fig.3.18).

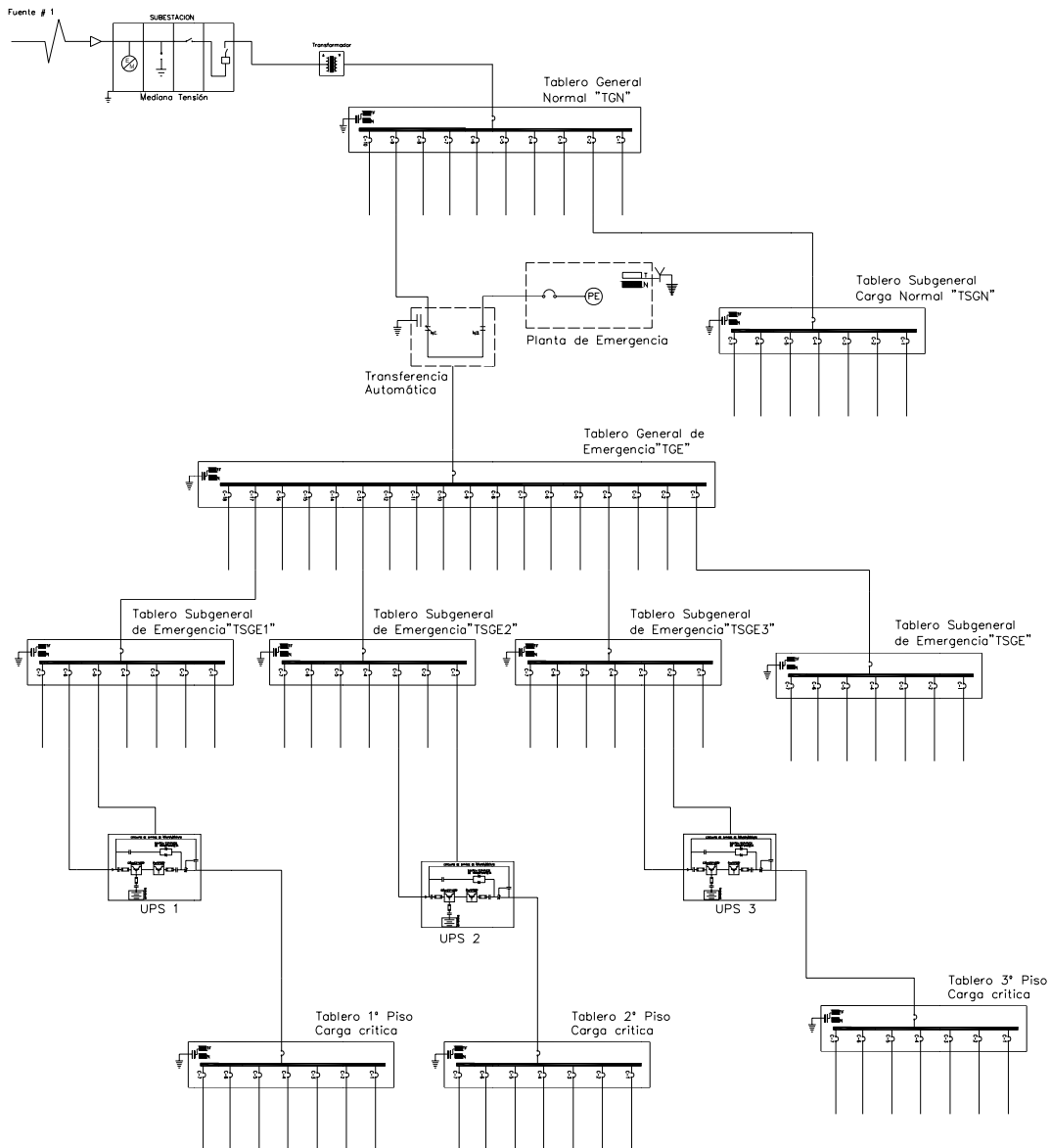


**Fig.3.18 Sistema de alimentación con un UPS centralizado**

*c) Sistema con UPS distribuidos*

Básicamente se trata del mismo sistema de alimentación del punto anterior, con la diferencia de que existen múltiples elementos almacenadores de energía. Cada UPS se conecta a un grupo de cargas críticas en particular, bajando la carga

total que debe soportar cada una y permitiendo así su uso por mayor tiempo, o bien para conectar cargas críticas que demanden mayor potencia (Fig.3.19).

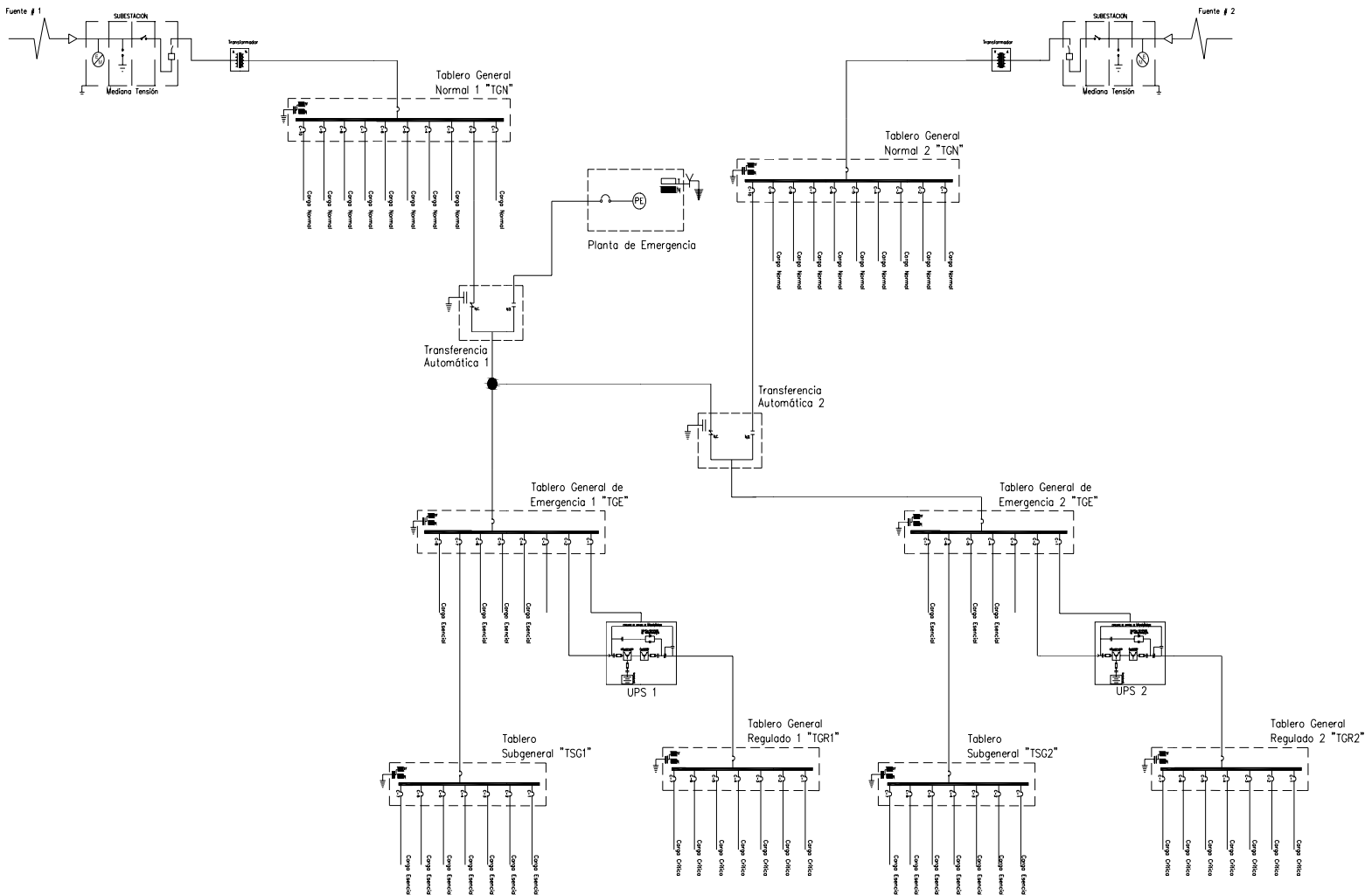


**Fig.3.19 Sistema de alimentación con UPS distribuido**

*d) Sistema con UPS y fuentes independientes*

En la Fig.3.20 se aprecia un sistema de alimentación con fuentes y UPS independientes. Las fuentes pueden alimentar cualquiera de las ramas del sistema, dependiendo de las condiciones de operación de ellas, se conectan para

complementar o suplir el funcionamiento de la otra. En caso de falla los UPS's mantienen el suministro a las cargas críticas correspondientes mientras que el sistema de generación auxiliar entra en funcionamiento.

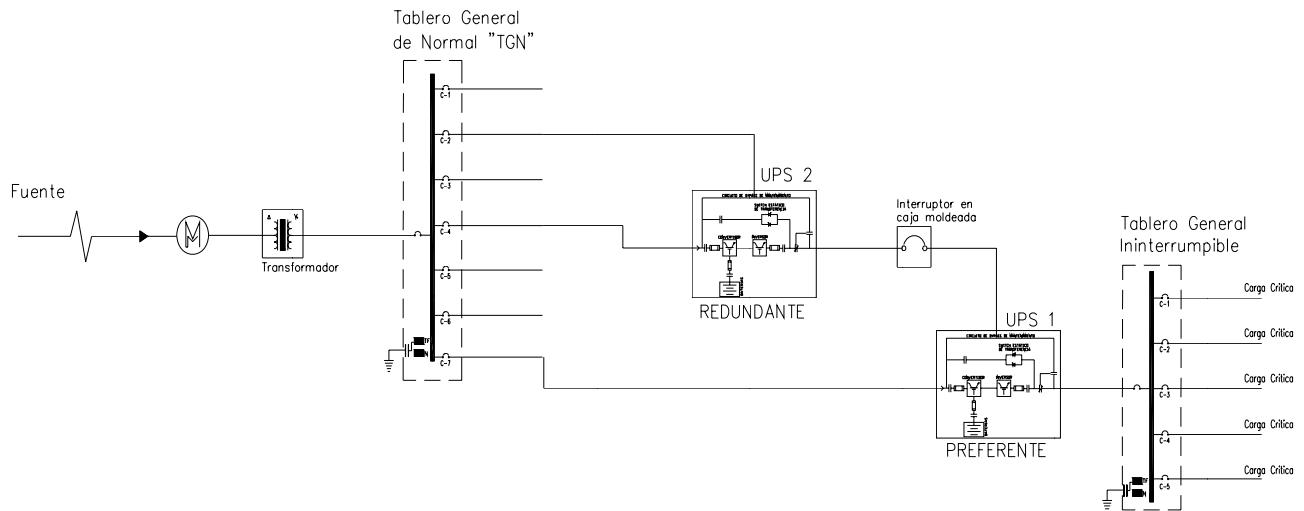


**Fig.3.20 Sistema con UPS y fuentes independientes**

*e) Sistema con UPS redundantes*

Los sistemas anteriormente descritos pueden ser diseñados considerando márgenes de seguridad, empleando redundancias en la conexión de los elementos almacenadores de energía. De este modo, se puede suplir la posible

falla de un UPS, o emplear varios para poder suministrar más energía. Una topología de conexión de UPS redundantes se encuentra ilustrada en la Fig.3.21.



**Fig.3.21 Sistema con UPS redundantes**

### 3.6. Cálculo para obtener la capacidad de un regulador de tensión, un UPS y una planta de emergencia.

Ahora que ya se sabe cómo funciona un UPS y cuáles son los posibles sistemas de suministro de respaldo, se mostrará un ejemplo de cómo seleccionar un regulador de tensión, un UPS y una planta de emergencia de acuerdo a la carga a alimentar, de manera que la instalación sea confiable y cumpla con la función de entregar energía de calidad.

Se requiere respaldar la carga de un edificio con las siguientes características.

Fases: 3 Hilos: 4 Frecuencia: 60Hz Tensión: 220-127 Factor de potencia: 0.90

A continuación se muestra la Tabla 3.1 resumen de los cuadros de carga correspondientes a los tableros de distribución.

Descripción del Tablero	Carga Instalada en [W]	Carga Instalada en [VA]	Factor de Demanda	Demanda Max. [W]	Demanda Max. [VA]
Tablero "ELEV-1" Elevadores	32,235	35,817	0.7	22,565	25,072
Tablero "ELEV-1A" Elevadores	17,556	19,507	0.7	12,289	13,655
Tablero "AA" Aire Acondicionado	62,676	69,640	0.7	43,873	48,748
Tablero "TGS-1" Sala de Cómputo	57,882	64,313	0.7	40,517	45,019
Tablero "TGS-2" Sala de Cómputo	46,052	51,169	0.7	32,236	35,818
Tablero "TGI" Iluminación	23,340	25,933	0.7	16,338	18,153
Tablero "TGC-1" Contactos	20,000	22,222	0.7	14,000	15,556
Tablero "TGC-2" Contactos	13,350	14,833	0.7	9,345	10,383
<b>TOTALES</b>	<b>273,091</b>	<b>303,434</b>		<b>191,164</b>	<b>212,404</b>

*Tabla.3.1 Resumen de cuadros de carga de tableros de distribución*

Carga Total instalada [VA]: 303,434

Carga Total instalada [W]: 273,091

Potencia real instalada: 212,404 [VA]

### 3.6.1. Obtención de la capacidad del regulador de tensión necesario para la instalación

Para ello se debe consultar la tabla de especificaciones del equipo a proteger en lo relativo al consumo o requerimientos de energía, esta información se puede obtener del catálogo o manual técnico, o directamente de la placa de datos del equipo, ver Fig.3.22.

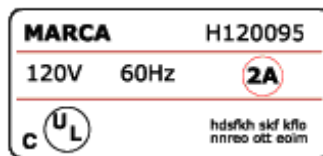


Fig.3.22 Placa de datos del equipo

En caso de no tener esta información, será necesario tomar una lectura del consumo de corriente a plena carga. Si el sistema es trifásico (3 fases y neutro), el cálculo de capacidad debe hacerse en base a la lectura más alta de las mediciones. La capacidad del equipo de protección se debe determinar en base al número de cargas actuales y futuras que se requieran proteger, para obtener esta capacidad es necesario determinar la carga en kVA.

Se desea proteger a los tableros generales de contactos “TGC-1” y “TGC-2”

En el tablero “TGC-1” se tiene una carga de 15,556 [VA] y en el tablero “TGC-2” se tiene una carga de 10,383 [VA].

Para el tablero TGC-1:

Si requiere saber cuanta corriente hay en cada fase:

$$I_{1\phi} = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V_{f.f}}$$

$V_{f.f}$  = Tensión entre fases

$I_{1\phi}$  = Corriente por fase

$$I_{1\phi} = \frac{15,556}{\sqrt{3} \times 220}$$

$$I_{1\phi} = 40.823 \text{ [A]}$$

Y para saber cuantos [VA] hay en cada fase:

$$VA = \frac{15,556}{3} = 5,185.33$$

$$kVA = 5.185 \text{ por fase}$$

Teóricamente un regulador de **16 [kVA]** trifásico sería suficiente ya que cada fase podría manejar los 5.185 [kVA] requeridos, pero normalmente en una instalación eléctrica se planean los contactos y se usan después, no exactamente con el balanceo inicial calculado, pudiendo provocar sobrecargas en alguna de las fases del regulador, por lo cual es conveniente sobredimensionarlo aproximadamente un 60%, lo que daría:

$$16 \text{ kVA} + 60 \% = 25.6 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, el regulador a suministrar es de **25 [kVA]** ya que es una capacidad comercial.

Ahora para el tablero "TGC-2" se haría el mismo procedimiento, pero ahora con 10,383 [VA]

$$I_{1\phi} = \frac{10,383}{\sqrt{3} \times 220} = 27.24 \text{ [A]}$$

$$VA = \frac{10,838}{3} = 3.612 \text{ [kVA] por fase}$$





Se estaría suministrando un regulador de **11 [kVA]**, pero no hay que olvidar el crecimiento futuro agregando un 60%, por lo que se debe instalar un regulador de **20 [kVA]**.

### 3.6.2. Obtención de la capacidad de un UPS necesario para la instalación

Se desea suministrar un UPS que respalde la siguiente carga:

Tablero “TGS-1” y “TGS-2” de Salas de cómputo, así como el tablero “TGI” de alumbrado de emergencia.

Demanda máxima:

$$45,019 \text{ VA} + 35,818 \text{ VA} + 18,153 \text{ VA} = 98,991 \text{ VA}$$

Dado que se tiene 98,991 [VA] de potencia real instalada, se puede escoger un UPS de **100 [kVA]**, pero la condición de diseño es que se tenga el UPS trabajando a **NO** más del 80% de su capacidad. Para obtener la capacidad adecuada del UPS se realiza el cálculo siguiente:

$$\text{Capacidad de UPS} = \frac{kVA_{\text{Demandados}}}{0.8}$$

$$\text{Capacidad de UPS} = \frac{98.991}{0.8} = 123.73 \text{ kVA}$$

Por lo tanto se debe seleccionar un UPS de **125 [kVA]** que es una capacidad comercial.

### 3.6.3. Cálculo para obtener la capacidad de una planta de emergencia

Ahora para dimensionar una planta de emergencia que respalde toda la carga y el UPS que anteriormente se seleccionó, considerando recarga de baterías, se tiene el siguiente cálculo.

Para los tableros ELEV-1, ELEV-1A, TGC-1, TGC-2 Y AA, tenemos:

$$22,565 \text{ W} + 12,289 \text{ W} + 14,000 \text{ W} + 9,345 \text{ W} + 43,873^{\text{W}} = 102,071 \text{ W} \approx 102.071 \text{ kW}$$

Y para el UPS de 125 [kVA] y recarga de baterías, se tiene lo siguiente:

$$\text{Salida UPS kW} = \text{kVA UPS} \times \text{Factor de potencia}$$

$$\text{Salida UPS kW} = 125 \text{ kVA} \times 0.9$$

$$\text{Salida UPS kW} = 112.5$$

$$\text{recarga de baterías (25\%)} \times 112.5 \text{ kW} = 28.125 \text{ kW}$$

$$\text{Eficiencia UPS} = 0.9$$

$$\text{Entrada UPS kW} = \left( \frac{\text{salida UPS kW} + \text{recarga de baterías}}{\text{eficiencia de UPS}} \right)$$

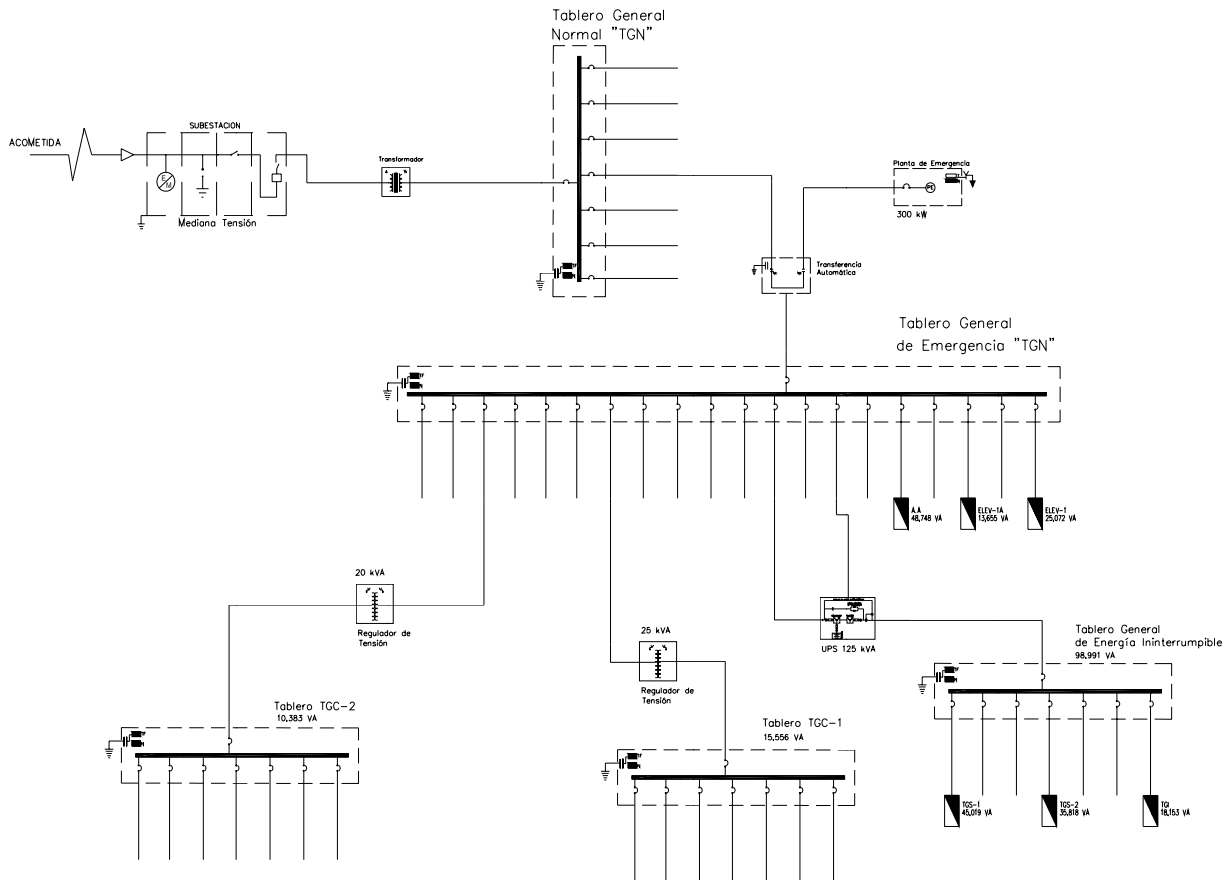
$$\text{Entrada UPS kW} = \frac{(112.5 \text{ kW} + 28.125)}{0.9} = 156.25 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la carga total estimada para el cálculo de una planta de emergencia de un UPS de 125 [kVA], considerando recarga de baterías y los tableros de elevadores, aire acondicionado y contactos, se tiene:

$$102.07 \text{ kW} + 156.25 \text{ kW} = 258.321 \text{ kW}$$

Por lo que se debe seleccionando una planta de **300 [kW]**, que es una capacidad comercial.

En la siguiente Fig.3.23, se ilustra el diagrama unifilar para los requerimientos anteriormente citados.



**Fig.3.23 Diagrama Unifilar**

## Capítulo 4

### AHORRO DE ENERGÍA

#### 4.1. Generalidades

Las energías renovables, entendidas como formas de energía que tienen una fuente prácticamente inagotable (que es el Sol) y que a través de diversas tecnologías pueden ser transformadas a los servicios energéticos que requieren las actividades humanas (iluminación, calor, frío, fuerza motriz), han sido utilizadas por la Humanidad de muchas maneras a lo largo de su historia. Sin embargo, en la actualidad, cuando el uso de la energía es mucho más intensivo que en cualquier otro momento histórico, las energías renovables son utilizadas marginalmente, y sólo hasta hace un par de décadas se inició un proceso de mayor utilización de estos recursos energéticos a través del desarrollo de nuevas tecnologías.

México posee un potencial considerable de generación de energía a partir de energías renovables, tanto por su extensión territorial (2 millones de kilómetros cuadrados), como por su ubicación geográfica, comprendida entre los  $87^{\circ}$  y  $118^{\circ}$  de longitud y entre los  $14^{\circ}$  y  $32^{\circ}$  de latitud, lo que le permite contar con una gran variedad de climas, se tienen lugares de los más calurosos del mundo, como en el noroeste del país; calurosos secos como gran parte del centro-norte; zonas costeras tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico en donde se tienen altas temperaturas, combinadas con mucha humedad en la época del verano, y zonas montañosas (como en el sureste) que presentan climas templados con mucha lluvia y neblina.

Los estimados, por forma de energía, son los siguientes:

- Sol. Casi tres cuartas partes del territorio nacional pueden ser consideradas como zonas áridas o semi-áridas y en las que se observa una irradiación solar promedio superior a los 5.5 kilowatts-hora por metro cuadrado.



- Viento. Se estima que el potencial eoloelectrónico técnicamente aprovechable de México alcanza los 5,000 MW, lo que equivale a 14% de la capacidad total de generación eléctrica instalada actualmente.

Hoy en día el desarrollo tecnológico que evidentemente tiene una proyección hacia el futuro muy importante, se entrelaza con el diseño bioclimático (es el medio para lograr edificios confortables, con el objeto de que éstos resulten ser sistemas termodinámicos eficientes, lo cual implica que se logre la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía) y con la corriente llamada de **“Edificios Inteligentes”** los cuales no se define sólo por la información y uso de aparatos de alta tecnología, sino que su diseño debe asegurar la eficiencia energética.

El proyecto del sistema eléctrico de una edificación debe concebirse bajo una óptica amplia de sostenibilidad que incluya la racionalidad energética.

Para el mejor aprovechamiento de las instalaciones y de los equipos eléctricos, el diseño debe considerar y promover los siguientes aspectos:

- Aprovechamiento óptimo de la iluminación natural y de la iluminación artificial.
- Utilización de tecnologías novedosas comprobadas.
- Adecuación de las instalaciones y equipos eléctricos a las tareas que se llevarán a cabo en cada uno de los espacios.
- Uso de equipos energéticamente eficientes.

Los sistemas inteligentes, aunque requieren una alta inversión inicial, son una opción a considerar en edificios inteligentes. Ellos permiten la coordinación entre el consumo eléctrico, el horario de ocupación de los espacios y la racionalidad en el uso del sistema eléctrico y del sistema de aire acondicionado; esto contribuye notablemente a que los costos de funcionamiento y mantenimiento del edificio disminuyan considerablemente.

Actualmente está resuelto con los sistemas electrónicos de la domótica y la inmótica, que permiten regular y controlar de forma automática los sistemas, haciéndolos el máximo de eficientes y si hace falta, trabajando conjuntamente con el resto de elementos del edificio.

#### **4.2. Iluminación natural**

La conveniencia de emplear la iluminación natural en las edificaciones es lograr las mejores condiciones, en cuanto a confort y rendimiento, para el desarrollo del trabajo visual y obtener el máximo ahorro de energía por concepto de iluminación.

Las estrategias fundamentales para el diseño de la iluminación natural son: *re-dirigir y enviar la luz natural* a las zonas más alejadas de dentro del local, eliminar el deslumbramiento y, al mismo tiempo, reducir las ganancias de calor. Para lograr estos objetivos debe ponerse especial cuidado en el diseño de las ventanas, en la selección de los vidrios y en el acabado de las superficies del local.

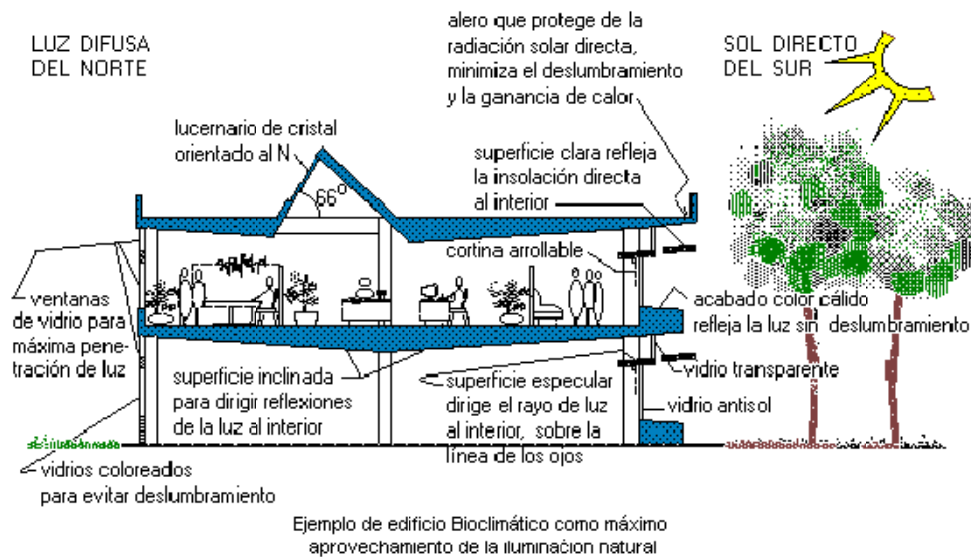
Las ventanas tienen un papel muy importante en el funcionamiento térmico y en el confort lumínico de los edificios. Son elementos de captación solar directa, de ventilación natural, y de entrada de luz natural, elementos vitales para la buena salud de las personas.

El diseño y la ubicación de las ventanas y aberturas en los ambientes permiten el acceso a la iluminación natural, controlando al mismo tiempo las ganancias de calor solar, ver Fig.4.1.

Dependiendo de la ubicación de las ventanas, la iluminación natural puede ser:

- Lateral: en caso de que las ventanas se ubiquen en las fachadas del edificio;

- Cenital: cuando la iluminación se obtiene por la cubierta mediante el empleo de lucernarios claraboyas, monitores, tejas plásticas translúcidas, etcétera;
- Combinada: cuando simultáneamente se recibe iluminación por las fachadas y por la cubierta.



**Fig.4.1 Edificio de oficinas**

### 4.2.1. Vidrios

De las adecuadas características y propiedades de un vidrio para un edificio, depende en gran medida de la obtención de los niveles deseados de confort interior. De igual modo, una decisión acertada, junto con un adecuado diseño y una correcta forma de montaje, permitirán obtener niveles racionales de consumo de energía, promoviendo simultáneamente la preservación sustentable del medio ambiente. La selección racional que permite definir las características que debe reunir un vidrio para aplicaciones tales como fachadas integrales, ventanas o techos, implica un proceso de análisis exhaustivo y metódico. Por un lado se evalúa simultáneamente el diseño y el destino del edificio en el marco de los factores definidos por el lugar de localización del mismo. La orientación de sus fachadas respecto del asoleamiento, el clima y las temperaturas del sitio, la



presión esperada del viento, régimen de lluvias y la altura del edificio, son parámetros que de por sí ya definen algunas de las características y propiedades que debe reunir el vidrio en cada aplicación.

Entre la gama de vidrios se tienen:

- **Control Solar:** Los cristales denominados de control solar (Fig.4.2) son aquellos que limitan el ingreso de calor solar radiante y disminuyen las molestias producidas por excesiva luminosidad a los ambientes. Un cristal de este tipo deja pasar sólo un 20 ó 25% del calor generado por los rayos solares, aunque el promedio alcanza entre el 30 y 45%. Esa capacidad de controlar el paso de los rayos directos del sol se conoce como coeficiente de sombra. Los cristales coloreados transmiten más luz visible controlando el brillo de la luz natural, y disminuyendo así las molestias que causan la luminosidad y el resplandor excesivos en el interior

Cuando la radiación solar incide sobre un vidrio, una parte de la misma es reflejada hacia el exterior, otra parte pasa directamente hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio, de la cual las dos terceras partes son re-irradiadas hacia el exterior y el tercio restante pasa hacia el interior.

La energía solar contiene muchas diferentes longitudes de onda de energía, incluyendo la radiación ultravioleta (UV), luz visible y calor infrarrojo. Un vidriado necesita minimizar la radiación UV, porque es la causante de hasta un 60% de la decoloración y envejecimiento prematuro del equipamiento interior. Un vidrio que presenta una elevada transmisión de luz visible, permite reducir los requerimientos de iluminación artificial y de la radiación infrarroja, que es la mayor fuente de calor solar.



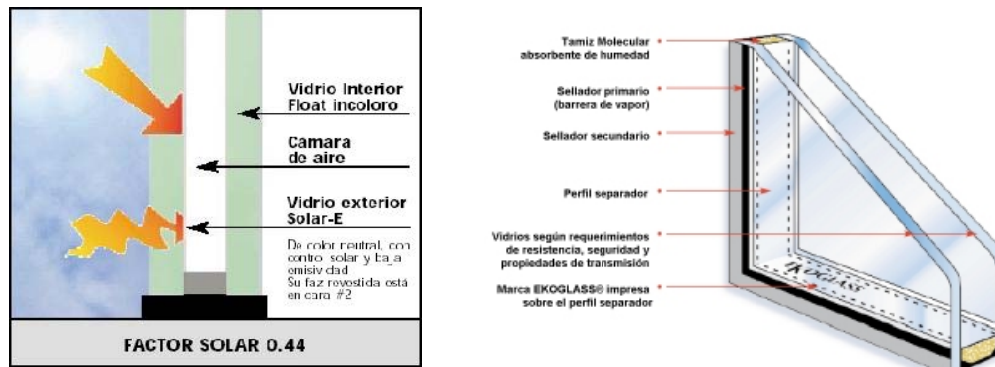


Fig.4.2 Vidrio de control solar

- **Control térmico:** A diferencia de los vidrios de control solar, los de control térmico se especializan en aislar ciertos espacios para impedir el ingreso de los rigores climáticos extremos. El aislamiento se logra mediante el uso de termopaneles, que son vidrios que en su interior poseen una cámara de aire DVH (Doble Vidriado Hermético) de 10 a 12 mm de espesor, herméticamente sellado al paso de la humedad y al vapor de agua. Es muy utilizado para ahorrar calefacción, por ejemplo.

Para conformar la cámara de aire se utiliza un perfil metálico perimetral, llamado separador. A su vez, éste se liga íntimamente con las propiedades térmicas del DVH y a las prestaciones térmicas necesarias. Un DVH conserva el 66% de la energía que se perdería a través de un simple vidriado. En términos económicos significa que la cantidad de calor de calefacción requerida para mantener el nivel de confort en un ambiente con aberturas vidriadas con DVH es sólo la tercera parte del que se requeriría para compensar las pérdidas de calor con un simple vidriado.

El valor K indica la cantidad de Watts por hora que pasan a través del vidrio por cada metro cuadrado por cada grado Kelvin de diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. Un vidrio estándar tiene un valor K de 5,7, y un termopanel básico 2,8 K (Fig.4.3).



**Fig.4.3 Vidrio de control térmico**

### 4.3. Iluminación Artificial

El objetivo de la iluminación artificial es básicamente permitir la realización de actividades humanas cuando o donde el nivel de luz natural es insuficiente. El tipo de actividad a realizar condiciona el tipo de iluminación necesario en dos aspectos: intensidad luminosa y calidad cromática de la luz emitida.

La iluminación artificial es una de las aplicaciones en las que prácticamente se emplea exclusivamente la energía eléctrica. Técnicamente es un proceso sencillo, ya que solamente requiere el empleo de una lámpara y una línea de distribución de baja tensión.

A su vez, los proyectistas deben diseñar los sistemas de iluminación para que en cada ambiente se produzcan los adecuados lúmenes por  $m^2$  (lux), mientras que los rendimientos energéticos (Irradiancia: flujo radiante recibido por una unidad de superficie) de los sistemas de iluminación se miden en  $W/m^2$ , la eficacia se mide en (lm/W) también conocida como rendimiento luminoso y que se emplea, en la práctica, para definir la eficacia de una determinada fuente de luz. Con las modernas y eficientes luminarias de hoy en día se han logrado reducir los consumos por concepto de iluminación desde los anteriores índices de  $30 W/m^2$  hasta  $15-10 W/m^2$ .

En el mercado existe una gran gama de equipos para iluminación como lámparas, balastos y luminarias eficientes energéticamente, los cuales permiten los mismos niveles de iluminación con un bajo consumo de energía. Estos equipos son más costosos que los tradicionales, pero su inversión se justifica por su gran ahorro energético y mayor año de vida útil que presentan.

#### 4.3.1. Características especiales

Un sistema de iluminación debe producir luz de cantidad y calidad suficientes para que se ejerzan las funciones deseadas en el espacio iluminado. La cantidad y calidad del alumbrado debe considerar los siguientes factores:

- Rendimiento o eficacia visual
- Bienestar y placer visuales
- Economía

En cada caso particular, estos factores podrán tener unas propiedades diferentes. En cuanto a la cantidad de luz, el valor fundamental a fijar en el proyecto, es el nivel de iluminación o iluminancia.

La optimización del rendimiento visual, no depende únicamente de la cantidad de luz que suministra la instalación de alumbrado sobre la tarea a realizar, fijada por el nivel de iluminación o iluminancia, sino que existen otra serie de factores que inciden en los aspectos cualitativos o en el grado de calidad de las instalaciones de alumbrado. Estos son:

- *Distribución de luminancias en el campo visual:* dentro del campo visual es un factor importante en cuanto a la calidad de la visión y el confort de las personas.
- *Deslumbramiento:* es una alteración del proceso de visión provocada por un estímulo excesivo, como puede ser una fuente de luz de alta luminancia.

- *Modelado*: es la capacidad del sistema de iluminación de captar el relieve de los objetos.

Además de estas características en cuanto a la cantidad y calidad, el sistema de iluminación debe ser eficaz energéticamente, y para ello deben considerarse los siguientes aspectos:

- Diseñar correctamente los sistemas de iluminación, con objeto de obtener de la forma más eficaz posible el nivel de iluminación deseado.
- Utilizar la fuente de luz, idónea para cada aplicación que sea más eficaz.
- Utilizar luminarias eficaces lumínicamente
- Conservar en perfecto estado el equipo de alumbrado, con programas de mantenimiento adecuados.

Utilizar racionalmente la instalación de alumbrado, mediante controles apropiados, un sistema ideal de control sería aquel que proporcionase suficiente luminancia para que la tarea se realice con suficiente confort, comodidad y seguridad, durante el tiempo que se realice la misma. El resto del tiempo la iluminación estará desconectada.

#### **4.3.2. Tipo de lámparas**

Los tipos de lámparas existentes se pueden clasificar de la siguiente forma:

- *Lámparas incandescentes*
  - *Incandescentes convencionales*
    - Estándar
    - Reflectoras
  - *Incandescentes halógenas*
    - Simple envoltura (cuarzo-yodo)
    - Doble envoltura

- Baja tensión
- Incandescentes especiales
  
- *Lámparas de descarga*
  - *Vapor de mercurio baja presión (fluorescentes)*
    - Fluorescentes convencionales
    - Fluorescentes trifósforo
    - Fluorescentes de alta frecuencia
    - Fluorescentes compactas (balastro incorporado)
    - Fluorescentes miniaturizadas (balastro separada)
    - Fluorescentes especiales
  - *Vapor de mercurio alta presión*
    - Ampolla clara
    - Color corregido
    - Luz mezcla
    - Halogenuros metálicos
  - *Vapor de sodio baja presión*
  - *Vapor de sodio alta presión*
    - Convencionales
    - Autoencendido
  
- *Especiales*
  - Neón
  - Xenón
  
- *Otros tipos*
  - Paneles electroluminiscentes
  - Diodos electroluminiscentes (LED)
  - Láser

**Lámparas incandescentes:** Dan luz blanca apropiada para las más exigentes condiciones cromáticas. Tienen una eficiencia muy baja, sólo un 5% de la energía que consumen se transforma en luz, el resto se pierde en forma de calor (Fig.4.4).

*Aplicación:* iluminación de interiores, hogar, hoteles, tiendas, etcétera (no son adecuadas para el alumbrado público) y para casos especiales de muy buena reproducción cromática.

*Ventajas:* encendido inmediato, sin que se requiera equipo auxiliar; rendimiento cromático óptimo; factor de potencia unitario; variedad de potencias; bajo costo de adquisición; facilidad de instalación.

*Desventajas:* baja eficiencia luminosa; notable producción de calor; duración limitada (una duración media de 1000 horas, correspondiente a un año de vida con un uso de 3 horas al día); elevada luminancia (deslumbramiento).

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)
25	250	10
40	430	10.75
60	730	12
75	960	12.8
100	1,380	13.8
150	2,200	14.7
200	2,950	14.8



**Fig.4.4 Lámparas incandescentes**

**Lámparas de vapor de mercurio baja presión (fluorescente):** genera fundamentalmente, radiación ultravioleta. En las lámparas fluorescentes la luz se genera, por el fenómeno de fluorescencia, mediante la conversión de la radiación ultravioleta en visible que efectúan las sustancias fluorescentes situadas en la pared interior del tubo de descarga. La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano.

Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Se caracterizan por una larga vida útil (60,000 horas), esto es, 7 años

usándolas 24 h/día. En comparación, su duración es unas cinco veces mayor que las de vapor de sodio. Su encendido es instantáneo.

*Ventajas:* permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes.

*Aplicaciones:* alumbrado público exterior; alumbrado industrial; aplicaciones en lugares de difícil acceso.

**Lámparas fluorescentes (convencionales):** Son lámparas de descarga de vidrio (opalizado por el recubrimiento fluorescente). Su forma más extendida es rectilínea, aunque existen otras ejecuciones especiales (circular, U, cilíndricas, entre otras, ver Fig.4.5) los diámetros nominalmente usuales son:

- 16 mm: tubos de pequeña potencia,
- 26 mm: convencionales, trifósforo y alta frecuencia o
- 38 mm: convencionales antiguos, arranque rápido y arranque instantáneo.

En su interior hay vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de gas inerte.

*Ventajas:* presentan buenas condiciones cromáticas (gran variedad de apariencias de color, buena reproducción de colores), apropiadas para trabajos normales; tienen buena eficiencia luminosa; larga duración (12,000 horas); bajo coste de adquisición; mínima emisión de calor. El 70% de toda la iluminación artificial en el mundo está generado por lámparas fluorescentes. Una lámpara fluorescente consume sólo la quinta parte de electricidad que una lámpara incandescente ordinaria (p. ej. un tubo de 18 W proporciona más luz que tres bombillas de 40 W y consume la quinta parte). El factor de potencia es bajo (de 0,45 a 0,60); hace falta un condensador en serie o en paralelo para corregirlo hasta 0,85 aproximadamente.

*Aplicaciones:* alumbrado de interiores (oficinas, tiendas, colegios, hoteles, industria).

*Observaciones:* encender y apagar con frecuencia los tubos fluorescentes, acortan su vida. Por ello, no conviene instalar este tipo de lámparas (tubos y compactos) en sitios donde se apague y encienda la luz con mucha frecuencia. Por otra parte, si se va a tener apagada una lámpara fluorescente menos de 20 minutos, es mejor dejarla encendida. Un encendido del fluorescente cada 10 minutos reduce su vida a menos de la mitad.

Las longitudes y potencias mas usuales (existen de otras longitudes y potencias) son las siguientes:

- 0,6 m: 16,18 y 20 W
- 1.2 m: 32,36 y 40 W
- 1.5 m: 50,58 y 65 W



*Fig.4.5 Lámparas fluorescentes*

***Lámparas fluorescentes compactas (o lámparas electrónicas de bajo consumo, LBC):*** Generan luz igual que las lámparas fluorescentes. Se utilizan últimamente en sustitución de las incandescentes. Consumen un 80% menos energía que las lámparas incandescentes (Fig.4.6).

Otras características son:

- Ahorran energía (su precio es superior).
- Mayor duración (usándolas una media de 3 horas al día pueden durar unos 12 años).



Una lámpara fluorescente compacta de 20 W viene a sustituir a una incandescente de 100 W y puede reducir una media de 400 kg las emisiones de CO<sub>2</sub> durante su vida útil.

Menor pico de demanda para las compañías eléctricas durante la noche.

Son lámparas fluorescentes de tubo estrecho (10-15 mm), curvado en doble U, basan su funcionamiento en la utilización de sustancias fluorescentes de banda estrecha (trifósforo) que se adaptan convencionalmente a las condiciones de funcionamiento impuestas por las dimensiones de la lámpara.

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente sustituida (W)
7	400	57	40
11	600	55	60
15	900	60	75
20	1,200	60	100



**Fig.4.6 Lámparas fluorescentes compactas**

**Lámparas a vapor de mercurio alta presión:** Con un color verde azulado. Sus características cromáticas las hacen apropiadas para las necesidades normales de las plantas industriales y para alumbrado de exteriores (Fig.4.7).

*Aplicación:* iluminación de vías públicas, plazas, jardines.

*Ventajas:* eficiencia luminosa buena; rendimiento cromático bueno; luminancia de tipo medio; reducido tamaño y larga duración (unas 25,000 horas); amplia gama de potencias.

*Desventajas:* equipo auxiliar para arranque de la descarga; el encendido no es inmediato; deben transcurrir varios minutos antes de obtener la máxima emisión luminosa (de 4 a 10 minutos para re-encendido). Factor de potencia bajo (sobre 0,5), por tanto es preciso corregir la fase.

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
50	23,00	40
80	3,800	48
125	6,300	50
250	13,500	54
400	23,000	58
700	42,000	60
1,000	60,000	60
2,000	125,000	63



**Fig.4.7 Lámpara de mercurio alta presión**

**Lámparas de vapor de sodio baja presión:** La descarga es muy similar a la de mercurio baja presión, con la diferencia de que la temperatura en el tubo de descarga es más elevada para asegurar la vaporización del sodio. Luz amarilla esta muy próximo al máximo de la curva de sensibilidad espectral del ojo, lo que convierte a esta lámpara en la más eficaz de las fuentes de luces existentes, aplicables para iluminación de exteriores (Fig.4.8).

*Aplicación:* iluminación de bifurcaciones, encrucijadas, túneles y para señalar, en general, situaciones de peligro. Son óptimas para las zonas de niebla frecuentes.

Ventajas: eficiencia luminosa elevada y buena duración (23,000 horas); luminancia de tipo medio.

*Desventajas:* la luz emitida es monocromática (amarilla) y los colores de los cuerpos iluminados resultan alterados desfavorablemente. Requieren equipo auxiliar para la alimentación y sólo transcurridos unos 10 ó 15 minutos después de la conexión inicial se alcanza un 80% de la emisión máxima; bajo factor de potencia (sobre un 0,30), por lo que hay que corregir la fase; dimensiones considerables.

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
35	4,800	137
55	8,000	145
90	13,500	150
135	22,500	167
180	32,000	178



**Fig.4.8 Lámpara de sodio baja presión**

**Lámparas de vapor de sodio alta presión:** Producen luz predominantemente amarilla con algo de rojo, azul y verde. El resultado es un color dorado. Apropriadadas para iluminación de áreas de producción donde los colores no sean un factor crítico (Fig.4.9)

*Aplicación:* iluminación de grandes arterias, plazas y zonas aeroportuarias, edificios y monumentos.

*Ventajas:* eficiencia luminosa óptima; elevada vida media y útil (unas 23,000 horas); buen rendimiento cromático; se pueden emplear sustituyendo a las de vapor de mercurio cuando se requiere elevado nivel de iluminación y reducción de potencia instalada, costo moderado

*Desventajas:* empleo de equipo auxiliar para el encendido y la alimentación; factor de potencia bajo (sobre 0,50), hay que corregir la fase, apariencia de color cálida, que tiene un rechazo psicológico cuando se trata de ofrecer muy altos niveles de iluminación, sobre todo en aplicaciones de alumbrado interior.

#### Lámparas de sodio alta presión

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
35	2,100	60
50	3,400	68
70	6,00	86
100	10,000	100
150	16,000	107
250	27,000	108
400	48,000	120
1,000	130,000	124



Las sustituciones recomendadas para este tipo de lámparas son las siguientes:

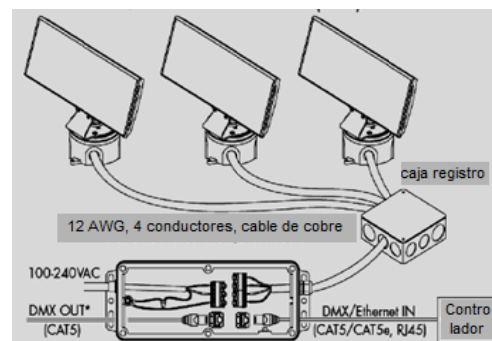
Sodio AP Autoencendido (W)	Mercurio AP Sustituida (W)	Incremento Flujo luminoso (%)	Ahorro Energía (%)
50	80	13	38
70	125	8	44
110	125	27	12
210	250	33	16
350	400	50	13



**Fig.4.9 Lámpara de vapor de sodio alta presión**

**Diodo emisor de luz –LED** (sus siglas en inglés Light-Emitting Diode): Lo más avanzado en tecnología de iluminación eficiente, , son diodos que emiten luz cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de ellos, estos generan una mínima cantidad de calor y muy bajas potencias, convirtiendo así la energía eléctrica directamente en luz, ofrecen colores vivos y completamente saturados sin la necesidad del uso de filtros, pueden ser completamente dimeables sin sacrificar características en el color, son capaces de operar a temperaturas tan bajas como  $-40^{\circ}\text{C}$ . Los LED's pueden ser del tipo circular de 5 mm, ovales, tipo P4 o los modelos de 1, 3 y 5 [W] de potencia. Otra opción es alimentarlos directamente desde la línea de alimentación de 220 V sin necesidad de transformador, utilizando una simple y económica fuente electrónica de muy reducidas dimensiones o por medio de baterías, ver Fig.4.10.

*Las ventajas* de los nuevos LED's son la tensión normal aproximada de 3.3 VDC esto quiere decir que gracias a esta cantidad de Volts tiene menor riesgo de incendio, generando con esto mayor vida ya que puede estar encendido 12 años por doce horas diarias, dura 10 veces más que la fuente de luz típica, no hay necesidad de reemplazar la fuente luminosa, por lo que casi se eliminan los costos de mantenimiento y gastos de reemplazo de la lámpara. Además el LED también tiene la gran ventaja de cuidar el medio ambiente, porque al generar poca energía no se calienta tanto y no emite radiación de rayos UV, a parte de no contener ni un gramo de mercurio (Fig.4.11).



**Fig.4.10 Módulos inteligentes multicolor de led's**

## Características

- Bajo consumo
- Larga vida hasta 100,000 h.
- Baja emisión de calor
- Alta eficiencia luminosa
- Seguro por su tipo de construcción
- Extremadamente pequeño y de bajo peso
- Colores variados
- Alta resistencia al impacto



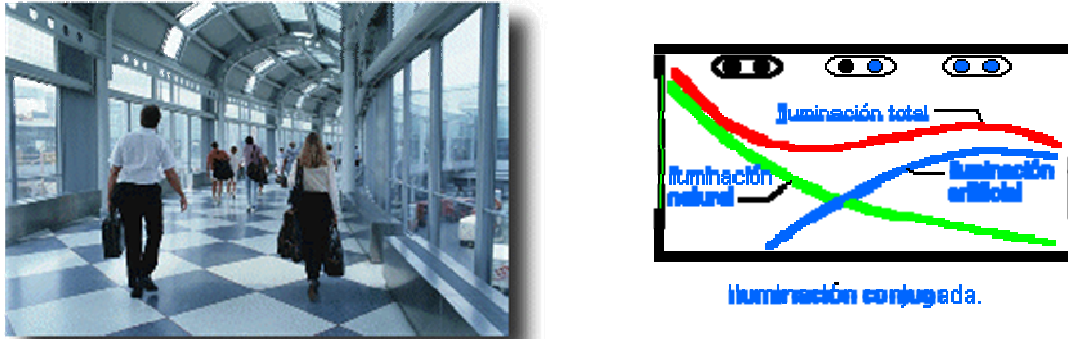
*Fig.4.11 Iluminación con led's*

## 4.4. Iluminación Conjugada

En el diseño y la construcción de edificios debe estimularse una eficiente iluminación natural complementada con luz artificial, sobre todo en espacios de ocupación diurna. El objetivo es obtener los niveles requeridos para uso diurno con iluminación natural o combinando iluminación artificial y natural (iluminación conjugada) con controles automatizados que permitan la reducción gradual o el apagado total de las luminarias en función de la disponibilidad de luz natural

Para aprovechar y controlar la calidad de la iluminación natural que penetra a los espacios interiores, deben contemplarse técnicas como el uso de patios interiores, aberturas entre techos, cerramientos interiores translúcidos, ductos de iluminación y bandejas solares. Por ejemplo, en caso de locales profundos es posible que con solamente el empleo de la iluminación natural no se alcancen los

valores mínimos establecidos para la tarea visual que se realiza, resulta por ello de gran beneficio económico la colocación de las luminarias paralelamente a la fachada exterior y controladas en circuitos independientes de forma tal de mantener encendidas durante el día solamente las más alejadas de las ventanas, para que se complementen ambos sistemas de iluminación (Fig.4.12).



*Fig.4.12 Iluminación conjugada*

#### 4.5. Sistemas de control y regulación

El control automático de Iluminación permite la racionalización del consumo de energía eléctrica para ajustar la iluminación artificial a los requerimientos de ocupación y de actividad de los espacios a grandes empresas, centros comerciales y edificios en general. Para lograr ahorros efectivos de energía deben instalarse controles automáticos para la conmutación graduada o reducción continua y el apagado total, en función de la iluminación natural disponible en cada momento. Fundamentalmente son:

- a) infrarrojos
- b) acústicos para ultrasonidos
- c) para microondas
- d) híbridos de los anteriores

La influencia de la tecnología sobre los sistemas actuales de iluminación, se representan en los elementos electrónicos de control de la iluminación y cada vez son más las empresas que integran sus sistemas con los estándares de la inmótica.

Dentro de la amplia gama de detectores de presencia, los cuales además de ofrecer ahorro energético, económico y de recursos, brindan el máximo confort al automatizar el encendido y apagado de las luces cuando así se requiera.

- a) *Sensores Tecnología PIR (infrarrojo pasivo)*: Los detectores PIR (Fig.4.13) reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Los sensores PIR utilizan un lente de Fresnel (es una superficie refractora, casi plana hecha de surcos concéntricos que permiten aumentar o disminuir la imagen que se ve a través de él.) que distribuye los rayos infrarrojos en diferentes radios (o zonas), los cuales tienen diferentes longitudes e inclinaciones, obteniendo así una mejor cobertura del área a controlar. Cuando se da un cambio de temperatura en alguno de estos radios o zonas, se detecta la presencia y se acciona la carga. La tecnología PIR permite definir con precisión al 100% el área de cobertura requerida.



**Fig.4.13 Detectores de presencia infrarrojos pasivos**

- b) *Sensores Tecnología Ultrasónica*: Los detectores ultrasónicos (Fig.4.14) son sensores de movimiento volumétricos que utilizan el principio Doppler. Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico



hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector. El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia diferente a la cual fue emitida, lo cual es interpretado como detección de presencia. Dado que la cobertura ultrasónica puede “ver” a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada al sensor para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada.



**Fig.4.14 Detector ultrasónico de techo 360°(12x15m)**

- c) *Sensores Tecnología Dual:* La tecnología Dual (Fig.4.15) combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección. La combinación de PIR y Ultrasónica permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.



**Fig.4.15 Detectores dual de pared/techo 90°**



## 4.6. Ventilación Natural

Las estrategias de diseño para optimizar la ventilación natural mediante la implementación de tecnologías de ventanas, cierres inteligentes y de fachadas dobles han ocupado una posición relevante en la planificación de edificios comerciales de mayor tamaño. Incluso en edificios altos, en los que hasta ahora era imprescindible un equipo de ventilación, las soluciones de ventilación natural se han ido incorporando, permitiendo ventilar grandes áreas cercanas a las fachadas en los edificios altos a través de las ventanas.

Aunque los sistemas artificiales para enfriar el aire permiten alcanzar los requisitos de confort térmico, la ventilación natural como técnica pasiva de enfriamiento es una alternativa más económica y contribuye a detener la escalada actual de consumo de energía.

La ventilación de los edificios por medios naturales, sin el empleo de energía, en las etapas del año y períodos del día en los cuales alcanzar el confort humano requiere abundante ventilación, lograrlo por medios naturales exige ingenio, conciencia energética, ambiental y estrecha coordinación entre los diseñadores, arquitectos e ingenieros. Y cuando estas tres condiciones no están presentes, lo cual ocurre muy frecuentemente, la instalación de aire acondicionado es prácticamente la única solución. El aire acondicionado requiere una inversión inicial en equipamiento de alto costo y trae aparejado altos costos de operación y mantenimiento en su período de uso. La utilización de los criterios de climatización pasiva como principio no excluye la posibilidad de utilizar algún equipamiento mecánico tal como ventiladores de bajo consumo de energía o el aire acondicionado cuando éste se justifique por razones de control ambiental, por ejemplo. En esos casos, el utilizar los criterios de diseño bioclimático contribuirá a lograr soluciones más racionales y económicas que las que se obtienen al ignorar estos criterios, a la vez que se logrará disminuir la contaminación ambiental.

La ventilación tiene como principales objetivos eliminar los problemas de sobrecalentamiento de los espacios interiores y asegurar la calidad del aire y tiene tres funciones claramente definidas: el suministro de aire fresco, el enfriamiento convectivo y el enfriamiento psicológico. Las dos primeras son consideradas como ventilación y la tercera es considerada como movimiento del aire.

- Los requerimientos para el suministro de aire fresco dependen del tipo de local, cantidad de ocupantes y el tipo de actividad.
- El enfriamiento convectivo se produce mediante la renovación del aire caliente y húmedo interior por aire fresco y seco exterior.
- El enfriamiento psicológico, cuando el movimiento del aire pasa por la superficie de la piel acelera la disipación del calor en dos formas incrementando la pérdida convectiva de calor y acelerando la evaporación.

Para esto es necesario contar con información estadística del viento en el sitio, conocer el entorno, agente modificador del patrón de viento, estudiar el flujo de viento alrededor de los edificios circundantes y el que es objeto de diseño.

Si no existe un diseño apropiado que haya previsto la posibilidad de alternar la climatización natural y la artificial, las condiciones se pueden hacer insostenibles, en caso de cortes eléctricos o rotura de los equipos o porque el usuario lo desea por razones de ahorro u otras. Es común que los sistemas y equipos brinden temperaturas de confort, pero en ocasiones la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior es excesiva, y grandes cambios de temperatura pueden causar afectaciones a la salud.

***Ventilación natural***, basada en la diferencia de presiones causadas por la acción dinámica del viento, por la diferencia de temperatura (gradientes térmicos) entre dos masas de aire, o por la acción combinada de ambos.

El flujo de aire a través de un edificio es inducido por la diferencia de presiones producidas por dos causas: la acción mecánica del viento exterior sobre

los volúmenes y las aberturas de ventilación (ventilación dinámica) y la diferencia entre las temperaturas del aire interior y exterior (ventilación térmica). En cualquier caso el desplazamiento del aire se produce desde las zonas de mayor presión hacia las zonas de menor presión, ver Fig.4.16.

Los elementos que propician la ventilación natural son:

- las ventanas
- las puertas
- los conductos de ventilación
- los respiraderos en las cubiertas

Estos elementos deben utilizarse formando parte de un sistema de ventilación, que defina el movimiento del aire dentro del local.

Hoy en día existen programas comerciales que utilizan esta técnica para predecir el flujo de aire y las temperaturas en los edificios. Constituyen una herramienta útil y amistosa para los especialistas en calefacción, ventilación y aire acondicionado.



**Fig.4.16 Flujo de aire**



## Capítulo 5

### RIEGOS ELÉCTRICOS Y SEGURIDAD

El propósito de hablar en este capítulo sobre Seguridad en las instalaciones eléctricas es mencionar su importancia además de conocer los riesgos y las condiciones de seguridad para las actividades de mantenimiento en los centros de trabajo.

La electricidad representa un riesgo invisible, pero presente en la mayor parte de las actividades humanas, su uso generalizado y la propia costumbre hacen que muchas veces nos comportemos como si no representara ningún peligro, se olvida que la corriente eléctrica siempre admite un determinado riesgo que nunca hay que despreciar. El grado de riesgo en cierta medida esta presente en los criterios de diseño de las instalaciones, los valores de dimensionamiento, los detalles de realización, las advertencias a quién utiliza la instalación, uso y mantenimiento de la instalación, por lo tanto, esto implica realizar el proyecto teniendo en cuenta las normas vigentes y utilizando materiales normalizados y preferentemente certificados.

#### 5.1. Riesgos eléctricos

Las causas de los accidentes se presentan por condiciones prácticas, equipos inseguros y al realizar trabajos de mantenimiento que alcanzan actividades peligrosas que pueden desencadenar la liberación de energía, por otro lado, fallas o aproximación a partes energizadas pueden provocar daños a la salud e integridad física de los trabajadores.

Los riesgos y daños representados por la electricidad son de diversos tipos, entre los más comunes se mencionan los siguientes:

- Electrocución por descarga eléctrica



- Arcos eléctricos
- Electromagnéticos

Estos riesgos, deben ser evitados y reducidos al mínimo, tomándose todas las precauciones necesarias para garantizar máxima seguridad. Es por eso que las instalaciones eléctricas se deben de realizar en base a las normas y a la ingeniería, en la actualidad existen normas oficiales que deben consultarse y aplicarse con el propósito de reducir los accidentes.

Por mencionar algunas:

- NOM-029-STPS-2005 Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, condiciones de seguridad.
- NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
- NOM-017-STPS-2001 Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (utilización).
- NORMA NFPA 70E Requisitos de seguridad eléctrica de los empleados en lugares de trabajo 2004
- OSHA (Occupational Safety and Health Association) Incluye la protección contra los peligros de lesión eléctrica o electrocución.
- NEC (National Electrical Code) NFPA70 Trata de la seguridad eléctrica en las instalaciones eléctricas.
- ANSI Z 89.1 Define el criterio para el diseño y prueba del equipo de protección de la cabeza de la persona para ciertos peligros.
- El ANSI 87.1 Cubre la protección de los ojos y la cara.

### 5.1.1. Electrocutión por descarga eléctrica

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente a través del cuerpo humano (Fig.5.1). Para que circule una intensidad de corriente a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo, exista una tensión (o diferencia de potencia). Idealmente, el potencial entre el neutro de un sistema eléctrico trifásico de corriente alterna y la tierra (suelo) debería ser cero. Bajo estas condiciones, las personas y los animales que accidental o intencionalmente establecen contacto con las estructuras metálicas directamente unidas al sistema de conexión a tierra estarían en condiciones de absoluta seguridad. Desafortunadamente, en la práctica la impedancia de un sistema de conexión a tierra es siempre un valor finito, lo que origina que siempre exista una diferencia de potencial entre las estructuras directamente unidas al sistema de conexión a tierra y el suelo, particularmente en condiciones anormales o transitorias de operación del sistema eléctrico como las fallas a tierra o el desbalanceo excesivo de corrientes en las fases, los cuales pueden originar condiciones peligrosas para las personas o animales en función de la magnitud de la diferencia de potencial entre las estructuras y el suelo.



*Fig.5.1 Paso de la corriente a través del cuerpo*

Cuando una persona camina o tiene sus piernas separadas sobre la superficie del suelo cercano al sistema de conexión a tierra y en ese momento se experimenta una disipación de corriente de falla en el sistema, la persona será sometida a una diferencia de potencial  $V_{AB}$  resultante del gradiente de potencial que producirá a su vez la circulación de corriente a través de sus piernas. La

tensión producto de esa diferencia de potencial se conoce como **Tensión de paso**, véase Fig.5.2.

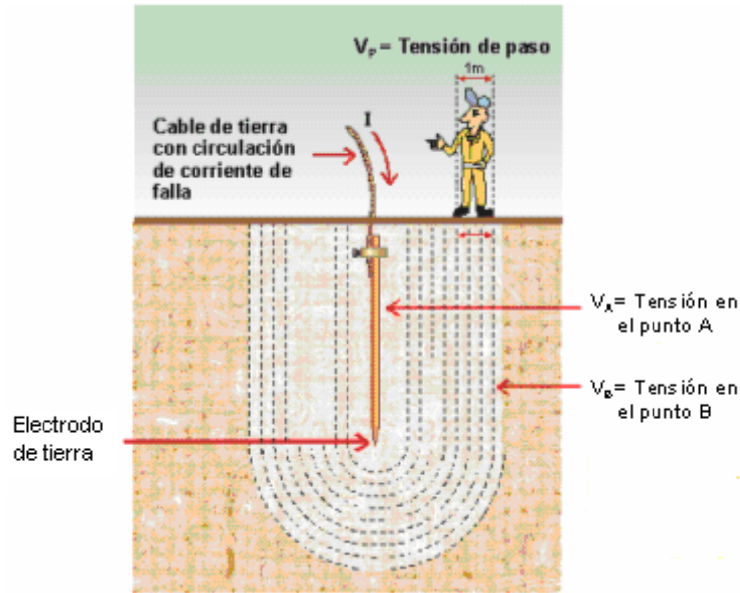


Fig.5.2 Tensión de paso

Cuando una persona toque una estructura que se encuentre a una tensión diferente a la del suelo sobre el que está parado, será sometida a una diferencia de potencial que producirá la circulación de una corriente a través de su cuerpo. La tensión producida de esta diferencia de potencial se denomina **Tensión de contacto o toque**, véase Fig.5.3.

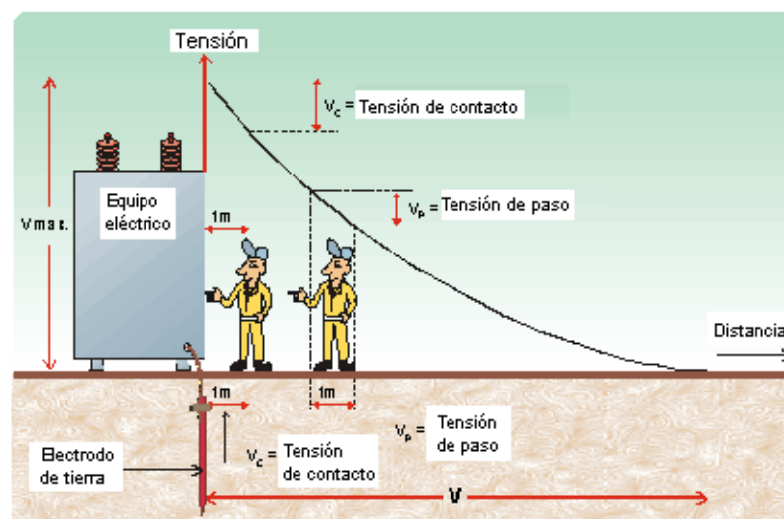


Fig.5.3 Tensión de contacto o toque

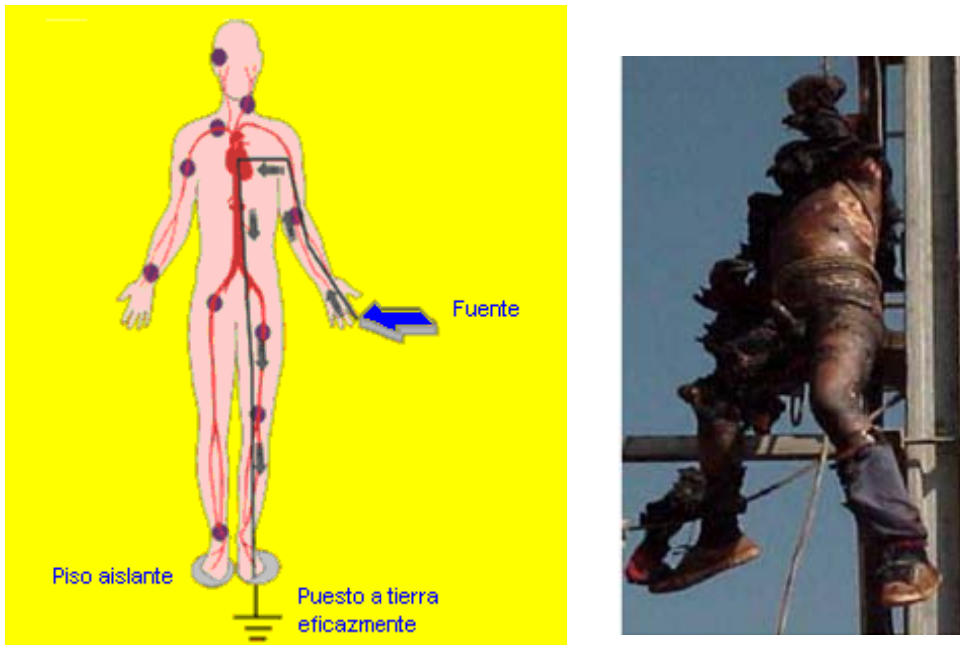


La circulación de la corriente a través del cuerpo humano es muy peligrosa, en consecuencia, los sistemas de conexión a tierra deben estar diseñados para controlar la magnitud de la corriente eléctrica de falla que circulará a través de las personas como producto de las tensiones de paso y contacto, bajo distintas condiciones de operación del sistema eléctrico.

#### **5.1.1.1. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica**

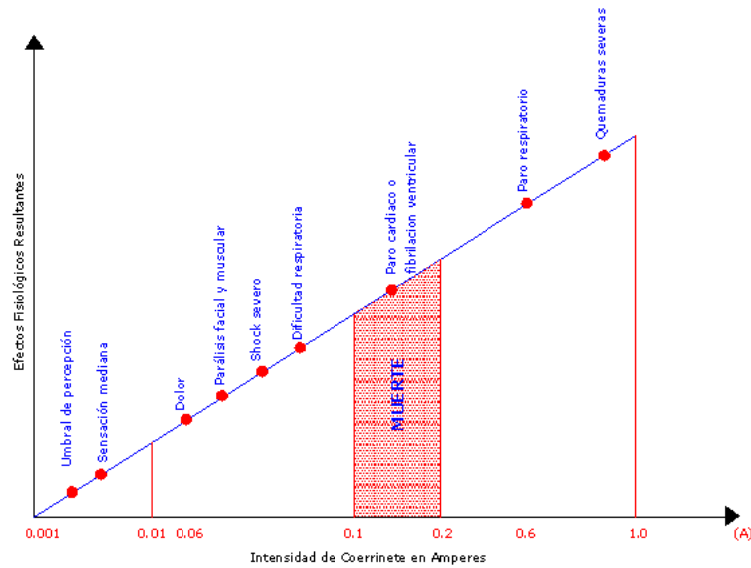
Normalmente se piensa que el contacto directo con alta o media tensión puede provocar un shock más severo que en baja tensión, y esto puede ser falso, ya que la intensidad de un shock depende directamente de la intensidad de corriente en amperes que circula a través del cuerpo y no tanto de la tensión aplicada; aunque está demostrado que cuando la tensión aumenta la resistencia eléctrica del cuerpo humano tiende a disminuir hasta  $1,000 \Omega$  y para bajas tensiones puede alcanzar valores mayores. Esto explica por qué cuando más elevado sea el voltaje, más son los puntos de la piel que sufren perforación eléctrica, ya que el tejido humano posee características de tendencia negativa, es decir, la resistencia del cuerpo disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto (Fig.5.4). En forma estricta, los efectos fisiológicos de la electricidad en el cuerpo humano dependen, además de la corriente que lo atraviesa, del tiempo de duración del contacto, la frecuencia y otros factores como son: el sexo, edad, peso, altura, estado de ánimo, callosidades en el punto de contacto, estado de la epidermis (seca, sudorosa o mojada), del punto de contacto de tierra (seco, húmedo o mojado), tipo de calzado (piel, hule, dieléctrico). Como ejemplo se tiene que en mujeres embarazadas, personas con presencia de alcohol en la sangre o estado depresivos se registran valores bajos de resistencia.





**Fig.5.4 La trayectoria de la corriente eléctrica de mano izquierda a pie izquierdo causa que la corriente pase directamente a través del corazón**

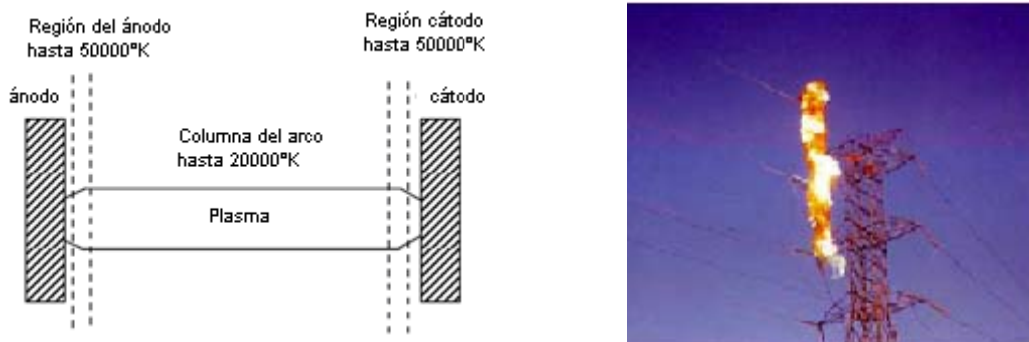
Cuando una persona es afectada por un shock eléctrico, es imposible determinar la intensidad de corriente que circuló a través de su cuerpo, sin embargo se ha podido establecer la relación del rango de corriente y sus consecuencias. En la gráfica 5.1 se observa que en pequeños valores de corriente entre 0.001 y 0.01 amperes el cuerpo los empieza a detectar por medio de una sensación desagradable. De 0.01 amperes hasta 0.1 amperes puede producir contracciones musculares dolorosas y hasta un shock severo. Ahora bien, si la corriente alcanza un valor entre 0.1 y 0.2 amperes puede ocurrir una fibrilación ventricular del corazón (trepidación no controlada de las paredes de los ventrículos) provocando la MUERTE. Para valores mayores de 0.2 amperes las contracciones musculares se hacen más severas y el corazón es comprimido durante el shock, protegiéndolo de la fibrilación ventricular, incrementándose las posibilidades de supervivencia. Cuando se alcanzan rangos entre 4 y 9 mA, se conocen como “corrientes para soltar o de desprendimiento”, que en el hombre son de 9 mA y en la mujer hasta 6 mA; sin embargo estos valores toman importancia al relacionarlos con el tiempo.



**Gráfica.5.1 Efectos fisiológicos en el ser humano**

### 5.1.2. Arcos eléctricos

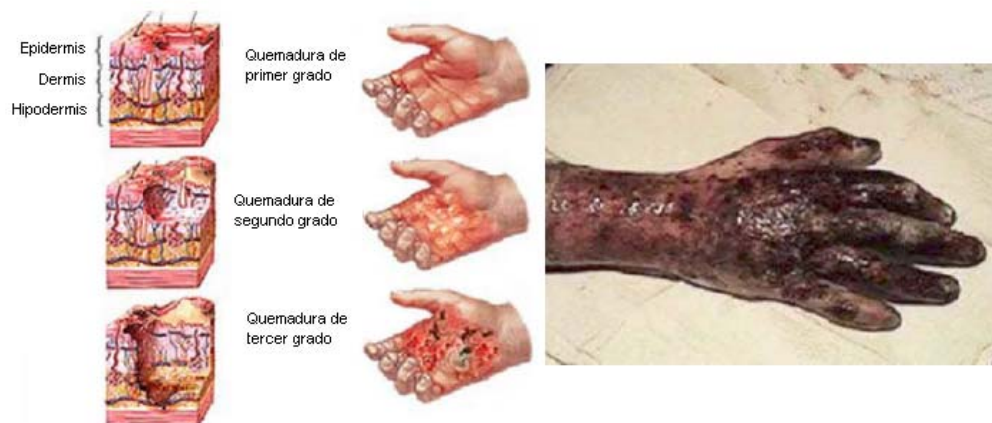
Un arco eléctrico es una corriente que circula entre dos conductores a través de un espacio compuesto por partículas ionizadas y vapor de conductores eléctricos, y que previamente fue aire, normalmente el aire es un muy buen elemento aislante, sin embargo, bajo ciertas condiciones tales como altas temperaturas y altos campos eléctricos, puede convertirse en un buen conductor de corriente eléctrica. La mezcla de materiales a través de la cual circula la corriente del arco eléctrico es llamada plasma. La característica física que hace peligroso al arco eléctrico es la alta temperatura, la cual puede alcanzar 50000 °K en la región de los conductores (ánodo y cátodo) y 20000 °K en la columna (Fig.5.5).



**Fig.5.5 Arco eléctrico**

La temperatura tan elevada del arco eléctrico genera una radiación de calor que puede ocasionar quemaduras graves a una distancia de 3 m. La cantidad de energía del arco depende de la corriente y de su tamaño, siendo menor el efecto del nivel de tensión del sistema, por lo cual debe tenerse un cuidado especial con los sistemas de baja tensión que muchas veces cuentan con los niveles de corriente de cortocircuito más elevadas.

Los relámpagos y ráfagas de arcos eléctricos pueden causar lesiones por la exposición de salpicaduras de metales fundidos, quemaduras de tercer grado por encendido (Fig.5.6), derretimiento de vestimenta y/o incendios secundarios, traumatismos físicos debido a la fuerza de explosión, daños en la audición y en la visión. El daño generado por el arco eléctrico sobre una persona depende de la cantidad de calor que ésta recibe, la cual se puede disminuir manejando factores tales como la distancia de la persona al arco, el tiempo de duración del arco y la utilización de ropa y equipos de protección personal que actúen como barreras o aislante térmicos.



**Fig.5.6 Quemaduras**

Este fenómeno se presenta al realizar cualquier movimiento físico dentro de un equipo eléctrico y lo que lo hace más peligroso es que es raro que se presente durante la operación normal, sino que sucede cuando alguien se encuentre frente al equipo (Fig.5.7).

También pueden producirse arcos eléctricos por otros motivos, tales como:

- Fallos en dispositivos de maniobra o protección.
- Cortocircuitos ocasionales provocados por:
  - Desprendimiento de elementos conductores
  - Deterioro de aislantes
  - Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida
  - Actuaciones de animales
  - Humedad



*Fig.5.7 Explosión y derretimiento de vestimenta*

### 5.1.3. Campos electromagnéticos

Todos los elementos de una instalación que se encuentren a una cierta tensión producen campos eléctricos y todas las instalaciones por las que circule intensidad producen campos magnéticos. Un campo eléctrico existe aunque no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de potencia, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual. Tanto los campos eléctricos como los magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano han sido objeto de preocupación y alarma social creciente en las últimas décadas. Los campos electromagnéticos y sus efectos están relacionados

con su frecuencia, existen efectos a corto plazo bien establecidos, dependientes de la frecuencia como:

- La estimulación de células nerviosas y musculares
- El calentamiento

Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto, que puede provocar cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas. Los campos magnéticos variables inducen en el interior del cuerpo tensiones que a su vez dan lugar a corrientes, la corriente inducida puede estimular los nervios o el tejido muscular. También se puede tener efectos indirectos como quemaduras por tocar objetos calentados por efectos de los campos electromagnéticos. Los casos citados anteriormente se refieren a objetos que producen campos eléctricos y magnéticos a frecuencia industrial (60 Hz), existen instalaciones y equipos industriales que utilizan frecuencias más elevadas como hornos de inducción, hornos de microondas, entre otros.

También producen campos electromagnéticos de frecuencias altas las antenas de telecomunicaciones por radio y telefonía móvil.

#### **5.1.4. Daños de otros tipos**

Los incendios (Fig.5.8), provocados por cortocircuitos (motivados generalmente por un funcionamiento incorrecto de las instalaciones) son uno de los daños más frecuentes. En numerosas ocasiones se atribuye el origen de un incendio a un cortocircuito, pero habitualmente el cortocircuito no es sino un paso más (el más llamativo) en el proceso que desencadena el incendio. Es normal que el cortocircuito se produzca por un calentamiento excesivo previo de elementos aislantes hasta alcanzar su punto de fusión, produciéndose a continuación el cortocircuito. Los motivos del calentamiento pueden ser muy diversos; la obstrucción de la ventilación, el fallo de los sistemas de protección, o bien pudieran en algunos casos deberse a errores de mantenimiento, ejecución o hasta

de diseño. Otros daños típicos son los deterioros de equipos, motivados por sobretensiones atmosféricas o de maniobra. También se producen incendios o explosiones motivadas por la presencia de atmósferas inflamables o explosivas ante elementos con temperatura elevada (producida por la electricidad) o arcos eléctricos.



*Fig.5.8 Incendios*

## **5.2. Seguridad en las Instalaciones Eléctricas**

Para las instalaciones y el equipo eléctrico se tienen unos requerimientos mínimos indispensables para que el personal pueda realizar los trabajos bajo condiciones seguras. Estos requerimientos se encuentran dentro de las Normas aplicables al diseño, montaje y mantenimiento. Los principales puntos a ser evaluados para diagnosticar el estado de la instalación frente al riesgo eléctrico son:

- a) Sistema de puesta a tierra
- b) Sistemas de protección contra descargas atmosféricas y protecciones contra sobretensiones
- c) Sistema de protecciones eléctricas
- d) Espacio para realizar trabajos y distancias de seguridad
- e) Señalización y barreras
- f) Mantenimiento

### 5.2.1. Sistemas de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra en relación con la seguridad de la persona cumple las siguientes funciones:

- El brindar seguridad a las personas.
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes y sobretensiones.
- Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación o transitorias.
- Mejorar calidad del servicio
- Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobretensiones generadas.
- Drenar las cargas estáticas a tierra.

#### ➤ **Importancia de los sistemas de tierra en Edificios Inteligentes**

La importancia de realizar una conexión a tierra en un edificio inteligente es considerable, ya que en estos edificios hay una gran cantidad de equipos eléctricos y electrónicos que con una corriente indeseable o sobretensión podría causar una pérdida muy costosa en estos equipos. Además estos edificios normalmente son ocupados por una gran cantidad de personas, si por falta de aislamiento en uno de los conductores al quedar en contacto con algún material conductor o con las placas de los contactos que estén expuestos al personal del edificio pudieran ocasionar lesiones o incluso la muerte. Por estas razones, se recomienda que se realicen las instalaciones de puesta a tierra ya que la corriente siempre busca el camino más fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa por ésta, esto si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizó la instalación. Otra razón por la que debe instalarse un sistema de puesta a



tierra eficiente en un edificio es para evitar que las descargas atmosféricas caigan en lugares indeseados y puedan ocasionar algún accidente o dañar los equipos, esto se logra mediante sistemas de pararrayos los cuales deben conectarse directo a tierra, es decir, el conductor que se use para la instalación del pararrayos no debe estar conectado a ningún otro equipo del edificio.

Generalmente un sistema de tierra está formado por conductores o barras de cobre o aluminio, que interconectan materiales metálicos, equipos y circuitos eléctricos, entre otros, con mallas o electrodos enterrados. En la actualidad no existe un número limitado de sistemas; sin embargo, se enuncian los que requieren con más frecuencia de un sistema de tierra adecuado para su operación y seguridad. Debido a la diversidad de equipo y principio de operación, los fabricantes han establecido por separado recomendaciones de aterrizado (puesta a tierra de equipo) y valores máximos de resistencia a tierra, encontrándose en la actualidad variantes que definen los diferentes tipos de sistemas de tierra para:

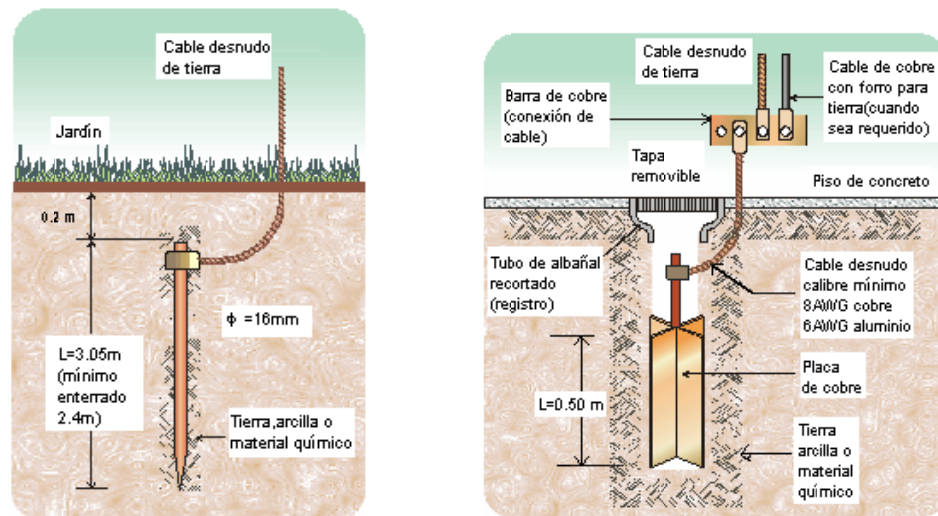
- a) Circuitos de energía eléctrica
- b) Sistemas de cómputo
- c) Telefonía
- d) Voz y datos
- e) Comunicaciones
- f) Control de acceso y seguridad
- g) Control de salida de producto
- h) Pararrayos

Existe una variedad de electrodos (Fig.5.9) que son utilizados para puesta a tierra, los cuales presentan ventajas unos con respecto a otros desde su instalación, mantenimiento y costo. A continuación se mencionan los más comunes:

- Varilla copperweld
- Pica o jabalina.



- Rehilete.
- Placa.
- Electrodo en estrella.
- Electrodo de anillos
- Malla
- Placa estrellada
- Electrodo de varillas de hierro o acero.
- Electrodo de tubo metálico.
- Electrodo empotrado en concreto.
- Electrodo de aluminio.
- Electrodo horizontal o contra-antena.
- Electrodo profundo.
- Electrodo químicos.



**Fig.5.9 Electrodo de tierra tipo varilla copperweld y electrodo tipo rehilete**

Los equipos se conectan a tierra de tal forma que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla y faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. De los casos anteriores, el más usado es el electrodo copperweld, de tal forma que si no se logra obtener el valor adecuado de resistencia a tierra, se pueden multiplicar los electrodos dispuestos en diferentes configuraciones, espaciados a una

distancia de por lo menos la longitud del electrodo (generalmente 3 m) y conectados entre sí con conductores de cobre desnudo (Fig.5.10). La puesta a tierra es lo que se entiende comúnmente como *aterrizado*, esto es, conectar a tierra las partes metálicas (gabinete) por medio de un conductor hasta un electrodo o sistema de tierra (Fig.5.11) en:

➤ Equipos Eléctricos

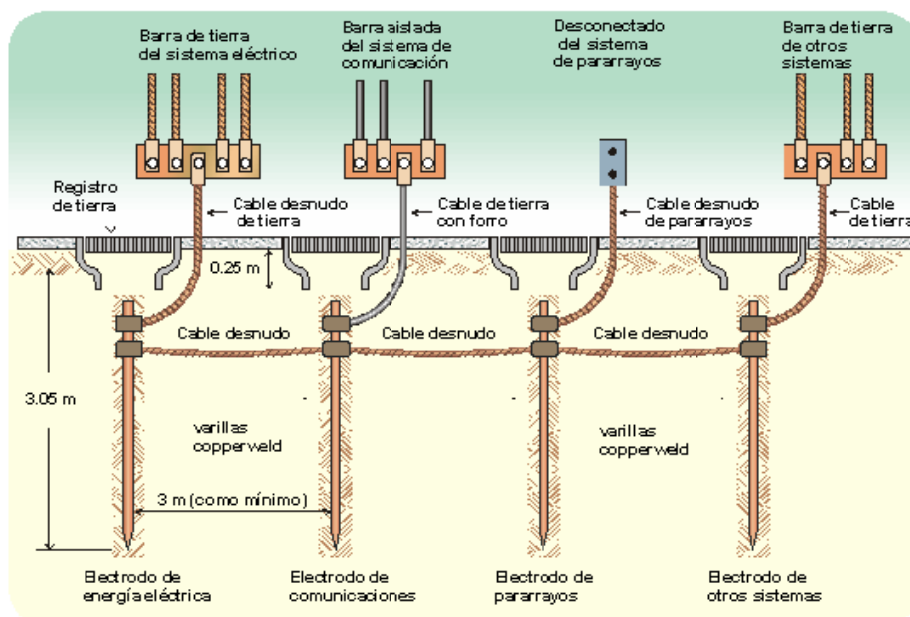
Transformadores, motores, lámparas, capacitores, contactos, pararrayos, copiadoras, tinas de hidromasaje, regaderas, refrigeradores, lavadoras, lavavajillas, etcétera.

➤ Equipos electrónicos

Faxes, máquinas de escribir, computadoras, equipos de control, TV, caseteras, equipos de sonido, equipos de grabación, equipos médicos, equipos de laboratorio, etcétera.

➤ Objetos metálicos

Tuberías, ductos, charolas, techos, columnas, barandales, cercas, antenas, tanques, estructuras, escaleras.



**Fig.5.10 Sistema de tierra con interconexión para igualación de potencial**



**Fig.5.11 Sistemas de tierra comunes para diferentes usuarios del edificio**

## 5.2.2. Sistemas de protección

### a) Contra descargas atmosféricas

El principio fundamental de la protección contra descargas atmosféricas (Fig.5.12), es dar medios por los cuales una descarga eléctrica se pueda drenar a tierra sin daños resultantes o pérdidas. Se debe ofrecer una trayectoria de baja impedancia que será preferida por la corriente de descarga en lugar de las trayectorias de alta impedancia ofrecidas por los materiales de las edificaciones tales como madera, ladrillos, baldosas, piedra o concreto. Cuando una descarga sigue las trayectorias de altas impedancias, se puede causar daño por el calor o los esfuerzos mecánicos generados durante el paso de la descarga. Además de captar las descargas atmosféricas directas, el sistema de tierra debe garantizar la equipotencialidad de la estructura o edificación protegida, evitando que se generen

diferencias de potencial elevadas que tengan como consecuencia el salto de chispas o arcos eléctricos.



**Fig.5.12 Descarga atmosférica**

La protección contra descargas atmosféricas consiste en una jaula de Faraday completa, lo cual tiene costos elevados para cualquier empresa, no obstante, un buen sistema de protección contra descargas atmosféricas, compuesto por puntas, bajantes y puestas a tierra, garantiza en la mayoría de los casos un grado de protección suficiente.

#### *b) Contra sobretensiones*

Este tipo de protecciones son complementarias con el sistema de protección contra descargas atmosféricas, y están concebidas para evitar que las sobretensiones generadas por descargas atmosféricas o por maniobras superen los niveles de aislamiento de los equipos y conduzcan a la creación de cortocircuitos. Los dispositivos de protección contra sobretensiones (Fig.5.13) limitan la tensión mediante la absorción de una parte de la energía que produce la sobretensión.

En condiciones de tensión nominal en el sistema, estos dispositivos absorben cantidades mínimas de corriente (del orden de microamperios), y su característica no lineal hace que cuando la tensión alcance valores elevados, la corriente aumente abruptamente, absorbiendo energía de la sobretensión.



**Fig.5.13 Protección contra sobretensiones**

### c) Protecciones eléctricas

El papel principal de los equipos de protección (Fig.5.14) es el de garantizar que las fallas eléctricas sean detectadas y aisladas dentro de unos límites de tiempo que garanticen la seguridad de las personas y de las instalaciones. Los efectos de las fallas eléctricas dependen principalmente de dos factores: la magnitud de la falla (corriente de cortocircuito) y la duración. Por todo lo anterior, es indispensable la implementación de sistemas de protecciones adecuados y con los ajustes correctos tendientes a minimizar los tiempos de duración de las fallas. Para esto se deben realizar estudios de ajuste y coordinación de protecciones orientados a garantizar lo siguiente:

- Que los cortocircuitos sean detectados y despejados por elementos de protección rápidos (instantáneos o de tiempo definido con baja temporización, por ejemplo,  $< 300$  ms). Los fusibles correctamente seleccionados son una protección excelente contra cortocircuito, dado los tiempos bajos de despeje de falla que garantizan (en muchos casos inferiores a un ciclo). Los elementos de protección contra sobrecarga operan normalmente en tiempos de varios segundos, por lo cual no son adecuados para cortocircuitos.
  
- Que las fallas a tierra sean detectadas y despejadas en un tiempo inferior al utilizado para el cálculo de las tensiones de toque y de paso.

- Que las fallas a tierra en sistemas no aterrizados sólidamente (aterrizados con alta o baja impedancia) son detectadas y aisladas.
- Además de las protecciones de sobrecorriente y de sobrecarga, los equipos deben contar con un esquema completo de protecciones acordes con las normas aplicables.



*Fig.5.14 Protecciones eléctricas*

### 5.2.3. Espacio de trabajo y distancias de seguridad

Es indispensable para realizar trabajos en la instalación eléctrica, contar con un espacio adecuado de acceso y de trabajo que permita la operación y el mantenimiento del equipo. Además, la instalación debe permitir la circulación del personal y de los vehículos por las zonas permitidas garantizando que se mantengan unas distancias mínimas al equipo energizado. Estos espacios deben ser previstos desde el diseño. Con base en la Norma NFPA 70E los límites de acercamiento son:

- *Límite de aproximación segura*: es la distancia mínima desde un punto energizado del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo por arco eléctrico.
- *Límite de aproximación restringida*: es la distancia mínima hasta la cual el personal calificado puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.

Además de las fronteras de acercamiento que deben estar demarcadas, la instalación debe contar con unas zonas alrededor del equipo energizado que no sean accesibles por el personal durante sus labores normales de operación, véase Fig.5.15.



**Fig.5.15 Espacio de trabajo y distancia de seguridad**

### 5.2.4. Señalización y Barreras

Las partes energizadas deben contar con una protección contra contacto accidental utilizando algunas de las siguientes alternativas:

- Confinándolas en gabinetes apropiados.
- Ubicándolas en recintos a los cuales solo tenga acceso el personal calificado.
- Ubicándolas a una altura tal que no represente riesgo para el personal que circula por el lugar.

Además, se deben tener las señales de advertencia (Fig.5.16) donde se avise del riesgo y se prohíba la entrada al personal no calificado. Estas señales deben contar con la siguiente información:

- Advertencia donde se indique que se trata de equipo energizado y que representa peligro.
- Tipo de equipo y nomenclatura operativa.
- Máximo nivel de tensión del equipo.
  - Máximo nivel de cortocircuito
  - Ubicación de los diferentes límites de aproximación
  - Categoría requerida del equipo de protección personal para realizar trabajos



**Fig.5.16 Señalización y barreras**

Los trabajadores pueden incrementar su protección utilizando el equipo de protección personal (EPP) identificando de acuerdo al análisis de peligro. La seguridad en el trabajo eléctrico se ve ampliamente mejorada cuando se utilizan las herramientas y el equipo personal adecuados. Cada trabajador que desarrolla alguna actividad en el equipo eléctrico, debe estar protegido contra los riesgos propios de su trabajo. El equipo de protección personal como se muestra en la Fig.5.17, es la barrera final entre una persona y el peligro eléctrico. Esta barrera final será correcta si la persona selecciona adecuadamente el equipo apropiado para usarlo. Si el peligro es una descarga, se debe de utilizar protección adecuada contra la descarga, si el peligro es ráfaga de arco, se debe utilizar protección



contra ráfaga de arco. En la siguiente tabla 5.1 se muestran los elementos utilizados para la protección de las diferentes partes del cuerpo.

Parte del cuerpo a proteger	Equipo utilizado
Cuerpo y la piel en general	Ropa de protección contra arco eléctrico, de la categoría adecuada para el trabajo específico.
Ojos y rostro	Protector facial de la categoría adecuada para el trabajo, anteojos de seguridad para trabajo con equipo eléctrico.
Cabeza	Casco aislante con el aislamiento requerido para el nivel de tensión del equipo.
Manos	Guantes aislantes de caucho con el nivel de aislamiento requerido, con protectores de cuero.
Aislamiento del cuerpo para evitar el choque eléctrico	Botas y guantes dieléctricos.

**Tabla.5.1 Elementos de protección de las diferentes partes del cuerpo**

Se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Entrenamiento del personal
- Utilización de elementos de protección personal
- Utilización de equipos de seguridad
- Utilización de herramientas adecuadas para trabajos eléctricos



**Fig.5.17 Equipo de protección personal**

### 5.3. Mantenimiento

Para conservar la maquinaria, las herramientas, los equipos de producción y servicio en condiciones de funcionamiento y asegurar el nivel óptimo de su efectividad, se deben desarrollar actividades que se identifican con el nombre de mantenimiento (Fig.5.18). En la actualidad las estructuras de redes de servicios son cada día más complejas en la construcción de edificios además de que sus instalaciones están interconectadas, llegándose a calificar a algunos de ellos como *Edificios Inteligentes*.



**Fig.5.18 Mantenimiento**

Por ejemplo, una insuficiente instalación eléctrica crea inconvenientes de sobrecargas, pobre iluminación, escasa potencia de bombeo y sí además el mantenimiento es deficiente la red eléctrica hace que se produzcan fallos de aislamiento, desgastes, roturas, suciedad, grasas, etcétera, que pueden conducir a un incendio por un cortocircuito, con el peligro de electrocución que esto supone para las personas. Es por ello que el mantenimiento eléctrico se enfocada a conservar en buen estado las instalaciones, para garantizar la adecuada operación, con alta confiabilidad y seguridad, sin embargo no se debe olvidar consultar las Normas que establecen las condiciones de seguridad para las actividades de mantenimiento en las instalaciones eléctricas de los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevar a cabo dichas actividades y a personas ajenas a ellas que se pudieran exponer.



Por esto, entre otras razones, se debe tratar el mantenimiento como un componente más de diseño, de forma que las instalaciones se proyecten desde el principio facilitando al máximo la accesibilidad y control de sus componentes. Es conveniente que se haya pensado en facilitar el acceso de las personas y equipos necesarios para el mantenimiento a todos los puntos de las redes de las instalaciones.

A continuación se hace una clasificación de los tipos de mantenimiento, cada uno muestra ventajas y desventajas.

- a) *Mantenimiento predictivo.*- Es el mantenimiento resultante de una adecuada planeación, que permite prever con anticipación el reemplazo necesario de algún equipo, dispositivo o material de un sistema, en función de su vida útil, proceso o medio de operación. Un mantenimiento preventivo bien administrado reducirá accidentes, salvará vidas, y minimizará paradas costosas y salidas no planeadas del equipo de producción. Se pueden identificar daños inminentes y aplicar las soluciones antes de que se presenten accidentes o se tengan problemas graves.
  
- b) *Mantenimiento correctivo.*- Es el resultado de reparar de inmediato alguna falla presentada en el sistema para obtener nuevamente la normalidad. Ante el imprevisto, se corre el riesgo de no contar con los elementos adecuados para efectuar las correcciones en su totalidad y operar el sistema en forma provisional con un alto riesgo.
  
- c) *Mantenimiento preventivo.*- Es la revisión periódica y rutinaria para descubrir oportunamente cualquier anomalía en el sistema con el objeto de evitar las fallas inesperadas, prevenir los posibles deterioros, desarrollando controles visuales, pero sobre todo analizando tiempos transcurridos entre intervenciones.



- d) *Mantenimiento integrado* (también llamado mantenimiento productivo).- Respetar la frase: “El buen funcionamiento es responsabilidad de todos”. Y se apoya en el personal de producción, que participa observando el buen funcionamiento de su máquina, y en general del proceso.



## CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo me permitió entender que un Edificio Inteligente, es aquel que cumple condiciones ambientales y tecnológicas para incrementar la satisfacción y productividad de sus ocupantes, dentro de un ambiente de máximo confort y seguridad, sumado al ahorro de recursos energéticos a partir del monitoreo y control de los sistemas comunes del edificio, así como los criterios de confiabilidad y flexibilidad para integrar los distintos componentes, y adaptarse al crecimiento y desarrollo de nuevos servicios dentro del edificio.

En la presente investigación se abordó el campo de aplicación de las instalaciones eléctricas en los Edificios Inteligentes, ya que éstos demandan grandes cantidades de energía eléctrica y requieren de un servicio continuo.

Para llevar a cabo el proyecto eléctrico, se deberá trabajar con un equipo de personas interdisciplinarias que convengan la forma y el tiempo en la que se llevará a cabo el proyecto.

En base a las necesidades del edificio se deberá proponer una estructura de alimentación eléctrica confiable y bien diseñada que cumpla con los requerimientos de la carga a instalar, con esto se entiende que las instalaciones eléctricas en este tipo de edificios comprenden una serie de sistemas que van más allá de la iluminación y la fuerza motriz.

Prever un sistema de energía eléctrica libre de perturbaciones (armónicas, sobretensiones, transitorios, entre otros.) que dañe de manera sustancial a los equipos y evite el paro de actividades laborales o procesos continuos que representen grandes pérdidas monetarias a los usuarios ubicados en el inmueble, esto con la finalidad de mejorar el entorno eléctrico bajo una serie de requerimientos y soluciones de ingeniería que permitirá a los equipos mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño y a su vez, asegurar la entrega



ininterrumpida de energía con la utilización de distintos tipos de sistemas de potencia ininterrumpible (UPS).

En relación al ahorro de la energía, se propone implementar elementos tecnológicos ligados a los sistemas pasivos (iluminación y ventilación natural) que permitan el uso racional de la energía eléctrica, sistemas inteligentes que efectúen acciones de control y monitoreo permanente del nivel de iluminación y ventilación, para obtener un control eficaz de las condiciones de iluminación y aire interior del edificio, pues a la larga se dispararían los costos de electricidad o de dotación de aire acondicionado para cada oficina (fundamentalmente por el ahorro energético); menor dependencia de fuentes limitadas; mayor confort y menor impacto ambiental.

Con respecto a las condiciones de seguridad en el caso de las instalaciones eléctricas en edificaciones, lo que se debe hacer es proyectar y ejecutar instalaciones eléctricas seguras, esto implica realizar el proyecto teniendo en cuenta las reglamentaciones actuales; y en la ejecución, asegurarse que se realice de acuerdo a las normas vigentes, utilizando materiales normalizados y preferentemente certificados.

Así como establecer las condiciones de seguridad para las actividades de mantenimiento en las instalaciones eléctricas de los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable y llevar a cabo dichas actividades y a personas ajenas a ellas que se pudieran exponer.

De acuerdo con la investigación realizada, se recomienda a los profesionales de la ingeniería en el área eléctrica, realizar proyectos que involucren los criterios aquí estudiados y que sirva de apoyo para aquellos profesionales de la arquitectura e ingeniería que se introduzcan en el diseño de los edificios llamados “Inteligentes” o “No Inteligentes”, a fin de brindar a los individuos soluciones y respuestas adecuadas para elevar su calidad de vida a través del desarrollo de su entorno.



## BIBLIOGRAFÍA

- Edificios Inteligentes 1  
Instituto Mexicano del Edificio Inteligente  
Fundación casa del Arquitecto México A,C
  
- Sistemas de Distribución  
Ing. Roberto Espinosa y Lara  
Primera edición 1990  
Editorial Limusa
  
- Redes Eléctricas, Tomo 1  
Ing. Jacinto Viqueira Landa  
Primera Edición por la Facultad de Ingeniería 2004
  
- Instalaciones Técnicas en Edificios (Vol.1)  
Konrad Sage  
Segunda Edición, Barcelona 1975  
Editorial Gustavo Gill,S.A
  
- Manual de Ingeniería Eléctrica, Tomo 2  
Donald G. Fink, H. Wayne Beaty  
Decimotercera Edición  
Editorial Mc Graw Hill
  
- Sistemas de Puesta a Tierra  
Ing. Alfredo Juárez Torres  
Segunda Edición 2004
  
- Libro de Oro de Puesta a Tierra Universal  
Ing. Javier Oropeza Angeles



Primera Edición, Noviembre 2005

Schneider Electric

- The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE)  
"Calidad de Servicio de Energía Eléctrica (PQ) en Distribución"  
Ing. Gilberto Enríquez Harper  
Ing. Augusto o. Hintze Valdez  
Ing. Jesús Martínez Rodríguez

### **Diplomado**

- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C. (IMEI), 2002  
"Especialidad en Tecnología de los Edificios Inteligentes"
  - ✓ Arquitectura Bioclimática y Ahorro de Energía  
Arq. Raúl Huitrón
  - ✓ Ejemplos de Estructuras Inteligentes  
Ing. Iván Santa Cruz
  - ✓ Flexibilidad en Espacios, Estructura e Instalaciones  
Ing. Agustín Soberanes
  - ✓ Panorama de la Ingeniería en Función de sus Aplicaciones en  
Relación con Edificios Inteligentes.  
Ing. Wenceslao Quintana Marroquín
  - ✓ Instalaciones en un Edificio Inteligente, Instalaciones Especiales  
Ing. Gustavo Galaz
  - ✓ Instalaciones Eléctricas en los Edificios Inteligentes  
Ing. Leopoldo García Luna
  - ✓ Sistemas de Detección y Extinción de Incendio en Edificios  
Inteligentes  
Ing. Yosti Méndez
  - ✓ Ahorro de Energía en Iluminación-Nuevas Fuentes Luminosas





- ✓ Envolvente en Edificios no Residenciales
  - ✓ Alarmas y Circuito Cerrado de Televisión  
Ing. Francisco Cardiel García
  - ✓ Edificios Inteligentes al Servicio del Hombre  
Ing. Jorge Waldemar Sosa Hernandez
  - ✓ Organización y administración del Mantenimiento  
Lic. Armando Menéndez y Lic. Raúl Liñán
- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C. (IMEI), 2005  
“Especialidad en Tecnología de los Edificios Inteligentes”
- ✓ Domótica-La Casa Inteligente  
Ing. Guillermo Casar Marcos  
Arq. Raúl Huitrón
  - ✓ Nuevas Tecnologías en Materiales para Edificios  
Ing. Javier Velásquez
  - ✓ Ahorro de Energía en Iluminación  
Arq. Cecilia Huesca
  - ✓ Diseño de Tierra Física  
Ing. Alfredo Juárez
  - ✓ Sistemas Electrónicos CCTV  
Ing. Marco Antonio Villanueva
  - ✓ Ejemplo de Administración Inteligente-Torre Mayor  
Ing. Felipe Flores
  - ✓ Mantenimiento Multitécnico  
Lic. Camilo Mariño, Lic. Armando Menéndez

## Curso

- “Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción A.C (AMERIC, A.C)”



## Seguridad y Mantenimiento en Instalaciones Eléctricas.

- ✓ Modulo 1 NOM-029-STPS-2005
  - ✓ Modulo 2 Análisis del Peligro
  - ✓ Modulo4 NORMA NFPA 70 E- Requisitos de Seguridad Eléctrica de los Empleados en los Lugares de Trabajo
  - ✓ Modulo7 NOM-001-SEDE-2005-Instalaciones Eléctricas(Utilización) Vigente  
Ing. Javier Oropeza Angeles
- 
- Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería, división de Educación Continua  
Edificios Verticales 2004  
Ing. Ernesto A. Niño Solís
  
  - Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C. (IMEI), 25-Enero-2006  
“El vidrio, historia, visión y aplicación en obra de Picciotto Arquitectos”

## Revistas

- Mexican Architectures  
Bancrecer Tlalpan, Computer Center,1997  
Autor: Jaime Varon Shirino, Abraham Metta Cohen
- ADI Arquitectura y Diseño de Interiores  
Auditorio Gota de Plata  
Autor: Juan Bernardo Dolores González  
México, 1999
- Magazine Adhoc  
Auditorio Gota de Plata  
Autor: Juan Bernardo Dolores González



## Bibliografía Digital

- @ [http://www.obrasweb.com/art\\_view.asp?cont\\_id=2904&pg=0&seccion=Ingeniería](http://www.obrasweb.com/art_view.asp?cont_id=2904&pg=0&seccion=Ingeniería)
- @ <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/dee/dee-0/cap1-4.pdf>
- @ <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/ie-temas/ie-03/ie-03dit.htm>
- @ <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/dee/dee-7/dee-7.htm>
- @ [http://www.abcontrol-ingenieria.com/PQ\\_edificios.htm](http://www.abcontrol-ingenieria.com/PQ_edificios.htm)
- @ <http://elec.itmorelia.edu.mx/armonico/Temario.htm>
- @ <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/ajnei.html>
- @ <http://www.ekoglass.com.ar/control solar.html>
- @ <http://www.bticino.com.mx/productos.asp?lonidcategoria=41>
- @ <http://agamenon.uniandes.edu.co/~revista/articulos/edificio.html>
- @ <http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica98.html>
- @ <http://www.pantallasled.com.mx/acerca.html>
- @ [http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7\\_OPTATIVAS/LAU/LAU5\\_alumexteror/LAU52\\_tipolamp/LAU524.htm](http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7_OPTATIVAS/LAU/LAU5_alumexteror/LAU52_tipolamp/LAU524.htm)
- @ <http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualelectricos.html>
- @ [http://pqinsel.com/calidad\\_energia.htm](http://pqinsel.com/calidad_energia.htm)
- @ <http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/31.htm>
- @ <http://www.arqhys.com/contenidos/lamparas-uso.html>
- @ [http://www2.csostenible.net/es\\_es/tclave/energia/sistemas/Pages/illuminacionnatural.aspx](http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/energia/sistemas/Pages/illuminacionnatural.aspx)
- @ <http://www.imcyc.com/revista/2000/junio2000/iluminacion4.htm>
- @ <http://www.cepis.org.pe/plataforma/arquitectura/clase43/clase43.htm#Disenodelaventilacionnatural>
- @ <http://www.cepis.org.pe/plataforma/arquitectura/clase63/clase63.htm#Lucernarios>



- @ <http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/010919020336.html>
- @ <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/cursond/clase2.htm>
- @ <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/cursond/clase4.htm>
- @ <http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/pdf/guiahorroener.pdf>
- @ <http://www.pilkington.com/applications/products/the+americas/argentina/spanish/bybenefit/solar+control/default.htm>
- @ <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index.html>
- @ [http://obrasweb.com.mx/art\\_view.asp?seccion=CONSTRUCCIONES&revista=403](http://obrasweb.com.mx/art_view.asp?seccion=CONSTRUCCIONES&revista=403)