

41126
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

**“TEORÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE
LAS FUENTES NO INTERRUMPIBLES DE
VOLTAJE (UPS); ASÍ COMO SU APLICACIÓN
EN SISTEMAS DE REDES DE
ORDENADORES”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
P R E S E N T A:
EDUARDO JAVIER ELVIRA ISIDRO

ASESORA: ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ

MÉXICO

OCTUBRE 2003

4



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS
EDUARDO JAVIER ELVIRA ISIDRO

**AGRADEZCO A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA POR A VER ME DADO
LA LUZ DEL CONOCIMIENTO PARA PODER TERMINAR MI
CARRERA**

**A MIS PADRES POR DARME LA VIDA Y FORMARME EN UN
HOMBRE DE BIEN**

**A MIS HERMANOS POR APOYARME Y SOPORTARME DURANTE LA
CARRERA**

**A MI TIA GUILLERMINA Y MEMO POR CREER EN MI Y DARME SU
CONFIANZA**

**A MIS MAESTROS POR FORMAME PARA SER UN HOMBRE DE
TRIUNFO**

Y A MI MUJER POR ESTAR EN TODO MOMENTO CONMIGO

GRACIAS Y DIOS NOS BENDIGA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B



UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

EDUARDO JAVIER ELVIRA ISIDRO
Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela; y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO:
"TEORÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LAS FUENTES NO INTERRUMPIBLES DE VOLTAJE (UPS); ASÍ COMO SU APLICACIÓN EN SISTEMAS DE REDES DE ORDENADORES"

ASESOR: Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 16 de junio de 2003.

LA DIRECTORA

L. Turcott González

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
C p Asesor de Tesis

LTG/AIR/IIa

R

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

C



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN – UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0680/2003.

ASUNTO: Revisión Previa de Tesis, antes
de autorizar su Impresión.

M. en C. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ (ASESOR)
ING. JESÚS NÚÑEZ VALADÉZ
ING. NOÉ GONZÁLEZ ROSAS
ING. SERGIO RAMÍREZ RAMÍREZ
ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO

En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de tesis titulado:
"TEORÍA DE OPERACIÓN Y CONTROL DE LAS FUENTES NO
INTERRUMPIBLES DE VOLTAJE (UPS); ASÍ COMO SU APLICACIÓN EN
SISTEMAS DE REDES DE ORDENADORES", del alumno: EDUARDO
JAVIER ELVIRA ISIDRO con número de cuenta: 08603625-6.

Esto con el fin de que sea revisada por usted, y nos dé su evaluación y
comentarios por escrito, mismos que le pido me haga llegar a la brevedad
posible.

Agradezco de antemano su colaboración y aprovecho la oportunidad para
enviarle un cordial saludo.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Estado de México, el 1 de Julio de 2003.
EL SECRETARIO TÉCNICO

ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA



C.c.p. Alumno.
JLGE/amce.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2

INTRODUCCIÓN.

Parafraseando al lema Olímpico de "más veloz, más alto, más fuerte", el sistema de energía de "cualquier lugar", podría describirse como "más barato, limpio y fiable". Estos pequeños sistemas domésticos representan un cambio radical respecto a la filosofía de generación de electricidad de "cuanto más grande, mejor", que ha prevalecido a lo largo del primer siglo de la industria eléctrica, y cuya culminación son las carísimas y gigantescas centrales nucleares y termoeléctricas de carbón, que proporcionan la mayor parte de la electricidad mundial. Hoy, una confluencia de fuerzas tecnológicas, políticas y ambientales dan nueva vida a un viejo concepto: *La producción de energía de forma descentralizada y a pequeña escala.*

Durante los próximos años, los fabricantes planean introducir varios nuevos sistemas generadores a escalas inimaginables hace sólo unos pocos años. Los *Motores Stirling* (motores que obtienen la potencia de un gas encerrado a alta temperatura), las microturbinas, las pilas de combustible (también llamadas células de combustible) y otros dispositivos, pueden ser instalados en tamaños adecuados para producir electricidad en hoteles, escuelas, hospitales, oficinas, pequeñas empresas e incluso viviendas.

El más pequeño de estos sistemas tiene una potencia de sólo 2 kilovatios, quinientas mil veces menos que la potencia instalada de una sola central nuclear. El cliente comercial medio en los Estados Unidos de América, necesita unos 10 kilovatios de potencia y el usuario doméstico apenas 1,5 kilovatios, por lo que la nueva generación de tecnologías se adapta perfectamente al mercado.

E.F. Schumacher no debió pensar específicamente en la microenergía cuando defendió que "lo pequeño es hermoso", pero hoy los pequeños generadores de electricidad son sin duda limpios, eficientes y baratos. Las nuevas tecnologías emiten niveles de contaminación atmosférica, incluyendo el dióxido de carbono que contribuye al cambio climático, inferiores entre un 70 y un 100 por ciento a los sistemas convencionales, porque son alimentados por gas natural o energías renovables y también porque son más eficientes.

Y dado que se instalan allá donde se consume la electricidad, el calor desechado por los microgeneradores puede aprovecharse, con lo que se obtienen eficiencias térmicas del 80 al 90 por ciento, comparadas con el 30 por ciento típico de los actuales sistemas centralizados de generación de electricidad.

El cambio a pequeños sistemas de generación tiene otras ventajas. La electricidad producida localmente reduce la demanda de los sistemas de transmisión, y proporciona más fiabilidad cuando las líneas de distribución locales se cortan a causa del mal tiempo u otros problemas. La mayoría de las industrias y servicios vitales como bancos y hospitales están muy automatizados, y el corte de la electricidad incluso durante breves instantes puede causar grandes pérdidas económicas. La generación local también da a los consumidores que lo desean una sensación de independencia de las instituciones económicas distantes.

El advenimiento de los pequeños sistemas de producción de electricidad puede ser aún más importante para el mundo en desarrollo, donde las redes de distribución son más vulnerables a los cortes frecuentes, y en donde la construcción de costosas centrales y redes de distribución ha agravado la deuda externa, y aún hoy unos 2,000 millones de personas carecen de electricidad. La microenergía puede reducir el coste de proporcionar servicios básicos a la creciente población urbana. En las áreas rurales, las nuevas tecnologías pueden permitir el desarrollo de sistemas aislados de electricidad para las poblaciones, sin necesidad de extender las costosas redes de distribución.

En un número especial de agosto de 1999 de la revista *Business Week* titulado "21 Ideas para el Siglo XXI", las centrales locales, incluso "personales", encabezan la lista. De hecho, la industria de energía eléctrica comienza el nuevo siglo con un período de efervescencia que no se vivía desde hacía un siglo, en sus primeros tiempos. El entusiasmo empresarial ha atraído el interés de multinacionales gigantes como *BP Amoco* y *General Electric*.

A dónde llevará todo esto aún es incierto. A corto plazo, la liberalización, reestructuración y la reforma de la industria de energía eléctrica marcará el paso del cambio ahora en marcha en muchos países. Las nuevas reglas determinarán la mayor o menor apertura de los mercados a los nuevos y pequeños competidores. Cabe esperar una fuerte resistencia por parte de los monopolios, pero al igual que ocurrió con la reestructuración de las telecomunicaciones, su resistencia se debilitará con el tiempo.

Es imposible saber si dentro de dos décadas el 30, 50 ó 80 por ciento de la electricidad provendrá de los pequeños sistemas, o cuáles serán las implicaciones de la nueva era de "independencia energética". Pero una cosa es cierta: El futuro de la electricidad es improbable que se parezca al pasado reciente.

1.- Máquinas Miniaturizadas.

Al alba de la era eléctrica a finales del siglo XIX, Thomas Alva Edison previó un sistema descentralizado, con numerosas empresas pequeñas compitiendo por instalar generadores cerca del punto de consumo. Dado que los cables de distribución de electricidad eran todavía raros, la Compañía de Iluminación Eléctrica Edison centró la mayor parte de sus primeros negocios en instalar generadores en pequeñas fábricas, comercios, hoteles y viviendas.

En 1888, Edison había instalado 1.700 pequeñas centrales. A comienzos del siglo XX, más de la mitad de la electricidad en los Estados Unidos de América, era autoproducida por industrias que aprovechaban el calor residual y vendían la electricidad sobrante a los clientes cercanos.

Sin embargo, los primeros generadores pequeños eran ruidosos, contaminantes y poco fiables. Estos problemas, junto con los progresos de las turbinas de vapor, transformadores y la corriente alterna, llevaron al desarrollo de sistemas más grandes, baratos y centralizados, localizados cada vez más alejados de los lugares de consumo.

Al aumentar la demanda y bajar los precios, la industria eléctrica se transformó en un "monopolio natural", para evitar duplicaciones desfilfarradoras de equipos, y las industrias dejaron de autoproducir para pasar a adquirir la electricidad a las empresas del sector, que en 1970 proporcionaron más del 90 por ciento de la electricidad mundial.

El tamaño de las plantas "tocó techo" en los años setenta. Sin embargo, las preocupaciones ambientales, la crisis de energía y las inversiones multi-billonarias en dólares en las centrales nucleares llevaron a muchos a cuestionar la bondad del paradigma de la planificación centralizada del sector eléctrico.

En los años ochenta, la tendencia hacia grandes centrales se invirtió, al entrar en el mercado las pequeñas turbinas de gas producidas en serie. El tamaño medio de las nuevas centrales en Estados Unidos cayó de 600 Megavatios hacia 1985, a 100 Megavatios en 1992 y sólo 21 Megavatios en 1998.

Sin embargo, las recientes evidencias sugieren que la reducción del tamaño apenas ha comenzado. En los últimos cinco años se ha asistido a la aparición de una nueva generación de minúsculas tecnologías energéticas que son muy inferiores en tamaño a los grandes generadores que hoy son el soporte principal de la industria eléctrica.

Como reflejo de los avances en la metalurgia, materiales sintéticos, electrónica y en otros campos, estos dispositivos abarcan un amplio espectro de tecnologías y van desde la mejora de la combustión interna a generadores basados en procesos electroquímicos y fotoeléctricos. Aunque la microelectricidad es a menudo relativamente costosa comparada con las centrales convencionales, es probable que los precios caigan rápidamente a medida que las tecnologías maduran y se produzcan en serie.

Las tecnologías micro son aquellas de menos de 10 Megavatios (10,000 Kilovatios). Estos tamaños son lo bastante pequeños como para ser conectados a los sistemas de distribución locales de baja tensión, sin requerir la conexión a la red de transmisión de alta tensión, y pueden instalarse en la mayoría de los edificios comerciales y residenciales.

Un sistema de esta escala es lo bastante pequeño como para ser fabricado en unidades modulares y transportado en un sólo contenedor por camión o ferrocarril al sitio donde se localizará. La instalación a menudo sólo lleva unas pocas horas o menos. Estas características contrastan con las grandes centrales de los años ochenta, que no se pueden beneficiar de la producción en serie y deben ser construidas en el sitio a lo largo de periodos que a veces superan una década.

El último avance de la microelectricidad es un pequeño aparato que emplea un motor diesel, muy parecido al de los camiones y autobuses y que durante décadas ha proporcionado electricidad para aplicaciones no conectadas a la red. Junto a los mercados tradicionales, estos sistemas comienzan a instalarse de forma modular y sobre la base de generadores de gas natural en edificios comerciales y residenciales.

Dado que ya son producidos en masa por numerosos fabricantes, como *Caterpillar*, *Detroit Diesel* y *MAN*, su coste apenas llega a los 600 dólares por kilovatio, y se apoya en una extensa red de empresas de venta y mantenimiento en algunos países. El mercado mundial de generadores diesel se duplicó entre 1990 y 1997, y según una estimación anualmente se venden 35 Gigavatios.

La eficiencia de estos generadores productores de electricidad va del 20 al 45 por ciento, dependiendo del tamaño de las plantas que van de 5 a 10,000 Kilovatios. La mayoría de estos generadores tienen intercambiadores, que permiten aprovechar el calor residual (lo que se conoce como cogeneración), para agua caliente, calefacción o calor de procesos industriales, aumentando la eficiencia total del sistema al 80 por ciento ó más. *Waukesha* y *Caterpillar*, por ejemplo, ofertan generadores de 25 Kilovatios apropiados para pequeñas aplicaciones comerciales como restaurantes de comida rápida.

Algunos fabricantes producen unidades que usan tanto la electricidad como el calor residual para operar sistemas de refrigeración.

Los sistemas locales basados en motores de combustión interna que funcionan con gas natural emiten contaminantes a la atmósfera, principalmente óxidos de nitrógeno, uno de los principales componentes de la contaminación urbana. Para reducir éstos, a los niveles estrictos requeridos en muchas áreas urbanas, los ingenieros han adaptado los dispositivos de "llama delgada" y los convertidores catalíticos, ampliamente usados en los automóviles, a los usos estacionarios.

Aún aumentando su coste, siguen siendo competitivos con las centrales tradicionales. El ruido, que generalmente no es un problema en los establecimientos comerciales pero sí en algunas aplicaciones residenciales, puede suprimirse insonorizando los equipos, como ha hecho la firma canadiense *CDH District Heating* con dos plantas de 2,5 Megavatios.

Servir a miles de pequeños sistemas también plantea problemas que no tienen las grandes centrales, que pueden permitirse el lujo de tener personal de mantenimiento a tiempo completo. Como los motores de los automóviles, los generadores deben cambiar el aceite, filtros y bujías, y sus válvulas deben ajustarse cada 2,000 horas de funcionamiento.

La mayoría de los propietarios tienen contratos de mantenimiento, y sus sistemas son reparados regularmente por profesionales, como los sistemas centrales de aire acondicionado. Las revisiones completas son menos frecuentes.

Los generadores de tamaño medio tienen un coste de mantenimiento que va de 1 a 1,5 centavos de dólar por Kilovatio-Hora, lo que representa un tercio del coste total de la electricidad producida.

El desafío más inmediato a estos generadores convencionales son las microturbinas, parecidas a las que usan los aviones con motores a reacción. Las turbinas de gas dominan el mercado de producción de electricidad. Aunque las turbinas más empleadas por las compañías eléctricas son de 50 ó más Megavatios, las de tamaño medio para uso industrial ya se usan cada vez más, y empresas como *Solar Turbines* venden turbinas que van de 1 a 20 Megavatios. Los defensores creen que las microturbinas mucho más pequeñas pudieran proporcionar electricidad incluso a los ordenadores portátiles.

Las microturbinas de 15 a 300 Kilovatios se espera que sean ligeramente más eficientes que los motores mejorados de combustión interna, y considerablemente más si se aprovecha el calor residual. Su ventaja principal es su bajo coste: Con sólo dos partes móviles, en principio son fáciles de fabricar. Tienen una larga vida (quizás unas 40,000 horas de funcionamiento), y a diferencia de los motores convencionales no requieren lubricantes o líquidos refrigerantes, lo que simplifica el funcionamiento y el mantenimiento.

Emiten menos óxidos de nitrógeno que los motores de combustión interna, y tienen problemas de ruido similares, y controlables. Las microturbinas pueden utilizar más combustibles que los motores convencionales: Gas natural, gasóleo, queroseno, propano y biogás. Por ello pueden utilizarse incluso donde no hay gas canalizado.

Aunque el mercado comercial está en sus inicios, *Capstone Turbine* tiene 200 pedidos de sus unidades de 30 kilovatios y empieza a comercializar su versión de 75 Kilovatios, tras probarla en restaurantes, fábricas, panaderías y bancos, a finales de 1999. Las microturbinas son especialmente apropiadas para las pequeñas empresas, donde la potencia necesaria va de 25 a 300 Kilovatios. El Presidente de *Capstone*, el Sr. Ake Almgren, que predice una facturación de mil millones de dólares de la industria de microturbinas dentro de cinco años, estima que con un volumen de 100,000 unidades anuales, las turbinas de 30 Kilovatios podrían costar 400 dólares por Kilovatio. Las turbinas de 100 kilovatios costarían unos 200 dólares por Kilovatio, menos de la mitad que las centrales eléctricas más baratas que se construyen en la actualidad.

Otro "recién llegado" al mercado de la microenergía es el motor inventado por el ingeniero escocés Robert Stirling. Inventado en 1816, y usado de forma generalizada a finales del siglo XIX, el *Motor Stirling* ha vuelto a la actualidad gracias a un nuevo y eficiente pistón que reduce la fricción y el deterioro. Estos pistones funcionan con un gas que es calentado en una "combustión externa", un ciclo que permite que el motor sea muy pequeño y que se acomode a la mayoría de los combustibles, incluyendo los residuos agrícolas y forestales.

En una de las configuraciones, los Motores Stirling pueden ser impulsados por el calor generado por espejos parabólicos que concentran la radiación del Sol. Los generadores Stirling han logrado eficiencias de más del 30 por ciento, y son relativamente simples, silenciosos y duraderos, con vidas útiles de 30,000 a 60,000 horas de funcionamiento.

Al ser muy eficientes en tamaños pequeños, los primeros Motores Stirling en el mercado van de 30 Kilovatios a sólo unos pocos cientos de vatios. Un número importante se han instalado en regiones remotas, y varias empresas están empezando a comercializar sistemas adaptados a los usos domésticos, al muy competitivo precio previsto de unos 1,500 dólares. Una empresa noruega ha fabricado un sistema de cogeneración Stirling de 3 Kilovatios con una eficiencia del 95 por ciento. La *Stirling Technology Company* está desarrollando un modelo de 1 Kilovatio, así como sistemas no conectados a la red que van de 3 a 350 vatios.

2.- Energía Refrescante.

La tecnología micro más revolucionaria no requiere ninguna combustión y no tiene ninguna parte móvil. La pila o célula de combustible, inventada por el físico británico William R. Grove en 1839, es un dispositivo electroquímico que utiliza el hidrógeno para producir electricidad y agua. Aunque se han utilizado de forma extensa en el programa espacial de los Estados Unidos de América, las pilas de combustible generalmente se han considerado demasiado caras para su uso terrestre.

La mayoría de las pilas de combustible actuales se fabrican artesanalmente, y requieren unas caras membranas de intercambio iónico de alta tecnología y cantidades importantes de platino para catalizar las reacciones. Pero los adelantos de los últimos 10 años han permitido reducir los costes y ampliar las posibles aplicaciones. Aquellas que atraen la mayor atención son las pilas de combustible de ácido fosfórico (PAFCs en inglés), ya disponibles comercialmente, y pilas con membranas de intercambio de protones (PEM), que varias empresas prevén comercializar en los próximos años.

Las pilas de combustible tienen varias ventajas sobre los generadores de combustión. Son casi silenciosas, por lo que pueden instalarse en edificios donde el ruido es un inconveniente, como bibliotecas, oficinas y hospitales. Cuando emplean como combustible el hidrógeno, el único subproducto es el agua. La mayoría de las pilas de combustible comerciales producirán inicialmente el hidrógeno a partir del gas natural, usando un procesador de combustible que produce algunos óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, pero en cantidades más bajas que la mayoría de las otras alternativas.

Algunas pilas de combustible pueden construirse en tamaños lo suficientemente pequeños como para proporcionar electricidad a aparatos electrónicos como portátiles o teléfonos móviles. Al carecer de partes móviles, son más fiables que las centrales convencionales y requieren poco mantenimiento.

El principal desafío de las pilas de combustible es reducir su alto coste actual. Las actuales pilas de combustible de ácido fosfórico de 200 Kilovatios en el mercado se usan en varios cientos de edificios comerciales y subestaciones de energía eléctrica. Su coste asciende a 3,500 dólares por Kilovatio, por lo que están en fase de demostración, y sólo tienen sentido económico para impedir cualquier interrupción del suministro eléctrico.

Las empresas tratan de reducir el coste de las pilas de combustible con el desarrollo de nuevos diseños y el empleo de materiales más baratos, y con planes para producir en serie los dispositivos electroquímicos. Según una estimación, hay 85 organizaciones investigando las pilas de combustible con membranas de intercambio de protones.

Las perspectivas comerciales de las pilas de combustible pueden verse aceleradas por algunas de las mayores empresas automovilísticas mundiales. *Daimler Chrysler*, *Toyota*, *Ford* y *Volkswagen*, son algunas de las empresas que han proclamado a las pilas de combustible como las probables sucesoras de los motores de combustión interna; por lo menos las cuatro citadas prevén tener automóviles con pilas de combustible en las ferias del año 2004.

La investigación de las compañías automovilísticas se centra en las pilas de combustible con membranas de intercambio de protones, desarrolladas por *Ballard*, una pequeña empresa de Vancouver, en *British Columbia* (Canadá). *Daimler Chrysler*, por ejemplo, tiene un acuerdo de 500 millones de dólares de producción conjunta con *Ballard* de "motores" de pilas de combustible cerca de sus fábricas en Stuttgart (Alemania). Se están desarrollando sistemas mayores para usar el hidrógeno en autobuses urbanos, que están siendo probados en Chicago y en otras ciudades.

Las pilas de combustible con membranas de intercambio de protones desarrolladas para el transporte pueden adaptarse fácilmente a un amplio rango de usos comerciales y residenciales. De hecho, tales pilas de combustible serán competitivas para muchas aplicaciones del sector eléctrico antes de que sean producidas en serie.

Las pilas de combustible fijas durarán más, y producirán el hidrógeno a partir del gas natural, y su coste es probable que sea inferior a 2,000 dólares por Kilovatio en unos pocos años. Las mayores empresas de equipos eléctricos están trabajando por desarrollar el mercado de las pilas de combustible, incluyendo a *General Electric* en Estados Unidos, *Alsthom* en Francia, *Ebara* en Japón y *Siemens* de Alemania, algunas asociadas a empresas pequeñas como *Ballard* y *Plug Power*.

Su atención actual es el mercado comercial comprendido entre 100 y 300 Kilovatios, y en particular para instalaciones que necesitan electricidad y calefacción o refrigeración durante gran parte del día. A las instalaciones mayores les basta con conectar varias de estas unidades modulares.

Es probable que el mercado residencial para las pilas de combustible surja al principio en pequeños nichos, y se extenderá posteriormente una vez que los precios caigan por debajo de los 500 dólares por Kilovatio. Una pila de combustible experimental del tamaño de un lavavajillas se instaló en una vivienda en Nueva York en 1998.

Igualmente radicales son las tecnologías a pequeña escala basadas en el Sol y en el Viento. Las mejoras técnicas durante las dos últimas décadas han reducido los costes de los aerogeneradores eólicos y las células fotovoltaicas, convirtiéndolas en las fuentes de energía con un crecimiento más rápido en el mundo en los años noventa.

La energía eólica, una tecnología que surgió en su forma moderna en los años ochenta, generalmente consiste en un aerogenerador con tres palas apuntando hacia el viento. Aunque en los inicios del mercado comercial de la energía del viento las máquinas eran de menos de 50 Kilovatios, los aerogeneradores han ido aumentando su tamaño, aunque la industria eléctrica en general lo ha reducido. Los modelos comerciales más populares hoy van de 600 a 1,000 Kilovatios, y varios modelos entre 2 y 3 Megavatios están a punto de comercializarse.

Muchos proyectos conectados a la red consisten en numerosos aerogeneradores juntos, en los llamados "parques eólicos", pero en Alemania y Dinamarca, dos de los mayores productores eólicos del mundo (ocupan el primer y tercer lugar respectivamente), la mayoría de los aerogeneradores se localizan de forma aislada o en pequeños grupos, conectados directamente a los sistemas locales de distribución de electricidad.

El coste de los aerogeneradores, que generalmente van de un tamaño de 600 Kilovatios a 3 Megavatios, es inferior a los 1,000 dólares por Kilovatio, siendo ya competitivos con las centrales eléctricas tradicionales en áreas donde los vientos son fuertes. A diferencia de las centrales térmicas, los aerogeneradores en general se localizan en tierras agrícolas, y sus propietarios a menudo son los agricultores o grupos de granjeros. Además, se emplean pequeños aerogeneradores para producir electricidad en las áreas rurales, incluyendo a China, donde existen más de 150,000 turbinas eólicas de 200 vatios, o poco más.

Aunque algunas regiones de Dinamarca, Alemania y España ya producen del 10 al 25 por ciento de su electricidad con eólica, y si bien la potencia instalada ha crecido a tasas anuales del 22 por ciento desde 1990, el potencial eólico global apenas se ha aprovechado. Regiones interiores como las Grandes Llanuras en Estados Unidos de América y la Mongolia Interior de China tienen recursos eólicos suficientes como para cubrir totalmente la demanda de electricidad de estos dos grandes países.

El desarrollo eólico descentralizado puede proporcionar una importante fuente de energía y generar ingresos en las áreas rurales. La cantidad de la potencia eólica desarrollada en un área dada estará determinada por la capacidad del sistema local de distribución y la disponibilidad de otras fuentes para proporcionar electricidad cuando no haya viento.

La opción a pequeña escala más versátil para producir electricidad es la célula o pila solar fotovoltaica (PV), basadas en materiales semiconductores que convierten la luz del Sol directamente en electricidad. Superando incluso a las pilas de combustible en modularidad, las células solares fotovoltaicas se usan desde hace casi dos décadas en aplicaciones no conectadas a la red, como satélites, telecomunicaciones y calculadoras manuales.

Las células fotovoltaicas comienzan ahora a entrar en el mercado conectado a la red, en la forma de tejados solares en viviendas y edificios comerciales. Éstos normalmente son sistemas de 2 a 5 Kilovatios, lo bastante grandes como para proporcionar la mitad o más de la electricidad anual de un edificio residencial, mientras que el resto proviene de la red y en determinados periodos se venden los excedentes de electricidad.

Para reducir los costes, varios gobiernos como Alemania, Japón y Estados Unidos de América, tienen ambiciosos programas de tejados solares que proporcionan ayudas financieras y asistencia técnica a las personas y empresas interesadas. Japón tiene el programa más exitoso, y cuenta ya con 25,000 viviendas con tejados fotovoltaicos. Los propietarios de los sistemas solares japoneses venden la electricidad a las empresas eléctricas al mismo precio alto que ellos pagan, recibiendo además una subvención del gobierno.

Las subvenciones gubernamentales, el crecimiento del mercado y los avances tecnológicos prometen reducir los costes en los próximos años. El mercado de las viviendas solares puede promover esta transición, dado que las tejas y ventanas fotovoltaicas pueden sustituir a veces a los costosos materiales de construcción. Las células solares fotovoltaicas también pueden instalarse a lo largo de las autopistas, sobre los aparcamientos, y encima de los edificios municipales y estaciones de transporte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.- ¿Lo Pequeño es Mejor?

En el verano de 1999 muchas personas en los Estados Unidos de América, vieron sometida a una dura prueba su fe en el sistema de distribución de electricidad, que la mayoría daban por garantizado. En Chicago, el crecimiento de la demanda de electricidad a causa de una ola de calor y el fallo de los equipos, dejó sin fluido a 2,300 empresas y a la Cámara de Comercio de Chicago en una tarde a mitad de semana.

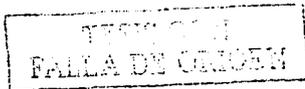
En el barrio *Washington Heights* en Nueva York, 200,000 viviendas se quedaron sin luz durante 18 horas, y varios experimentos de investigación sobre cáncer y SIDA se perdieron a causa de la pérdida de refrigeración en el Centro Médico Presbiteriano de Columbia. El alcalde de Nueva York, Rudy Giuliani, denunció a la empresa suministradora de electricidad de la ciudad y entabó un pleito para recuperar las pérdidas económicas ocasionadas a la ciudad.

Los cortes de 1999 mostraron las consecuencias de décadas de bajas inversiones por parte de las compañías eléctricas en los sistemas locales de distribución, un abandono que puede verse exacerbado por las reducciones de costes ahora en marcha al tratar la industria de ser más competitiva. "Los apagones durante el verano mostraron claramente que tenemos graves problemas", según David Helwig, vicepresidente de *Commonwealth Edison* en Chicago. "Pero el problema no es producir suficiente electricidad, sino distribuirla".

Las debilidades de los sistemas locales de distribución apuntan a la necesidad de invertir más en el mantenimiento de las redes y transformadores, pero también al valor potencial de los pequeños generadores distribuidos por el territorio. Al producir parte de la electricidad dentro del sistema local, los generadores pequeños pueden reducir cargas en los equipos de distribución. Y en el centro de la ciudad donde las líneas son subterráneas, y su reparación requiere levantar las calles, instalar nuevos generadores pequeños es más barato que modernizar el sistema.

Así, como el envejecimiento de los equipos y de las redes de transmisión ponen en duda la capacidad de los grandes y centralizados sistemas para abordar el crecimiento de la demanda de electricidad y los fenómenos meteorológicos más extremos, la dependencia creciente de los procesos digitales e informatizados acentúa el interés por los sistemas de alta calidad, "no interrumpibles", de electricidad. Y mientras la era de la información requiere aumentar la calidad del suministro eléctrico, las nuevas tecnologías de las comunicaciones aceleran la marcha hacia un sistema más fiable y descentralizado.

En muchas zonas del mundo, la principal amenaza a la fiabilidad del sistema eléctrico es las averías locales a causa de los fenómenos meteorológicos o la sobrecarga de las líneas por un exceso de demanda. Los fallos del sistema de distribución ocasionan en los Estados Unidos de América el 95 por ciento de los apagones. En el mundo en desarrollo, estos sistemas, cuando existen, son aún más frágiles.



Mientras que las olas de calor pueden causar un aumento de la demanda de aire acondicionado tal que sobrecargue al sistema de distribución, los desastres meteorológicos, como inundaciones, nevadas copiosas o huracanes, provocan el derribo de las torres y postes que sostienen las líneas.

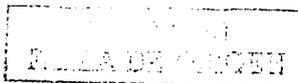
En Estados Unidos de América desde 1994 las inversiones en transmisión y distribución superan a las destinadas a la producción de electricidad; de 800 a 2,500 millones de dólares de estos gastos podrían desviarse de forma rentable a los pequeños generadores y a mejorar la eficiencia, según un informe preparado por la *Energy Foundation*.

Las empresas afectadas a menudo por los fenómenos meteorológicos extremos consideran que la electricidad es el servicio más vital, por encima del teléfono, el gas natural o el agua. Los cortes de fluido representan cerca del 40 por ciento de las pérdidas aseguradas reclamadas después de un desastre. Los pequeños sistemas se ven cada vez más como una manera de mitigar estas pérdidas.

Mientras unos 3 millones de personas quedaban sin electricidad durante el temporal de nieve de 1998 que afectó a Nueva Inglaterra, Nueva York y Québec, aquellas que contaban con sistemas eólicos no se vieron afectadas. Un residente de Nueva York, que poseía un aerogenerador con su batería, proporcionó a su comunidad duchas calientes y lavandería; la compañía de electricidad tardó 25 días en restablecer el servicio al condado.

El papel creciente de los ordenadores e Internet en la economía y el aumento de la informatización de todos los procesos productivos, hace a los usuarios más vulnerables incluso a fluctuaciones momentáneas del voltaje y a los apagones. En el pasado, tales incidentes apenas tenían importancia. Pero la mayor dependencia de los ordenadores requiere más estabilidad del voltaje: Las redes de ordenadores no pueden sufrir paradas de más de ocho milésimas de segundo, un instante tan breve que ni siquiera se consideraba un fallo. Las empresas de los Estados Unidos de América, pierden anualmente 2,600 millones de dólares a causa de los fallos informáticos.

Si los ordenadores del corazón del sistema financiero se apagan sólo por un breve momento, se pierden los datos, afectando a transacciones de millones de dólares de préstamos, tarjetas de crédito y cajeros automáticos. En 1997 el *First National Bank* de Omaha, que estima en 6 millones de dólares el coste de una hora sin electricidad, tras una caída del sistema de ordenadores a causa de un "parpadeo" del fluido, adquirió cuatro pilas de combustible, apoyadas por motores de combustión interna mejorados y volantes de inercia. Las pilas abastecen de electricidad al Centro de Proceso de Datos, y el sistema informático puede desengancharse de la red a la primera señal de inestabilidad. Las pilas de combustible emiten por unidad de energía un 45 por ciento menos de dióxido de carbono y un 95 por ciento de otros contaminantes atmosféricos, como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.



Además, los supermercados, restaurantes, empresas de seguros, hospitales y servicios postales empiezan a considerar la microelectricidad como una alternativa para evitar interrupciones costosas. El mayor sistema mundial de pilas de combustible permitirá asegurar el suministro en caso de apagón al Servicio Postal de los Estados Unidos de América en Anchorage, Alaska, proporcionando electricidad y calor; la Facultad de Medicina de Harvard está estudiando el empleo de pilas de combustible en los lugares de enseñanza y en los laboratorios.

Las industrias de alta tecnología, como la farmacéutica, química, semiconductores y biotecnología, cada vez más dependientes de los procesos industriales informatizados, son otro mercado importante. Las fábricas de chips, por ejemplo, pueden usar las pilas de combustible para asegurar el suministro de electricidad y el agua caliente.

La otra gran ventaja de los pequeños sistemas es que su impacto ambiental es menor. Hoy el 62 por ciento de la electricidad mundial proviene de los combustibles fósiles (el 38 por ciento del carbón), fuentes centralizadas de energía que pueden quemarse de forma rentable en grandes centrales térmicas. Aunque muchas de estas plantas han tratado de reducir sus emisiones con costosos equipos, todavía vierten a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes.

En los Estados Unidos de América, la producción de electricidad es responsable del 28 por ciento de las emisiones anuales de óxidos de nitrógeno, el 67 por ciento del dióxido de azufre, el 36 por ciento del dióxido del carbono y el 33 por ciento del mercurio. Globalmente, la generación de electricidad es la principal fuente de emisiones de carbono, representando más de un tercio del total.

La combinación de una eficiencia alta, superior al 90 por ciento frente al 30 por ciento de los actuales sistemas, y el uso de combustibles más limpios permite a la microenergía reducir las cargas ambientales del actual sistema de producción de electricidad. Si los Estados Unidos de América sustituyesen todo el carbón quemado en las centrales térmicas por microturbinas, pilas de combustible y fuentes renovables, podría reducir sus emisiones nacionales de dióxido de carbono en más de un 20 por ciento.

Investigaciones recientes de Amory Lovins y Andre Lehmann del *Rocky Mountain Institute (RMI)*, demuestran que la instalación de pequeños generadores próximos en tamaño y localización a los clientes tiene ventajas importantes frente a las grandes centrales, aumentando el valor de la electricidad producida. La diferencia de costes es lo bastante grande como para que incluso las caras células fotovoltaicas sean competitivas en numerosas aplicaciones. La investigación del RMI identifica más de 70 razones por las que las pequeñas centrales proporcionan beneficios económicos y ambientales adicionales.

Durante décadas, las compañías eléctricas han insistido en que la fiabilidad de la red dependía de mantener un control centralizado del sistema. Permitir que los consumidores gestionen miles de generadores garantizaba el caos. Un número creciente de especialistas, sin embargo, defiende hoy lo contrario: Un control más descentralizado y disperso es más flexible que un sistema jerárquico y centralizado.

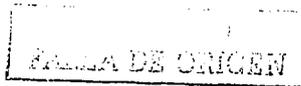
Tal sistema podría evolucionar de forma semejante a los sistemas biológicos elásticos, como los ecosistemas o el cuerpo humano, que descentralizan el control en lugar de basarse en una jerarquía centralizada. Al igual que el cerebro no necesita rastrear cada proceso corporal para que el sistema funcione, las redes de distribución de electricidad tampoco necesitan un mando central a través de cual fluya toda la información.

Las innovaciones en electrónica, tecnologías de información y dispositivos de almacenamiento, hacen más fácil la conexión a la red de los pequeños sistemas (o les permite seguir desconectados), mientras mejora la capacidad de la red para ajustarse a los "picos" de la demanda y a las fluctuaciones del sistema. El resultado puede ser una red más "omnidireccional", frente a la tradicional unidireccionalidad de la central al consumidor final. Como en Internet, semejante sistema de energía estaría "controlado" por miles e incluso millones de empresas e individuos que aceptan unas reglas comunes.

Los progresos de la electrónica, incluyendo la miniaturización de los chips, cables y sensores, permiten conectar, invertir y controlar los flujos de electricidad de forma distinta a la anterior: Los microprocesadores, por ejemplo, pueden recoger datos de las demandas de electricidad de los edificios automatizados y de las operaciones industriales. Los adelantos en los equipos de inversión permiten pasar de corriente continua a alterna (o viceversa) a un coste razonable, sincronizando los pequeños generadores con la red, y aislándolos cuando falla, manteniendo la fiabilidad del sistema, a la vez que permiten a los empleados reparar con seguridad las líneas y los transformadores.

A largo plazo, la confluencia de las tecnologías de las comunicaciones y de la electricidad puede conducir a una red "inteligente" y digitalizada que permita a todas las partes del sistema responder conjuntamente a sus necesidades, desde las grandes centrales y microgeneradores a los transformadores, líneas de transmisión, e incluso los aparatos eléctricos individuales. Controlado por ordenadores, semejante sistema podría responder instantáneamente a cualquier problema, maximizando la eficiencia del conjunto.

El propietario de un frigorífico, por ejemplo, con los adecuados equipos de control y comunicaciones podría, a cambio de una pequeña reducción en su factura mensual, permitir que la empresa eléctrica le corte la electricidad al motor eléctrico del refrigerador durante breves momentos, cuando la demanda en la red global sea alta.



Esto ahorraría dinero a los consumidores y mejoraría la fiabilidad. Igualmente una señal enviada desde el ordenador central de la empresa de distribución de electricidad a la pila de combustible del consumidor podría activarla cuando sea necesaria para abastecer al barrio.

Las tecnologías dispersas de almacenamiento también pueden ayudar a que las microcentrales se incorporen a la red, permitiendo que las fuentes intermitentes proporcionen electricidad de una manera más regular, independientemente de si sopla el viento o brilla el Sol. Los volantes de inercia, las baterías y los súper condensadores, son algunos de los dispositivos que se están desarrollando para los propósitos de almacenamiento. Una opción muy prometedora es producir hidrógeno con la electricidad generada en los tejados fotovoltaicos cuando brilla el Sol, y posteriormente emplear ese hidrógeno en las pilas de combustible para cubrir las necesidades de electricidad y calor en los momentos necesarios.

Así como el motor de combustión interna estimuló la demanda de gasolina, el advenimiento de las pilas de combustible puede acelerar la creación de una red de transporte y almacenamiento de hidrógeno, una perspectiva que ha atraído el interés de empresas como *Royal Dutch Shell* y *Daimler Chrysler*.

Junto con la demanda creciente de fiabilidad, éstas innovaciones de la red contribuirán a hacer que el sistema eléctrico sea más disperso, en lo que parece ser una tendencia histórica. Durante el siglo XX, lo más parecido al sistema de la energía eléctrica fue la estructura soviética de planificación central jerarquizada. Al comienzo del siglo XXI, la electricidad va más en la dirección del modelo de Internet: Descentralizado, sin jerarquías, y más orientado al mercado.

4.- Rehacer las Reglas del Mercado.

La mayoría de los mercados eléctricos de hoy padecen todavía el legado de los monopolios garantizados por el Estado, un invento de principios del siglo XX del especulador estadounidense Samuel Insull que convenció a los gobernantes de que tal monopolio era esencial para lograr extender la red de electricidad. El imperio de Insull de empresas eléctricas, con sede en Chicago, se derrumbó bajo la Gran Depresión, pero las leyes reforzaron la tendencia hacia centrales cada vez más grandes.

Como señala Walt Patterson, del Instituto Real para Asuntos Internacionales, "Demasiado a menudo... las tecnologías inherentemente descentralizadas se encuentran jugando en campo ajeno, en el terreno de juego del sistema centralizado y de acuerdo a sus reglas."

Para que la microenergía alcance su potencial, las leyes y normas que regulan el sector eléctrico deben reformarse, eliminando las barreras que actualmente limitan su penetración.

Una de las medidas es garantizar a los pequeños generadores un precio que refleje el valor real de la electricidad que producen.

Un estudio de 1998 de la Comisión Europea mostró que la energía solar en Italia tiene un valor total de más de 10 centavos de dólar por Kilovatio-Hora, la mitad del cual corresponde a la generación y la otra mitad representa la fiabilidad añadida y el apoyo al sistema de distribución.

Dinamarca, Alemania y España han aprobado leyes que exigen que las empresas eléctricas compren la electricidad renovable a precios que van de 7 a 10 centavos de dólar por Kilovatio-Hora. Estas leyes han supuesto la instalación de más de 5,000 Megavatios de energía eólica desde mediados de los años noventa.

Japón y 29 estados de los Estados Unidos de América, igualmente, tienen leyes de "facturación neta" para la energía solar, que permiten a los dueños de los paneles fotovoltaicos vender la electricidad excedente a la red al mismo precio que les cobran las compañías eléctricas, que en el caso de Japón asciende a 23 centavos de dólar por Kilovatio-Hora.

Estas leyes se han promulgado principalmente por razones ambientales, más que para aprovechar las ventajas de las fuentes de energía dispersas. No obstante, muestran claramente la efectividad potencial de leyes simples y bien concebidas que garanticen el acceso a la red de los pequeños productores a un precio justo y estable. Precios del orden de 7 centavos de dólar por kilovatio hora podrían estimular el rápido crecimiento de la microelectricidad en la mayoría de los países.

Un informe de Junio de 1999 realizado por la *RAND Corporation* para el "Centro Pew" sobre Cambio Climático Global recomienda a los países en desarrollo que vayan más allá del simple análisis tradicional del "menor coste" para producir electricidad, un enfoque que no tiene en cuenta adecuadamente los problemas económicos del sistema de transmisión y distribución. El estudio recomienda analizar el sistema en su conjunto, una valoración que podría llevar tanto a aumentar las inversiones en infraestructuras de distribución, como en los pequeños generadores que pueden apoyar tal sistema.

En mercados competitivos, deberían requerirse análisis de los costes de distribución en todas las ofertas de nueva potencia instalada. Según el estudio, esta estrategia, junto con el uso de tecnologías que reducen las emisiones y mejoran la eficiencia del suministro y consumo de electricidad, podría satisfacer las necesidades crecientes de energía reduciendo la contaminación atmosférica local y disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono en un 42 por ciento en relación con las tendencias actuales.

Otra reforma clave es normalizar los requisitos para garantizar el acceso a la red de los micro generadores. En muchas regiones, las empresas eléctricas acostumbradas a las grandes centrales imponen un amplio conjunto de requisitos complicados e innecesarios, que suponen miles de dólares a añadir a sistemas que sólo cuestan de 3,000 a 10,000 dólares.

Estos requerimientos provienen de normas anticuadas, así como del comprensible deseo de las empresas eléctricas de no perder clientes, manteniéndolos en su estructura centralizada. Hay varios trabajos en curso para adaptar tales requisitos en los Estados Unidos de América, donde el Laboratorio de Seguridad y el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica están desarrollando normas para conectar de forma segura a la red eléctrica los pequeños sistemas solares.

Igualmente son necesarias otras políticas para impedir que las compañías eléctricas frenen injustamente el desarrollo de la microelectricidad. Hay que cambiar las reglas que impiden el acceso a la red, y debe exigirse a las empresas eléctricas que firmen contratos de "compra de electricidad" a los pequeños productores, en lugar de descorazararlos con documentos legales innecesariamente complicados.

Las cuotas adicionales, empleadas por las compañías para penalizar a los clientes que reducen sus compras de la red, deben reducirse. El estado de Massachussets, por ejemplo, ha reducido unas tasas parafiscales, empleadas para financiar el cierre de las centrales antieconómicas, a los usuarios de las fuentes de energía dispersas.

Otros obstáculos a la microelectricidad son las licencias de apertura, los permisos y autorizaciones, y las normas que regulan las emisiones, dictadas antes de que los pequeños sistemas de generación fuesen una opción real. La pequeña producción de electricidad no se tiene en cuenta en la mayoría de las normas constructivas, eléctricas y de seguridad, ni tampoco las autoridades locales están familiarizadas con estas nuevas tecnologías.

Las comunidades de propietarios en Estados Unidos de América, preocupadas por el valor de sus viviendas, a menudo impiden realizar modificaciones en los edificios ya construidos, como la instalación de tejados solares fotovoltaicos. El planeamiento urbanístico y territorial favorece el derecho a construir por encima del "derecho al Sol" de las viviendas vecinas. Las leyes ambientales en muchos países deberían ser reformadas para tomar en consideración los pequeños sistemas generadores, dada su importante contribución a la reducción de la contaminación.

Los monopolios eléctricos necesitan alguna motivación para promover los pequeños sistemas de generación. Las normas actuales retribuyen a las empresas en base a la potencia instalada o la cantidad de electricidad suministrada, por lo que carecen de todo interés en alentar la autogeneración, mas bien lo contrario. Thomas Starrs y Howard Wenger recomiendan en su informe Proyecto de Política para las Energías Renovables que los gobernantes eliminen el sistema actual, y ofrezcan a las empresas locales incentivos para promover la generación dispersa.

ENCUENTRO DE ORIGEN

Tom Casten, presidente de *Trigen Energy Corporation*, una de los principales constructores en Estados Unidos de centrales de cogeneración industrial de tamaño medio con turbinas de gas, ha recopilado toda una plétora de leyes, regulaciones, políticas y prácticas que se basan en la asunción de que las centrales productoras de electricidad son grandes y no venden el calor residual, castigando a las pequeñas centrales que combinan ambos.

A efectos fiscales la amortización de una planta de cogeneración con turbina de gas se extiende de 15 a 20 años, aunque algunas pequeñas plantas sólo duran de 5 a 7 años. Casten recomienda que tales reglas sean eliminadas o se reformen, y se complementen con estándares de contaminación y eficiencia por Megavatio.

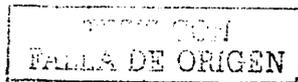
Los esfuerzos para reestructurar las leyes del sector eléctrico se enfrentan a los poderosos monopolios, que tratan de proteger las inversiones realizadas en grandes centrales. Los progresos en la reforma de esas leyes para posibilitar una nueva clase de pequeños generadores que apenas existen en el mercado actual, son muy lentos y no exentos de dificultades.

Sin embargo, al aumentar el número de empresas que invierten en estas tecnologías y crecer la implicación en el nuevo sector de las grandes compañías, así como de los millones de consumidores que desearían tener su propio sistema de producción de electricidad, los obstáculos irán desapareciendo.

En los Estados Unidos de América comienzan a surgir modelos potenciales, donde la Alianza Californiana para los Recursos Energéticos Dispersos y la Coalición Americana para la Electricidad Dispersa defienden la reforma de las normas nacionales y estatales para posibilitar su desarrollo. Estos grupos buscan crear unas condiciones mejores para la microelectricidad, de manera opuesta a la de Samuel Insull: En lugar de luchar por el monopolio y la consolidación individual, pretender crear una red para presionar a favor de la descentralización y la competencia justa.

5.- Ritmo y Alcance.

Sobresaliendo sobre *Times Square* en Nueva York, un nuevo "rascacielos verde" de 48 plantas tiene cubiertas con células solares las fachadas orientadas al sur y al este. En el sótano del edificio hay dos pilas de combustible de 200 Kilovatios que producen electricidad y agua caliente. Además incorpora otras medidas de ahorro, como una iluminación eficiente y ventanas aislantes, con el resultado de reducir las emisiones de gases de invernadero en un 40 por ciento respecto a un edificio tradicional.



La existencia de una muestra tal de microelectricidad en uno de los centros financieros mundiales, a pocas manzanas de la primera central eléctrica de Thomas Edison en *Pearl Street*, es una vuelta a los orígenes en todos los sentidos.

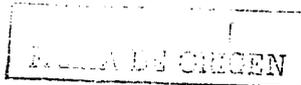
Todavía muchos analistas son escépticos de que la producción en serie de pequeños generadores puede representar una alternativa viable a las grandes centrales. Hubo dudas similares entre los dueños del ferrocarril cuando aparecieron los primeros automóviles, y entre los fabricantes de grandes ordenadores frente a los primeros ordenadores personales. Esta por ver si los empresarios y los gobernantes aprenderán estas lecciones de la historia económica.

Un argumento utilizado contra la pequeña producción es que tales dispositivos diminutos no pueden cubrir las necesidades de electricidad de una economía moderna. La debilidad de este argumento se revela con un simple cálculo. Si la potencia media de un automóvil es de unos 100 kilovatios, la producción anual de los Estados Unidos de América, que asciende a 13 millones de nuevos automóviles y todo terrenos, equivale a 1,300 Gigavatios de nueva potencia instalada.

La potencia eléctrica total instalada en las grandes centrales de todo el territorio de los Estados Unidos de América en funcionamiento en 1998, por comparación, era de 778 Gigavatios. El parque automovilístico de los Estados Unidos de América es de más de 200 millones de unidades, cada una con su propio sistema fiable de generación de energía, y un coste de capital por Kilovatio diez veces inferiores al de las grandes centrales de electricidad.

Los últimos estudios de mercado apuntan a un crecimiento espectacular de la microelectricidad. Un informe de julio de 1999 de la Compañía de Comunicaciones Comerciales concluye que los pequeños generadores representarán "una porción significativa" de los 200 Gigavatios de nueva potencia mundial que se instalarán en el año 2003. El estudio estima que las ventas de equipos entre 1 Kilovatio y 5 Megavatios en Estados Unidos de América ascendieron a 4,200 millones de dólares en 1998, y prevé que el mercado crecerá a tasas anuales del 32 por ciento en los próximos años, superando los 16,000 millones en el 2003.

El mercado de pilas de combustible se prevé que crezca de 305 millones en 1998 a 1,100 millones para el 2003, y las microturbinas pasarán de prácticamente cero en 1998 a 8,500 millones en el 2003, alcanzando casi la mitad de las ventas en el sector de pequeños generadores eléctricos en los Estados Unidos de América.



Las previsiones de la microelectricidad en el mercado de nueva potencia eléctrica en los Estados Unidos de América para el 2010 van del 5 al 40 por ciento; un estudio predice que para entonces las pilas de combustible en base a las energías renovables representarán un mercado global de 10,000 millones de dólares. Pero el verdadero potencial puede ser mucho mayor. Los pequeños sistemas podrían sustituir a una cantidad importante de la actual potencia eléctrica instalada en el mundo industrializado, y evitarla en los países en desarrollo.

Con las políticas adecuadas, la microelectricidad podría dominar los mercados mundiales dentro de 5 a 10 años. A la larga, no es inconcebible que más de la mitad de la potencia instalada corresponda a los pequeños sistemas locales, y el resto a grandes centrales de energías renovables tales como parques eólicos y solares, haciendo innecesarias a las grandes centrales térmicas.

Joseph Iannucci de *Distributed Utility Associates*, que ha realizado cerca de 300 proyectos de producción de electricidad a pequeña escala en Estados Unidos desde 1990, ha identificado 10 "aceleradores del mercado". Concluye que si las empresas eléctricas no lideran la promoción de la producción dispersa, lo harán sus clientes, apoyados por nuevas y agresivas empresas.

A corto plazo, el crecimiento de la microelectricidad se verá condicionado por la reestructuración del sector eléctrico, el ritmo de los cierres de las centrales nucleares y térmicas de carbón, y las nuevas normativas ambientales. Algunas de las leyes y normas en Estados Unidos y Europa se elaboran teniendo en cuenta a los pequeños sistemas, pero queda mucho por hacer.

Junto a la apertura del mercado servido por la red de distribución, está otro mucho más importante para las nuevas tecnologías: Las áreas rurales del mundo en desarrollo con 2.000 millones de personas sin electricidad. En muchos casos, las energías renovables a pequeña escala compiten ya favorablemente con la extensión de las redes de transmisión a las áreas sin electrificar, tanto en términos económicos, como de fiabilidad.

Las microturbinas y los Motores Stirling que queman la biomasa local podrían proporcionar electricidad a los pueblos aislados, al igual que los aerogeneradores eólicos y las células fotovoltaicas, con el apoyo de pilas de combustible que funcionen con hidrógeno producido a partir de las energías renovables.

Las tendencias en algunos países sugieren que los países en desarrollo pueden ser los primeros en adoptar los pequeños sistemas descentralizados de producción de electricidad al margen de la red, al igual que algunos han "saltado" a los teléfonos móviles sin pasar por los fijos.

Los pequeños sistemas para las áreas remotas son ideales para tareas críticas, como fabricar hielo, desalar, purificar y bombear agua, y para electrificar escuelas rurales, clínicas de salud y microempresas.

PLANTA DE ORIGEN

Aunque los pequeños motores diesel se emplean hoy ampliamente, sus necesidades de mantenimiento y combustible, a menudo difícil de obtener, sugieren que las nuevas tecnologías serán mucho más atractivas.

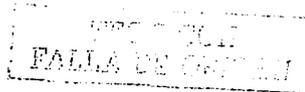
El apoyo institucional también es importante. Daniel Kammen de la Universidad de California en Berkeley, señala que los pequeños sistemas descentralizados podrían hacer más fácil a los países en desarrollo aumentar el consumo de electricidad sin deteriorar el ambiente. En el pasado, sin embargo, los pequeños sistemas han sufrido el abandono institucional, y en muchos casos, una clara discriminación. Kammen concluye que incluso modestos aumentos de las inversiones podrían obtener grandes resultados en los países en desarrollo, proporcionando energías más limpias a un coste más bajo.

Ya sea conectados a la red, o al margen de ésta, la comprensión de los beneficios de la microenergía será clave para su desarrollo. Las páginas Web, las listas de correo electrónico y las conferencias sobre los pequeños sistemas se multiplican, al igual que la presencia en los principales medios de comunicación. El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos de América, tiene un extenso banco de datos de los proyectos del pasado y un grupo de discusión online, y patrocina las conferencias Village Power junto con el Banco Mundial.

También crece la disposición entre los consumidores de Australia, Europa y Estados Unidos a pagar un pequeño sobreprecio por la "energía verde" para apoyar las inversiones en fuentes de energía limpia. En Sacramento, en California, la Compañía Municipal de Electricidad, una de las primeras en promover las fuentes dispersas, ha montado más de 450 paneles solares en los tejados de los "Pioneros Fotovoltaicos", financiado por aumentos modestos en las facturas mensuales de electricidad de los clientes.

La financiación de la microelectricidad conectada a la red no es probable que suponga grandes problemas una vez que maduren las tecnologías. El préstamo para la microcentral de electricidad de un edificio, puede incluirse en el préstamo comercial o en la hipoteca del edificio. De hecho, los países en desarrollo podrían reducir la carga financiera de la deuda externa a causa de su sistema eléctrico pasando parte de las inversiones a los constructores de nuevos hoteles, oficinas y fábricas.

Mucho más problemática es la financiación de la microelectricidad al margen de la red. Las personas de las áreas rurales necesitan financiación adecuada para cubrir los altos costes de adquirir o arrendar un sistema prohibitivo para la mayoría. Han surgido estrategias innovadoras de "microfinanciación" en Bolivia, República Dominicana, India, Sudáfrica y Bangladesh, donde el Grameen Shakti, afiliado al Banco Grameen, que desde hace más de 20 años proporciona pequeños créditos a los pobres, lleva sistemas solares y eólicos a los clientes rurales vía los pequeños préstamos.



Entidades como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y fundaciones de los Estados Unidos de América colaboran con microempresas que distribuyen, financian e instalan sistemas solares en los países en desarrollo.

Aseguradoras como *Swiss Re*, para la que la microelectricidad es una estrategia de diversificación contra las pérdidas y daños causados por los desastres meteorológicos, están explorando la posibilidad de conceder préstamos a bajo interés y a largo plazo para sistemas solares domésticos y eólicos. Gobiernos y organizaciones no gubernamentales en Estados Unidos y Europa publican guías sobre como comprar o financiar sistemas solares o eólicos, entre otros.

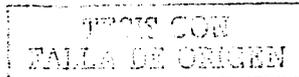
Hasta finales de los años ochenta, la electrificación solar en Kenia se reducía a unos pocos proyectos financiados por la cooperación internacional; el Programa Nacional de Electrificación Rural había conectado a la red a menos del 2 por ciento de las viviendas rurales. Pero la caída de los precios de la fotovoltaica, y los esfuerzos de organizaciones privadas y voluntarias para proporcionar información y formación, ha impulsado un importante mercado comercial con docenas de empresas de montaje, ventas, instalación y mantenimiento.

Se han vendido unos 80,000 sistemas fotovoltaicos la mayor tasa mundial de penetración de la solar fotovoltaica proporcionando electricidad a más de 200,000 personas; las ventas aumentan anualmente entre el 10 y el 18 por ciento.

De la experiencia de Kenia, los observadores extraen varias lecciones de cómo extender los pequeños sistemas de producción de electricidad. La formación y el apoyo son cruciales, pero pueden ser realizados por pequeñas organizaciones y grupos de individuos. Las subvenciones ayudan, pero no son tan necesarias como otros pasos para promover la transferencia de tecnología.

Atraer a un amplio rango de intereses comerciales es de vital importancia para sostener y ampliar el mercado de la nueva tecnología. Y las políticas gubernamentales e internacionales pueden ser valiosas, en particular cuando apoyan a los productores independientes de electricidad, bajan o suprimen los impuestos y aranceles sobre las tecnologías más limpias, y ofrecen créditos a bajos tipos de interés.

La mayor cooperación internacional podría ayudar al desarrollo de la microelectricidad. Los compromisos para frenar el cambio climático podrían acelerar la adopción de la microenergía en un número creciente de países. Otros objetivos-liderazgo tecnológico, reducción de la dependencia de las importaciones de petróleo, reducción de la contaminación atmosférica, disminución de los riesgos de la energía nuclear, nuevos mercados de exportación-también pueden motivar el apoyo a la microelectricidad.



Haciendo referencia a un mercado previsto de 10 billones de dólares para el suministro mundial de energía durante los próximos 20 años, un informe de la Casa Blanca de 1999 urge al Gobierno y a la industria a aumentar las inversiones y forjar alianzas internacionales en energías limpias. El Instituto Navtilus de California ya ha instalado tres aerogeneradores eólicos en Corea del Norte, un proyecto apoyado por el Gobierno de EE.UU. con la esperanza de disminuir las tensiones bilaterales sobre la proliferación nuclear.

La microelectricidad puede moldear el modelo de desarrollo. Al descentralizar la producción de electricidad se puede facilitar también las tendencias descentralizadoras dentro de las sociedades, fortaleciendo a las comunidades y empresas locales. También puede ayudar a reducir la corrupción desenfrenada en los contratos que afectan al sector eléctrico, como los firmados entre vendedores occidentales y empresas indonesias, y que salieron a la luz tras el colapso financiero de ese país.

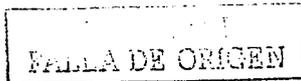
Y la microenergía puede acelerar la evolución hacia una economía de hidrógeno libre de carbono, a medida que las pilas de combustible crean una demanda creciente de hidrógeno como vector energético. Los gobiernos, las empresas y los ciudadanos preocupados por el cambio climático, comparten el interés por la realización de este cambio.

La microelectricidad tiene muchas de las características de lo que Joseph Bower y Clayton Christensen del *Harvard Business School* han llamado "tecnologías disociadoras". El término se refiere a las nuevas tecnologías como las pequeñas fotocopiadoras o los ordenadores personales con consecuencias transcendentales y que los clientes no valoran al principio. Inicialmente descuidadas por las empresas que dominan un mercado dado, y que han invertido mucho en las infraestructuras existentes, las tecnologías invasoras a menudo son desarrolladas por recién llegados que ganan las primeras posiciones y crecen rápidamente, a veces dejando de lado a los tradicionales líderes del mercado.

La pregunta clave sobre estas tecnologías no es si pueden superar a las existentes según el criterio convencional, sino si pueden cubrir las necesidades de los mercados futuros más eficazmente. Las investigaciones de mercado pueden infravalorar su potencial de forma burda. Al presidente de Polaroid le dijeron que no vendería más de 100,000 cámaras instantáneas en toda su vida, porque al principio pocos previeron los usos de las fotografías instantáneas.

Igualmente, la mayoría de los responsables del sector eléctrico no prevén un gran mercado para los pequeños sistemas de producción de electricidad. Pero las cosas cambian rápidamente, a medida que las razones ambientales y económicas ponen de manifiesto sus ventajas inherentes, y las empresas más grandes corren para mantener el ritmo de sus competidores más ágiles.

Como los atletas que "van a por el oro" en los Juegos del 2000 en Sydney, las células solares brillando débilmente en la Villa Olímpica simbolizan otra competición que tendrá ocupada a nuestra ciudad global en el nuevo milenio.



La prueba es ver cuán rápidamente podemos dejar atrás el sistema eléctrico centralizado y a gran escala como una reliquia distintiva del siglo XX, e "ir a por" el sistema descentralizado y a pequeña escala que es más barato, limpio y más fiable, y que sirve a muchas más personas en el planeta. Si esta carrera sigue cogiendo velocidad, la microelectricidad podría convertirse en un objeto más del hogar, en más de una manera.

En un conductor, como un alambre de cobre, los electrones libres son cargas que se pueden poner en movimiento con relativa facilidad aplicando una diferencia de potencial. Si entre los extremos de un alambre de cobre se aplica una diferencia de potencial de potencial, el voltaje aplicado hace que los electrones se desplacen. Esta corriente es un agrupamiento de electrones desde el punto de la carga negativa hasta la carga positiva.

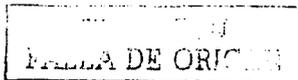
La dirección del agrupamiento de electrones es el trayecto que va desde el lado negativo de la batería y que regresa de nuevo al lado positivo pasando por el alambre. La dirección del flujo de los electrones es de un punto de potencial negativo hacia un punto de potencial positivo. La dirección del movimiento de las cargas positivas, opuesta al flujo de los electrones, se considera como el flujo convencional de la corriente eléctrica. En electricidad básica, los circuitos se analizan generalmente con base en la corriente convencional porque se consideran potenciales positivos y no negativos. Por tanto, la dirección de la corriente convencional es la del movimiento de las cargas positivas. Cualquier circuito puede analizarse por el flujo real de los electrones o por el flujo convencional en la dirección opuesta. (Abraham-Becker, 1990).

Los siguientes conceptos permitirán comprender las teorías expuestas en el Marco Teórico del presente trabajo de tesis:

1.- **Batería Química.**- Una celda química voltaica es una combinación de materiales que se utilizan para transformar energía química en energía eléctrica. Se forma una batería al conectar dos o más celdas. Mediante una reacción química se producen cargas opuestas en metales diferentes, que sirven como terminales positiva y negativa. Los metales están en contacto con un electrolito. (Frank, 1988).

2.- **Generador.**- El generador es una máquina que hace uso de la Inducción Electromagnética para producir un voltaje por medio de bobinas de alambre que giran en un campo magnético estacionario o de un campo magnético giratorio que pasa por un devanado estacionario. En la actualidad, más del 95% de la energía eléctrica del mundo es producida por generadores. (Harnwell, 1987).

3.- **Energía Térmica.**- La producción de la mayor parte de la energía eléctrica se obtiene de energía térmica. La combustión de carbón, petróleo o gas natural proporciona grandes cantidades de calor. Una vez que se dispone de energía térmica, el siguiente paso es convertirla en energía mecánica.



Se calienta agua para producir vapor, el cual se usa para mover las turbinas que impulsan los generadores eléctricos. La conversión *directa* de energía térmica en energía eléctrica aumentaría la eficiencia y reduciría la contaminación térmica de los recursos hidrológicos y de la atmósfera. (Laws, 1978).

4.- *Conversión MagnetoHidroDinámica (MHD).*- En un convertidor MHD, se ionizan gases a temperaturas muy altas, aproximadamente a 3 000°F ó 1650°C. Los gases calientes pasan por un Campo Magnético intenso produciéndose una corriente, luego los gases de escape regresan a la fuente de calor para completar el ciclo. Los Convertidores de MHD carecen de partes mecánicas móviles. (Lindsay and Margenau, 1987).

5.- *Emisión Termiónica.*- El Convertidor de Energía Termiónica es un aparato que consiste de dos electrodos en vacío. EL electrodo emisor se calienta y produce electrones libres. El electrodo colector se mantiene a una temperatura mucho más baja y recibe los electrones liberados por el emisor. (Page and Adams, 1980).

6.- *Celdas Solares.*- Las celdas solares convierten energía luminosa directamente en energía eléctrica. Consisten de un material semiconductor como el silicio, y se usan mucho más en las naves espaciales y satélites artificiales para recargar las baterías. También se utilizan en la calefacción de casas-habitación. (Ryder, 1992).

7.- *Efecto Piezoeléctrico.*- Algunos cristales, como el cuarzo y las sales de Rochelle, generan un voltaje cuando se les hace vibrar mecánicamente. Esto se conoce con el nombre de *efecto piezoeléctrico*. Un ejemplo, es el cartucho de cristal de un fonógrafo o tocadiscos, que contiene un cristal de Sal de Rochelle al cual está fijada una aguja. Al moverse la aguja en los surcos del disco, oscila de lado a lado. Este movimiento mecánico se aplica al cristal y se genera así un voltaje. (Smythe, 1995).

8.- *Efecto Fotoeléctrico.*- Algunos materiales como el zinc, potasio y el óxido de cesio, emiten electrones al incidir la luz sobre sus superficies. Este fenómeno se conoce como *efecto fotoeléctrico*. Algunas aplicaciones comunes de la fotoelectricidad son los tubos de cámaras de televisión y las celdas fotoeléctricas. (Stratton, 1991).

9.- *Termopares.*- Si se sueldan dos alambres de materiales diferentes, como el fierro y el cobre, y se calienta la juntura o unión, la diferencia en la actividad electrónica de los dos metales produce una Fuerza Electromotriz (FEM) entre ambas partes de la unión. Un termopar puede usarse para medir la cantidad de corriente, porque la corriente calienta a la unión. (Taylor, 1985).

OBJETIVO GENERAL.

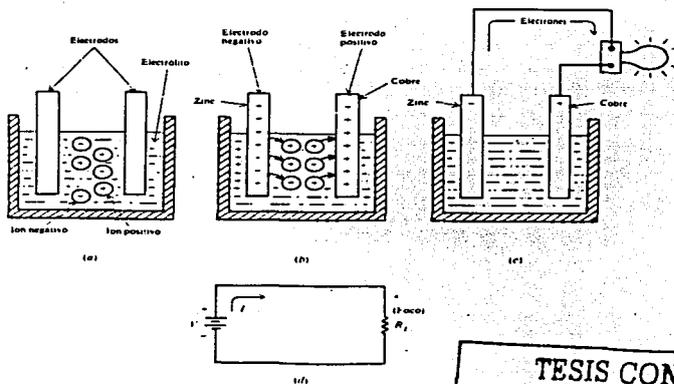
Explicar la Teoría de Operación de la Baterías utilizadas en la Fuentes No Interrumpibles Aplicadas en Sistemas de Redes de Ordenadores.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- 1.- Establecer los Fundamentos y las Características de la Baterías.
- 2.- Establecer las Especificaciones, Características y Tipos de las Baterías Recargables en General.
- 3.- Establecer las Características, Propiedades y Aplicaciones de las Fuentes No Interrumpibles (UPS).
- 4.- Establecer las Aplicaciones de los Rectificadores Utilizados en las Fuentes No Interrumpibles de Voltaje, (UPS).

CAPÍTULO I.**FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS.**1.1.- Introducción.

Una pila química voltaica es una combinación de materiales que se usan para convertir energía química en energía eléctrica. La pila química consiste de dos electrodos de distinta especie de metal o de compuesto metálico y un electrolito, que es una solución capaz de conducir una corriente eléctrica. Se forma una batería cuando se conectan dos o más celdas, véase la Figura 1.1. (Gussow, 1983).



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

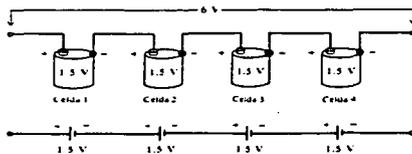
Figura 1.1.- Principal Actividad Química de una Celda Voltaica o Galvánica.

Un excelente ejemplo de un par de materiales para electrodo es el zinc y el cobre. El zinc contiene átomos en abundancia cargados negativamente, mientras que el cobre tiene abundancia de átomos cargados positivamente. La acción química se inicia cuando se sumergen en un electrolito las placas de estos metales. El electrodo de zinc acumula una carga negativa mucho mayor porque gradualmente se disuelven en el electrolito.

Los átomos que salen del electrodo del zinc están cargados positivamente y son atraídos por los iones cargados negativamente (-) del electrolito, mientras que el cobre cede electrones quedándose con exceso de carga positiva. Si se conecta alguna carga (como un foco), a las terminales en los electrodos, las fuerzas de atracción y repulsión harán que los electrones libres en el electrodo negativo de zinc, los alambres de conexión y el filamento del foco se muevan hacia el electrodo de cobre cargado positivamente. La diferencia de potencial que se produce permite que la pila funcione como una fuente de voltaje aplicado. El electrolito de una batería puede ser un líquido o una pasta. Si el electrolito es un líquido, con frecuencia se denomina a la celda *húmeda*. Si el electrolito está en forma de pasta se hace referencia a la pila o celda *seca*.

1.2.- Celdas en Serie y en Paralelo.

Cuando las celdas se conectan en serie (Figura 1.2), el voltaje total de la batería de celdas es igual a la suma de los voltajes de cada celda individual. Cuando las celdas se colocan en serie, la terminal positiva de una celda se conecta a la terminal negativa de otra. La corriente que pasa por esta batería de celdas en serie es la misma que para una celda, porque la misma corriente circula por todas las celdas en serie. (Edminister, 1995).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.2.- Celdas en Serie.

Para obtener una corriente mayor, la batería tiene las celdas en paralelo (Figura 1.3). Cuando las celdas se colocan en paralelo, todas las terminales positivas se conectan entre sí y todas las terminales negativas tienen un punto común. Cualquier punto del lado positivo puede servir como terminal positiva de la batería y cualquier punto del lado negativo puede usarse como terminal negativa.

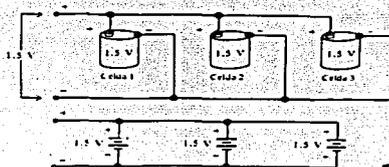


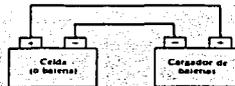
Figura 1.3.- Pilas en Paralelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La salida total de voltaje de una batería de tres celdas en paralelo es la misma que para una sola celda (Figura 1.3), pero la corriente disponible es tres veces mayor que para una celda. La conexión en paralelo tiene el mismo efecto que aumentar el tamaño de los electrodos y la cantidad de electrolito en una sola celda, lo cual aumenta la capacidad corriente. Las celdas idénticas conectadas en paralelo proporcionan partes iguales de corriente a la carga. Por ejemplo, tres celdas idénticas en paralelo suministran una corriente en la carga de 270 mA, de los cuales cada una contribuye con 90 mA.

1.3.- Celdas Primarias y Celdas Secundarias.

Las *celdas primarias* son las que no pueden recargarse o alcanzar buenas condiciones después que el voltaje de salida baja demasiado. Las celdas secas que se usan en las lámparas, los compuestos o elementos químicos que proporcionan la energía eléctrica regresen a su condición original. La recarga se efectúa al hacer circular corriente directa por la pila en la dirección opuesta a la de la corriente que proporciona la celda a un circuito. Una batería se recarga conectándola a un cargador de igual polaridad (Figura 1.4). Algunos cargadores de baterías tienen un voltímetro y un amperímetro que indican el voltaje y la corriente de carga.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 1.4.- Recarga de una Celda Secundaria con un Cargador de Baterías.

El ejemplo más común de celda secundaria es una batería de automóvil o acumulador. Las celdas y baterías secundarias son especialmente útiles para alimentar aparatos portátiles o móviles cuando se dispone de un generador para mantenerlas cargadas. Se usan celdas secundarias más pequeñas y selladas para alimentar aparatos portátiles como rasuradoras, calculadoras electrónicas, radios y receptores de televisión. Éstas se recargan fácilmente de la línea doméstica mediante sencillos cargadores de bajo costo que a menudo están incorporados en el mismo aparato.

1.4.- Tipos de Baterías.

1.4.1.- Batería de Plomo y Ácido.

La batería de plomo y ácido consiste en cierto número de celdas de plomo y ácido. Cada celda tiene dos grupos de placas de plomo; un grupo es la terminal positiva y el otro la negativa. Todas las placas positivas están conectadas por medio de una tira conectora (Figura 1.5). Las placas negativas están *alternadas* o *entrelazadas*, de manera que haya una placa positiva seguida de una negativa. Entre las placas hay láminas de material aislante llamadas separadores, que hacen de madera porosa, madera perforada o fibra de vidrio. Los separadores evitan que las placas positiva y negativa se toquen y produzcan un cortocircuito, lo que destruirá la celda.

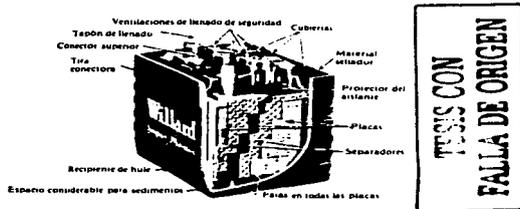


Figura 1.5.- Vista Seccionada de una Batería de Plomo y Ácido.

La placa positiva se trata químicamente para que se forme peróxido de plomo (una combinación de plomo y oxígeno) y el electrodo negativo consiste de plomo poroso esponjoso. Los dos grupos de placas con los separadores se colocan en un recipiente con una solución diluida de ácido sulfúrico y agua. El nombre *batería de plomo y ácido* hace referencia a las placas de plomo y al ácido sulfúrico que son los principales componentes de la batería.

El voltaje de este tipo es ligeramente superior a los 2 volts. Las baterías que se emplean en los automóviles modernos contienen seis celdas conectadas en serie de manera que el voltaje de salida de la batería es ligeramente mayor que 12 volts. Los automóviles más viejos, hechos en la primera mitad de la década de 1950, usaban baterías en las que se conectaban en serie tres celdas para dar un voltaje de salida ligeramente mayor que 6 volts.

El acumulador puede entregar corriente por un tiempo mucho mayor que la batería o pila ordinaria. Cuando el acumulador se descarga y resulta incapaz de proporcionar la corriente que requiere el circuito, la batería puede ser separada del circuito y recargarse haciendo pasar por ella corriente en la dirección opuesta. Una vez que la batería se ha recargado, se la puede volver a conectar en el circuito para que proporcione corriente.

En los automóviles, la batería se conecta a un aparato llamado *alternador*. Mientras el motor del auto funcione a una velocidad razonable, el alternador carga la batería y al mismo tiempo proporciona la corriente necesaria para que opere el automóvil. Sin embargo, cuando el auto funciona a baja velocidad o cuando se detiene, el alternador no gira con suficiente rapidez para proporcionar la electricidad requerida por el automóvil. Entonces la batería proporciona la energía, lo que hace que se descargue lentamente.

Cuando la batería se descarga, algo del ácido del electrolítico se combina con el material activo de las placas (Figura 1.6a). La reacción química cambia el material de ambas placas a sulfato de plomo. Cuando la batería es cargada por el alternador, ocurre la reacción inversa y el ácido que fue absorbido por las placas regresa al electrolítico (Figura 1.6b). En consecuencia, el material activo de las placas regresa a su condición original (cargada) de peróxido de plomo y plomo esponjoso y el electrolito se restaura a su concentración original.

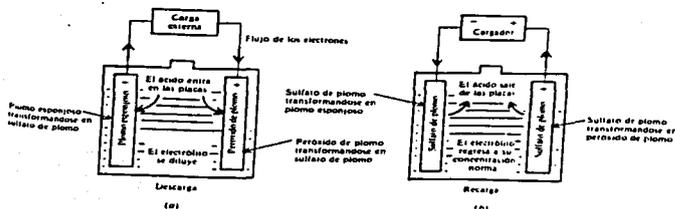


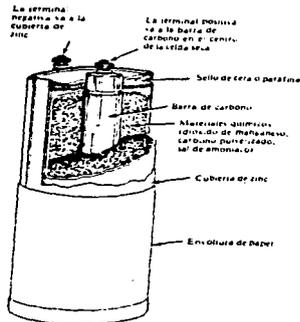
Figura 1.6.- Actividad Química en una Celda de Plomo y Ácido.

Siempre que se carga una batería, la reacción química produce hidrógeno gaseoso en las superficies de una placa y oxígeno en la otra. Estos gases suben como "burbujitas" a la superficie y escapan por el agujero de la ventilación del tapón de la celda. De esta manera pierde agua la celda al salir de ella los gases. El agua que escapa debe ser sustituida para conservar el nivel adecuado del electrolito. Siempre debe agregarse a la celda agua destilada, de lo contrario, cualquier impureza en el agua se combinará químicamente con el ácido sulfúrico en las placas y formará un compuesto estable que no tomará parte en la acción de carga o descarga de la batería.

¡CARGA CON
ELECTROLITO DE ORIGEN

1.4.2.- Celda de Carbono y Zinc.

Es el tipo de celda comercial más antiguo y de más uso. El carbono en forma de barra se coloca en el centro de la terminal positiva. La cubierta de la celda se hace de zinc; que es el electrodo negativo (Figura 1.7). Entre el electrodo de carbono y la cubierta de zinc se encuentra el electrolito, una mezcla química pastosa. La celda está sellada para evitar que el líquido de la pasta se evapore. EL voltaje de una batería de este tipo es de aproximadamente 1.5 volts.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 1.7.- Construcción de la Celda de Carbono y Zinc.

1.4.3.- Celda Alcalina.

La celda secundaria alcalina se llama así porque tiene un electrolito alcalino de hidróxido de potasio. Un tipo de batería que tiene el nombre de *batería alcalina* tiene el electrodo negativo de zinc y el positivo de dióxido de manganeso. Genera 1.5 volts. La primaria alcalina es similar en construcción a la del tipo recargable y tiene el mismo voltaje de operación (Figura 1.8). Esta celda tienen una vida mayor que la de una de zinc y carbono del mismo tamaño.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.8.- Batería Alcalina de Manganeso.

1.4.4.- Celda de Níquel-Cadmio.

En la celda seca secundaria de níquel-cadmio, el electrolito es hidróxido de potasio, el electrodo negativo es de hidróxido de níquel y el electrodo positivo es de óxido de cadmio. Su voltaje de operación es de 1.25 volts. Estas pilas se fabrican en distintos tamaños, incluyendo la forma de un botón plano. La batería de níquel-cadmio es la única batería seca que es un verdadero acumulador con una reacción química reversible, lo cual permite recargarla muchas veces (Figura 1.9).

Es de gran resistencia y ofrece un servicio confiable bajo condiciones extremas de choque, vibración y temperatura. Por consiguiente, es ideal para ser usada en equipos de radio-comunicación portátiles.

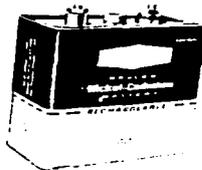


Figura I.9.- Batería de Níquel-Cadmio.

I.4.5.- Celda de Edison.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una celda secundaria más ligera y más resistente que la celda de plomo y ácido es la Celda de Edison o celda alcalina de níquel y hierro. Funciona a un voltaje sin carga de 1.4 volts. Cuando el voltaje disminuye a 1.0 volts, la celda debe recargarse. Totalmente cargada, tiene una placa positiva de níquel y una placa negativa de hierro. Al igual que la celda de plomo y ácido, la Celda de Edison también produce hidrógeno y oxígeno gaseosos. En consecuencia, el electrolito requiere ser recargado con agua destilada.

I.4.6.- Celda de Mercurio.

Hay dos tipos diferentes de celdas de mercurio. Uno es una celda plana con forma de botón, mientras que el otro es una celda cilíndrica que se parece a una batería normal de lámpara. La ventaja de la celda del tipo de botón es que varias de ellas pueden apilarse para formar una batería. Una batería común consta de tres celdas planas (Figura I.10). Una celda de este tipo produce 1.35 volts.

Las celdas y baterías de mercurio tienen una buena vida de almacenaje y son muy resistentes. Como producen un voltaje de salida constante bajo diferentes condiciones de carga aplicada, se usan en muchos productos distintos, incluyendo los relojes electrónicos, auxiliares auditivos, instrumentos de medición y prueba y sistemas de alarma.



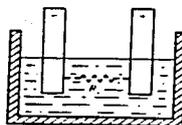
Figura I.10.- Batería de Mercurio Representativa.

I.5.- Características de las Baterías.

I.5.1.- Resistencia Interna.

Una batería es un generador de voltaje de corriente continua (c-c): Todos los generadores tienen una resistencia interna. En una celda química, la resistencia del electrolito entre los electrodos es responsable de la mayor parte de la resistencia interna de la celda (Figura I.11). Como cualquier corriente en la batería debe pasar por la resistencia interna R_L debe estar en serie con el voltaje generado V_B (Figura I.12a). Sin corriente, la caída de voltaje en R_L es cero, de manera que el voltaje completo generado V_B se aplica a las terminales de salida (Figura I.12a). Este es el voltaje a circuito abierto, voltaje sin carga o voltaje en vacío. Si se conecta una resistencia de carga R_L a la batería, R_L debe estar en serie con R_L (Figura I.12b). Cuando la corriente I_L circula en el circuito, la caída de voltaje interna, $I_L R_L$ disminuye el voltaje V_L entre las terminales de la batería, de que $V_L = V_B - I_L R_L$.

TRIP CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura I.11.- Resistencia Interna en una Celda.

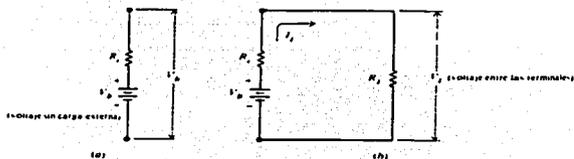


Figura I.12.- Caída $I R_i$ Interna.

1.5.2.- Densidad Relativa.

La densidad relativa de cualquier líquido es el cociente que compara su peso con el peso de un volumen igual de agua. El ácido sulfúrico tiene una gravedad específica de 1.835 porque pesa 1.835 veces lo que el agua por unidad de volumen.

La densidad relativa de la solución electrolítica de una celda de plomo y ácido varía de 1.210 a 1.300 para las baterías nuevas y totalmente cargadas. Mientras mayor sea la densidad relativa, menor es la resistencia interna de la celda y mayor será la posible corriente de carga.

Al descargarse la celda, el agua que se forma diluye el ácido y la densidad relativa gradualmente disminuye hasta aproximadamente 1.150, valor en el cual se considera que la celda está totalmente descargada. La densidad relativa se mide con un *densímetro (hidrómetro)* del tipo de la jeringa, que tiene un bulbo de hule compresible en la parte superior, un barril de vidrio y una manguera de hule en el fondo o pie del barril.

Al tomar lecturas con el densímetro, es usual omitir el punto decimal. Por ejemplo, una gravedad específica de 1.270 se lee simplemente como "mil doscientos setenta"; es decir, 1 270. Una lectura del densímetro de 1 210 a 1 300 indica una carga completa; alrededor de 1 250 es carga media y de 1 150 a 1200 es descarga completa.

1.5.3.- Capacidad.

La capacidad de una batería se especifica en Ampère-horas (Ah). La capacidad de un acumulador determina cuánto tiempo operará a una velocidad de descarga dada. Por ejemplo, una batería de 90 Ah debe descargarse después de 9 horas de una descarga promedio de 10 Amperes.

Cuando está totalmente cargada, la celda de una batería de plomo y ácido de un automóvil tiene un voltaje inicial de aproximadamente 2.1 volts sin carga, pero se descarga con rapidez. La batería está "muerta" tras unas 24 horas de descarga bajo una condición con carga externa. Sin embargo, en uso normal, este tipo de batería se recarga constantemente con el alternador del automóvil.

1.5.4.- Vida en Almacenaje.

La vida en almacenaje de una batería es el período durante el cual se puede almacenar la batería sin que pierda más que aproximadamente un 10% de su capacidad original. La capacidad de una batería es la habilidad que tiene de proporcionar cierta cantidad de corriente al circuito en el que se use. La disminución en la capacidad de una batería que se ha almacenado se debe principalmente a que se seque el electrolito (baterías húmedas) y a reacciones químicas que cambian los materiales en el interior de la celda. Como el calor estimula ambas reacciones, la vida en almacenaje de una batería puede alargarse conservándola en un lugar frío y seco.

1.5.5.- Comparación de los Diferentes Tipos de Celdas en el Mercado.

La Tabla 1.1 compara los distintos tipos de baterías o pilas que hasta ahora se han analizado.

Nombre	Voltaje	Húmeda o seca	Tipo (primaria o secundaria)	Ejemplos y características
Celda de plomo y ácido	2.2	Húmeda	Secundaria	R. muy pequeña y una alta corriente nominal; baterías de 6 y 12 V.
Celda de carbono y zinc	1.5	Seca	Primaria	Celdas en tamaños AA, A, B, C y D; baterías para linterna; precio mínimo; corta vida en almacenaje; pequeña capacidad de corriente
Celda alcalina de manganeso	1.5	Seca	De ambos tipos	Diseño de manganeso y zinc; electrolito; corrientes superiores a los 300 mA.
Celda de níquel-cadmio	1.25	Seca	Secundaria	Electrolito de hidróxido, voltaje constante; reacción química reversible; se usan en linternas y herramientas portátiles recargables
Celda de Edison	1.4	Húmeda	Secundaria	Níquel y hierro en hidróxido; aplicaciones industriales.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 1.1.- Tipos de Celdas en el Mercado.

CAPÍTULO II.ESPECIFICACIONES Y TIPOS DE BATERÍAS EN GENERAL.II.1.- Energía Química y Fuerza Electromotriz (FEM).

Cuando una pila eléctrica o una batería de acumuladores forma parte de un circuito cerrado, se produce una corriente. Puede hacerse que esta corriente realice trabajo mecánico o desarrolle calor, procediendo ambas energías de la energía química presente inicialmente en el interior de las baterías. En el circuito eléctrico se produce una Fuerza Electromotriz (FEM) de origen químico por transformación de energía química en eléctrica.

La energía química es consecuencia de las fuerzas existentes entre los átomos que forman las moléculas. A causa de estas fuerzas, las moléculas producidas en una reacción química pueden tener una energía potencial menor que los productos iniciales de la reacción. En una reacción de esta naturaleza, una parte de la energía se libera en forma calorífica y otra como trabajo útil. Inversamente, esta reacción sólo puede transcurrir en sentido opuesto si se suministra energía procedente de algún manantial exterior. En las reacciones que tienen lugar en las pilas eléctricas se han de considerar no sólo las fuerzas entre los distintos átomos sino también entre los átomos y sus electrones orbitales.

Estas reacciones se denominan de oxidación y reducción. En una reacción de oxidación de un átomo o un grupo de átomos pierde uno o más electrones. Las reacciones en que hay ganancia de electrones son reacciones de reducción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.2.- Potenciales de Electrodo.

Un ejemplo del proceso de pérdida de un electrón, u oxidación, tiene lugar cuando se introduce una lámina de cobre en agua pura; inmediatamente pasan a la disolución iones de cobre, (Sears, 1980). La ecuación química que representa el proceso puede escribirse como sigue:



Desde un punto de vista muy esquemático, se puede imaginar que las fuerzas atractivas de las moléculas de agua exceden a las fuerzas de cohesión que mantienen los iones de cobre en su red cristalina. En ausencia de otros fenómenos, tendría lugar un flujo continuo de iones a la disolución; pero puesto que cada ión positivo que entra en la misma deja libres en la lámina dos electrones, ésta adquiere inmediatamente un potencial negativo respecto a la disolución.

En consecuencia, los iones de la disolución son atraídos por la lámina de cobre, y cierta fracción de ellos es capturada por la lámina neutralizada. Cuanto mayor es la carga negativa de la lámina, tanto mayor es la tendencia de los iones positivos a volver a ella, y tanto menor es el número de iones que escapan a la neutralización.

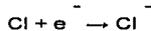
En estado de equilibrio, las cantidades iones que abandonan la lámina y vuelven a ella por unidad de tiempo son iguales y el potencial de la lámina es suficiente para producir una reacción inversa, igual a la reacción primitiva. La presencia de más iones de cobre en la disolución aumenta la velocidad de la reacción inversa y el potencial para el nuevo equilibrio del cobre respecto a la disolución depende de la concentración de iones de cobre a su alrededor.

Puesto que la velocidad de ambas reacciones es influida en distinto grado por la temperatura del sistema, el potencial de electrodo varía con la temperatura. El proceso de pérdida de electrones se verifica más fácilmente para los elementos que contienen pocos electrones en su capa externa de valencia, como ocurre particularmente para los metales y el hidrógeno.

La ganancia de electrones tiene lugar para un grupo grande de elementos cuya cubierta electrónica externa posee uno o más lugares vacíos dentro de los cuales pueden acomodarse electrones libres. Cuando se cubren estos huecos, la capa se asemeja a la del gas noble más próximo en la Tabla Periódica y se origina una configuración estable. Los átomos tienen ahora un exceso de electrones negativos y son así iones negativos. Constituye un ejemplo típico el átomo de cloro que puede captar un solo electrón negativo.

CON
FALLA DE ORIGEN

La presencia del electrón proporciona al cloro una sola carga negativa y el ión cloro resultante tiene una capa exterior completa que es análoga al de su gas noble inmediato, el argón. El proceso no está restringido a átomos aislados, sino que puede tener lugar para grupos de átomos. En el ión sulfato un solo átomo de azufre está unido químicamente a cuatro átomos de oxígeno, y el grupo tiene dos cargas electrónicas negativas. En el caso de un electrodo de cloro gaseoso, se forman iones negativos por la reacción:



en la cual se reduce el cloro. Como resultado de la reducción, el electrodo se carga positivamente y su potencial es positivo respecto a la disolución. Tanto para la reducción como para la oxidación se observa el mismo efecto de la temperatura y concentración iónica sobre el potencial de electrodo. Si el electrodo es gaseoso adquiere importancia otro factor más, que es la presión del gas.

II.3.- Pilas Eléctricas.

Cuando se introduce un solo electrodo en una disolución, forma evidentemente un solo origen de Fuerza Electromotriz (FEM). Esta FEM puede medirse siempre que se disponga de algún medio para establecer contacto con la disolución a través de un electrodo que tenga el mismo potencial que ella. En la práctica esto no es posible. La medida absoluta del potencial de un solo electrodo implica métodos especiales de precisión dudosa. Sin embargo, no se plantea ninguna dificultad práctica, porque lo que se mide ordinariamente son diferencias de potencial entre pares de electrodos.

La introducción de un segundo electrodo completa una pila eléctrica. La FEM de la pila está determinada en parte por la diferencia entre las fuerzas electromotrices que proceden de los electrodos. Estas fuerzas electromotrices dependen de la naturaleza de los electrodos, de las concentraciones iónicas en el espacio que los rodea, de la temperatura y, en casos especiales, de la presión. En ciertas pilas hay un origen adicional de FEM.

Lo mismo que se produce una diferencia de potencial entre un electrodo y una disolución, se presentan también diferencias de potencial en el contacto de una disolución con otra. Este efecto es particularmente acusado cuando una disolución concentrada está en contacto con una diluida, y los iones positivos y negativos son de tal naturaleza que se difunden con una diferencia de velocidades considerable.

Puesto que la FEM de una pila sin tal contacto líquido es la diferencia de las fuerzas electromotrices de los electrodos, se puede formar un tipo particular de pila con una FEM neta manteniendo idénticos todos los factores que afectan a los dos potenciales de electrodo, menos uno. Una de las pilas más interesantes de este tipo es aquella en la cual ambos electrodos son del mismo material y sólo varían las concentraciones de los iones alrededor de los electrodos.

Estas pilas son importantes en el estudio de la corrosión. El lector de este trabajo puede imaginar fácilmente un gran número de pilas distintas que varían sólo o a la vez, en la naturaleza de los electrodos, las concentraciones alrededor de éstos, las temperaturas de los mismos y otros factores que afectan a los potenciales de electrodos individuales.

II.4.- Electrodo de Hidrógeno.

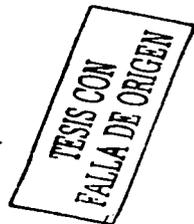
Es un tipo muy importante de pilas, uno de los electrodos se compone de gas hidrógeno a la presión de una atmósfera. La solución tiene una concentración molar de iones hidrógeno igual a la unidad. Se permite que burbujee hidrógeno sobre un electrodo de platino cubierto con platino metálico finamente dividido. De este modo puede obtenerse un contacto efectivo entre el hidrógeno gaseoso y un circuito exterior. El efecto adicional del platino finamente dividido hace que el hidrógeno esté en equilibrio con sus iones manteniéndolo absorbido en cuya forma presenta una gran superficie.

Si se combina este electrodo a 25°C con una serie de otros electrodos en contacto con soluciones de sus iones de concentración molar igual a la unidad, puede obtenerse una escala relativa de potenciales de electrodo, utilizando el hidrógeno como potencial de referencia. Esta escala está dada en la Tabla II.1, y a partir de ella, es fácil obtener la diferencia de potencial entre dos electrodos cualesquiera en contacto, a 25°C, con disoluciones de sus iones de concentración molar igual a la unidad, determinando la diferencia entre sus respectivas diferencias de potencial con relación al hidrógeno.

Electrodo	Ion	Potencial (volts)
Li	Li ⁺	-2.96
K	K ⁺	-2.92
Ca	Ca ⁺⁺	-2.87
Na	Na ⁺	-2.71
Mg	Mg ⁺⁺	-2.37
Mn	Mn ⁺⁺	-1.02
Zn	Zn ⁺⁺	-0.76
Cr	Cr ⁺⁺	-0.71
Sn	Sn ⁺⁺	-0.13
Pb	Pb ⁺⁺	-0.12
H ₂	H ⁺	0.00
Cu	Cu ⁺⁺	+0.34
Ag	Ag ⁺	+0.822
Cl ₂	Cl ⁻	+1.36
F ₂	F ⁻	+2.85

* Para otros potenciales consulte LA TERCERA EDICIÓN DE
Potentials Data, by International Chemistry, I. J. Frenkel y G. S. G. S. G.
Revisado por estos autores en respuesta al autor de esta obra.

Tabla II.1.- Potenciales de Electrodo.



II.5.- Cálculo de Fuerzas Electromotrices.

Aplicando métodos termodinámicos es posible obtener una ecuación para la diferencia de potencial de una pila eléctrica en condiciones de equilibrio. En el estudio que se va a efectuar se dará una forma simplificada que sólo es aplicable a pilas sin contactos líquidos internos y en las cuales los electrodos son metales puros a y b sumergidos en disoluciones muy diluidas que sólo contienen los iones respectivos. Sea V_{ab} la diferencia de potencial entre los bornes o terminales

de la pila en condiciones de equilibrio y circuito abierto. Se tiene:

$$V_{ab} = V_a^0 - V_b^0 + [(RT)/(F)] \ln [(C_a^\alpha)/(C_b^\beta)]$$

donde: V_a^0 y V_b^0 son los potenciales de electrodo molales de los metales a y b

respecto al hidrógeno que aparece en la Tabla II.1.

R es la constante de los gases perfectos (8.314 Joules/Grado-mol).

F es el Faraday (96 500 Coulombs).

T es la temperatura en ($^{\circ}$ K).

C_a y C_b , las concentraciones molales de los iones de los metales a y b .

α y β son las fracciones de los números de iones que entran o salen de la disolución a los respectivos metales a y b cuando una carga electrónica pasa a través de la pila. Se han elegido los signos de modo que cuando V_{ab} es positivo, el borne o terminal a tiene un potencial superior al borne o terminal de b .

II.6.- Concentración de Iones de Hidrógeno.

El electrodo de hidrógeno puede utilizarse para medir la concentración de iones hidrógeno. EN su forma de aplicación más sencilla se construye una pila que tiene dos electrodos de hidrógeno. Uno de ellos se introduce en una disolución 1 normal (para el hidrógeno 1 normal = 1 molar) de iones hidrógeno y el otro en la disolución de concentración desconocida. Con el objeto de suprimir uno de los electrodos de hidrógeno y simplificar el dispositivo el electrodo de potencial conocido.

Uno de los electrodos de referencia más corrientemente utilizado contiene mercurio y cloruro mercurioso saturado (calomelanos) en contacto con disolución 1 normal (1 molar) de cloruro potásico. Se le denomina *electrodo normal de calomelanos* y, a 25° C, tiene un potencial positivo respecto al electrodo normal de hidrógeno de 0.2801 Volts. Puesto que el electrodo de hidrógeno no es aplicable a determinaciones de tipo rutinario, se han ideado varios electrodos para medir concentraciones de iones hidrógeno.

El más corriente es el *electrodo vidrio*. Consiste en una membrana de vidrio muy delgada que separa una disolución cuya concentración de iones hidrógeno es conocida, de otra de concentración desconocida. El funcionamiento de su funcionamiento no se sabe con exactitud. Los instrumentos comerciales se gradúan frecuentemente en *unidades de pH*. El pH de una solución diluida es igual al logaritmo decimal de su concentración de iones hidrógeno, cambiado de signo. Como ejemplo de cálculo del pH, se puede tomar el de la sangre humana normal. La concentración de iones hidrógeno es 4×10^{-8} normal y el pH será por consiguiente 7.4.

II.7.- Pila de Daniell.

Uno de los generadores prácticos de energía eléctrica más sencillos es la pila de Daniell. Contiene un electrodo de zinc sumergido en una disolución de

iones (Zinc $^{++}$), y un electrodo de cobre sumergido en una disolución de iones de

Cobre (Cu $^{++}$). Hay presentes también iones negativos, pero no es necesario considerarlos de momento. En algunos casos ambas disoluciones están separadas por un vaso poroso y en otros por densidad. El último tipo, llamado *pila de densidad*, está representado en la Figura II.1. El voltaje máximo se obtiene preparando la pila con una concentración mínima de iones zinc en la capa superior y una disolución saturada de iones cúpricos en la inferior.



Figura II.1.- Pila de Daniell.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La saturación de la disolución de sal cúprica se mantiene por un exceso de cristales sólidos de sulfato cúprico colocados en el fondo. Cuando pasa corriente, el zinc se disuelve y el cobre se deposita sobre el electrodo de cobre. La concentración de los iones zinc en la parte superior de la pila aumenta y, por consiguiente, la FEM de la pila disminuye y gradualmente con el tiempo.

Se obtendrá alguna indicación respecto al comportamiento de los iones en la disolución considerando el funcionamiento eléctrico y químico de la Pila de Daniell recientemente preparada. En estado de equilibrio en circuito abierto las diferencias de potencial de los electrodos respecto al líquido están determinadas por la temperatura y concentración de los iones que los rodean. Aunque las dificultades experimentales impidan la determinación exacta de estos potenciales, se supondrá para el razonamiento siguiente que ambos son negativos

Puesto que el zinc es mucho más negativo respecto a la disolución que el cobre, este último se encuentra a un potencial superior al del zinc, tal como se representa en la Figura 11.2.

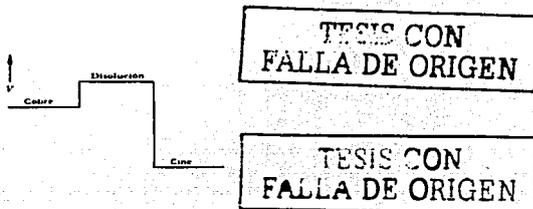


Figura 11.2.- Potenciales de los Electrodo de Cobre y de Zinc de una Pila de Daniell respecto a la Disolución.

Al introducir el electrodo de zinc, algunos iones zinc pasan a la disolución y se acumula una pequeña carga positiva alrededor del electrodo de zinc. El mismo efecto ocurre también, en menor escala, alrededor del electrodo de cobre. Cuando se ha alcanzado el equilibrio, la diferencia de potencial dentro de la disolución, producida por la introducción de los electrodos, es neutralizada por un ligero transporte de iones. Después que el transporte ha terminado, la disolución se encuentra a un potencial uniforme. Puesto que el fondo de la pila está saturado con sulfato cúprico, la concentración total de sales disueltas es mayor en el electrodo de cobre que en el de zinc. Esta diferencia de concentración obliga a los iones a difundirse desde la región de concentración elevada a la región de baja concentración.

El desplazamiento tanto de iones positivos como de iones negativos mantiene así la neutralidad eléctrica y las condiciones equipotenciales en el electrolito. En este proceso de transporte, los iones de cobre se difunden hacia arriba y pronto se producen pequeñas superficies de depósito de cobre sobre el zinc; se forman así minúsculas pilas cortocircuitadas y el zinc se disuelve rápidamente.

La pila puede cortocircuitarse estableciendo una conexión de muy pequeña resistencia entre los electrodos. Los electrones fluyen entonces en el circuito exterior desde el zinc al cobre hasta que el cobre y el zinc están al mismo potencial. Las concentraciones de iones alrededor de sus respectivos electrodos se reajustan ahora por sí mismas.

Los iones cobre se mueven hacia el cobre puesto que es ahora más negativo respecto a la disolución. Iones zinc pasan a la disolución procedentes del electrodo de zinc, puesto que es ahora menos negativo. Como resultado del cambio de concentración, se establece en la disolución un gradiente de potencial, que obliga a los iones a moverse dentro de la misma desplazándose los positivos hacia el cobre y los negativos hacia el zinc. Este estado de cosas se representa en la Figura II.3.



Figura II.3.- Potenciales del Cobre, del Zinc y de la Disolución en una Pila de Daniell Cortocircuitada.

La fracción de corriente transportada por los diferentes iones depende de su carga y de la facilidad de su desplazamiento. Los iones sulfato, negativos, del electrolito inicial se mueven de una parte bajo la influencia del campo y de otra por difusión desde la región de concentración elevada a la de la concentración baja. Como se disuelven iones de zinc en el electrodo de zinc y se desplazan hacia arriba iones sulfato, la concentración de sulfato de zinc aumenta gradualmente en la parte superior de la pila.

Los iones cobre positivos que dadas las condiciones de circuito abierto se difunden hacia arriba se encuentran ahora bajo la influencia del campo. Si la corriente es suficientemente intensa, la tendencia a difundirse hacia arriba es totalmente vencida y los iones cobre no pueden desplazarse hacia el electrodo de zinc y se depositan.

Por esta razón, resulta ventajoso mantener cerrado en todo instante el circuito exterior de la Pila de Daniell. Dado que la Pila de Daniell tiene una elevada resistencia interior, la corriente en corto circuito es pequeña. La resistencia interior procede evidentemente en parte de las fuerzas que se oponen al movimiento de los iones a través del electrolito. Para disminuir la resistencia interna se añaden frecuentemente iones extraños.

La Pila de Daniell trabaja mejor cuando funciona continuamente en un circuito cerrado de resistencia moderadamente elevada. Las condiciones de trabajo en la pila son entonces representadas en la Figura II.4.

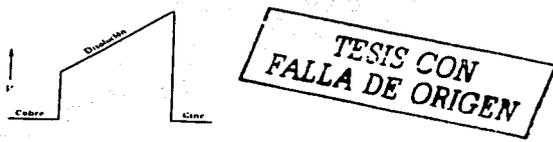
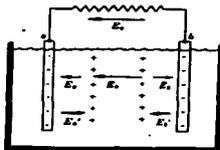


Figura II.4.- Potenciales del Cobre, del Zinc y de la Disolución de una Pila de Daniell Conectada a una Resistencia Moderadamente Elevada.

La corriente en el circuito es igual a la FEM dividida por la resistencia total (interna y externa) del circuito. La lámina de cobre se encuentra a un potencial superior a la del zinc en una cantidad igual a la caída de voltaje en el circuito exterior. EL resto de FEM se distribuye a través de la disolución y el campo resultante es menor que en la pila cortocircuitada.

La Figura II.5 muestra esquemáticamente la situación dentro de la pila. Para facilitar la representación, la distancia entre los iones y los electrodos se ha aumentado. En la práctica será muy pequeña esa distancia. E representa la parte electrostática del campo, indicada por las flechas finas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.5.- Campo Electrostático y "Campo Equivalente" en una Pila sin Conexiones Líquidas.

E' representa el *campo equivalente* que realiza trabajo sobre la carga cuando pasa a través del origen de FEM. Partiendo de a y calculando la integral curvilínea del campo total $E + E'$ a lo largo del circuito a través del electrolito, y

volviendo a a a través de la resistencia exterior, se encuentra que la FEM total procede de la sola contribución de E' a la integral curvilínea. Así;

$$\epsilon = \int E' \cos \theta \, ds = \int_a^b E' \, ds - \int_b^a E \, ds$$

Los efectos de los dos orígenes de FEM opuestos son los mismos que si las cargas se encontrasen bajo la acción de los campos equivalentes en los electrodos a y b . En el electrodo a se realiza trabajo positivo sobre las cargas por E'_a y en el electrodo b se efectúa trabajo negativo por E'_b .

II.8.- Reversibilidad.

El principio de reversibilidad de las pilas eléctricas es de gran importancia en Termodinámica puesto que en una pila eléctrica la energía química puede convertirse reversiblemente (es decir, cuasi estáticamente) en energía eléctrica.

Para que la transformación sea reversible, ha de mantenerse el equilibrio, lo que se consigue intercalando en el circuito exterior algún manantial opuesto de FEM que sólo difiera infinitamente poco del de la pila. Si la FEM opuesta se aumenta de modo que sólo supere en una cantidad infinitamente pequeña a la de la pila, puede ser reconvertida la energía en ésta, apareciendo de nuevo en forma de energía química.

Aunque una pila pueda funcionar reversiblemente mediante cambios infinitesimales, se presentan muchos casos prácticos en los cuales el paso de una cantidad finita de carga eléctrica produce, mediante reacciones secundarias, cambios permanentes en las sustancias de la pila que no es posible corregir por el funcionamiento inverso de la misma. En tales casos, la pila es reversible termodinámicamente, pero no lo es en el sentido práctico, ya que no puede ser recargada.

11.9. - Polarización.

Durante el funcionamiento de una pila se produce una serie de fenómenos por los cuales se modifican temporalmente las condiciones químicas en la proximidad de los electrodos. El caso más sencillo de polarización se presenta cuando la concentración iónica alrededor de un electrodo se altera por el paso de la corriente.

Así, si la corriente en una Pila Daniell se aumentase rápidamente hasta un valor instantáneo elevado, la concentración de iones cobre en la proximidad inmediata de la lámina de cobre descendería inmediatamente a un valor muy bajo y, de modo análogo, la concentración en la proximidad del electrodo de zinc se elevaría de súbito.

El resultado sería una caída temporal de la FEM de la pila. Ésta se recupera rápidamente por difusión de los iones, pero de momento la pila se polariza. Hay muchos casos en los cuales la polarización limita seriamente el funcionamiento de una pila.

Uno de los más frecuentes se produce cuando se descargan iones hidrógeno formando hidrógeno gaseoso. Si se reemplaza en la Pila de Daniell el sulfato de cobre por ácido sulfúrico, en lugar de descargarse el electrodo de cobre iones cobre, se descargan iones hidrógeno formándose burbujas de hidrógeno gaseoso.

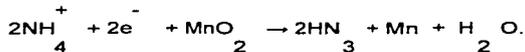


Aunque probablemente no se trata de la acción total, uno de los efectos del gas hidrógeno es aumentar la resistencia entre el electrodo y la disolución, elevando la resistencia interna de la pila. En algunos tipos de pilas, se añade al electrolito, en la proximidad del electrodo positivo, una sustancia denominada despolarizante, que reacciona con el hidrógeno evitando la formación de gas libre.

II. 10.- Pila Seca.

Aunque no es reversible en el sentido práctico, la pila seca sigue siendo el manantial pequeño de energía eléctrica más cómodo. El polo positivo es una barra de carbón y el negativo es zinc metálico. El líquido se reemplaza por una pasta que contiene cloruro de zinc y cloruro amónico. Como despolarizador se añade bióxido de manganeso.

Aunque muchas baterías de pilas secas de alto potencial se construyen en forma de capas, las pilas aisladas son ordinariamente cilíndricas, teniendo el zinc la forma de vaso cerrado con el electrodo de carbón en el centro. La pasta ocupa el espacio intermedio y la parte superior se cierra con una capa de pez o cera. Cuando la pila produce corriente, el zinc metálico se transforma en iones zinc bivalentes en el polo negativo. En el polo positivo, se cree que los iones amonio reaccionan con el bióxido de manganeso según la ecuación:

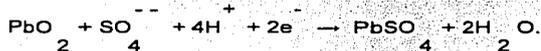


En circuito abierto, la FEM de una pila seca recién preparada está comprendida entre 1.5 y 1.6 Volts, dependiendo del estado de los electrodos. Cuando circula corriente, el voltaje entre los bornes o terminales desciende, puesto que la despolarización es lenta. Si se deja "descansar" la pila durante un corto tiempo, la reacción de despolarización se completa y el voltaje entre las terminales o bornes aumenta hasta un valor muy próximo al inicial. Después de un uso muy prolongado la resistencia interna aumenta hasta que la pila se inutiliza. Se cree que este efecto es debido a un agotamiento del bióxido de manganeso.

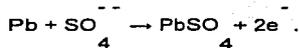
II.11.- El Acumulador de Plomo.

Una batería de acumuladores de plomo, cargada, se compone de una serie de láminas positivas de bióxido de plomo y de una serie de láminas negativas de plomo metálico. Las sustancias se depositan sobre un enrejado de plomo metálico y son altamente porosas, de modo que el electrolito puede ponerse en contacto con las placas sobre una gran superficie. La separación se mantiene utilizando madera tratada especialmente o fibra de vidrio.

El electrolito es ácido sulfúrico de densidad 1.31 a 25°C. La FEM es 2.1 Volts por acumulador. Cuando el acumulador funciona, tienen lugar reacciones en las placas. En la lámina positiva, el plomo se reduce pasando de tetravalente a bivalente, en virtud de la reacción:



Puesto que el sulfato de plomo es poco soluble, se adhiere a la placa cuando se forma. En la lámina negativa, los iones sulfato son neutralizados por la reacción:



El sulfato se adhiere de nuevo a la placa. Cuando la batería se ha descargado, ambas láminas se han convertido casi completamente en sulfato de plomo. La pérdida de iones sulfato del electrolito hace que la densidad descienda, de modo que en el estado de descarga llega a 1.16. En estas condiciones, en circuito abierto, la FEM es aproximadamente 1.75 Volts por acumulador.

A bajas temperaturas la FEM de la batería de acumuladores de plomo en circuito abierto desciende algo, como sucede con otras reacciones electroquímicas. Sin embargo, el efecto más importante es la disminución de la movilidad de los iones a bajas temperaturas, lo cual se traduce en un aumento de la resistencia interna.

Así, la diferencia de potencial entre los bornes desciende de un modo anormal cuando pasa la corriente. Como resultado de los efectos combinados de las bajas temperaturas, la capacidad de arranque de una batería de acumuladores de automóvil es a 0°C sólo, aproximadamente, un 40% de su valor a 80°C.

II.12.- Pilas Patrones.

Se ha ideado cierto número de pilas que son extraordinariamente estables, manteniendo una FEM fija durante largos intervalos de tiempo. La más corriente de éstas es, probablemente, la Pila Weston. Contiene un electrodo de mercurio en contacto con una pasta de sulfato mercurioso, y un electrodo de amalgama de cadmio en contacto con una disolución saturada de sulfato de cadmio como se indica en la Figura II.6.



Figura II.6.- Pila Patrón Weston.

La construcción es tal que el paso de pequeñas cantidades de carga en cualquier sentido tiene un efecto despreciable sobre el estado de la pila. La FEM de la Pila Weston es afectada por la temperatura, no sólo por la variación de las FEM de los electrodos con la temperatura, sino a causa de que la concentración de la disolución saturada de sulfato de cadmio varía ligeramente con aquélla. No obstante, la variación es pequeña, y la Pila Weston se ha adoptado casi universalmente para calibrar un potenciómetro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.13.- Electrólisis.

Introduciendo en el circuito de una pila eléctrica un manantial exterior cuya fuerza contraelectromotriz supere infinitamente poco a la FEM original, es posible invertir la acción de la pila y transformar energía eléctrica en energía química.

Este proceso se denomina *electrólisis*. En la electrolisis, el electrodo en el cual se liberan los iones positivos o se neutralizan los negativos se denomina ánodo. El otro electrodo se denomina cátodo. Con objeto de dar una imagen completa del procedimiento electrolítico, es necesario, en primer lugar, considerar ciertos fenómenos que tienen lugar en una célula electrolítica.

II.13.1.- Tensión de Descomposición.

Es evidente que en todas las reacciones electrolíticas es necesaria una FEM exterior mínima para mantener el sistema en equilibrio. Esta FEM ha de ser superada en una cantidad infinitamente pequeña para que pueda producirse una corriente. Se la denomina tensión de descomposición y depende, como de ordinario, de la concentración del electrolito en la proximidad de los electrodos, de las sustancias que forman éstos y del tipo de reacción electrolítica que tiene lugar.

Aunque el potencial que se mide realmente es la diferencia de los dos potenciales individuales que existen entre cada electrodo y la disolución, son estos potenciales individuales los importantes.

Muchos potenciales de descomposición se miden de la forma siguiente: se sumergen electrodos de platino en un electrolito y se aplica una FEM exterior variable. EL uso de un material inerte, como el platino, permite estudiar la reacción sin la complicación de reacciones extrañas entre los productos en descomposición y los electrodos.

Bajo la influencia del campo aplicado, fluyen iones positivos en el electrolito hacia el electrodo negativo y iones negativos hacia el electrodo positivo. Esta separación de iones hace que la célula se polarice hasta neutralizar el campo de los electrodos. Cada electrodo tiene entonces cierto potencial respecto al electrolito. Si se aumenta la diferencia de potencial exterior; se alcanza un valor para el cual la atracción en un electrodo para uno de los grupos de iones vence su tendencia a la disolución, y se depositan moléculas neutras sobre el electrodo.

Si se sigue aumentando la diferencia de potencial aplicada se repite el mismo proceso con otro grupo de iones en el otro electrodo. Finalmente, se alcanza el potencial de descomposición y se observa una pequeña corriente. Se ha formado ahora una pila eléctrica en la cual los productos de la descomposición electrolítica cubren los electrodos y forman una pila en equilibrio con sus iones que están todavía en disolución.

Aunque se emplean electrodos de platino, el caso es idéntico que para cualquier otro electrodo que no sea atacado en el proceso. La adición de varios iones de diferentes tipos a la disolución no altera sustancialmente este estado de cosas. La célula formada es la pareja de iones positivos y negativos que tienen entre sí la tensión de descomposición más baja. El potencial para un par de iones dados depende, como de ordinario, de su concentración y de la temperatura.

En otras ocasiones otras sustancias que se encuentran en disolución pueden reaccionar con los productos recientemente formados en la reacción electrolítica. Los propios electrodos toman parte en esta reacción. Así si el ión cloro se descompone en un electrodo de plata se forma cloruro de plata.

La reacción de electrodo más importante es la que tiene lugar en el plateado electrolítico ordinario. En este caso, ambos electrodos son de la misma sustancia y con la misma rapidez que los iones desaparecen del electrolítico, por precipitación en el cátodo, se forman de nuevo por solución del metal en el ánodo.

II.13.2.- Sobretensión.

Una vez que se ha establecido en la célula la FEM exterior justamente necesaria para mantenerla en equilibrio puede ser todavía considerablemente menor que la necesaria para realizar la electrólisis a una velocidad satisfactoria. El voltaje adicional necesario se denomina sobretensión. Aunque la sobretensión no está interpretada de forma satisfactoria en todos los casos, procede en parte de la pequeña velocidad de reacciones en los electrodos. Lo que se incluye frecuentemente bajo el término sobretensión son los efectos de polarización que tienen lugar cuando los iones se agotan localmente en los electrodos y no se renuevan con la suficiente rapidez por difusión desde la masa principal de líquido.

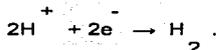
Este efecto queda reducido en la electrólisis práctica agitando rápidamente la disolución o por rotación de los electrodos. Se origina una consecuencia importante de la sobretensión cuando el potencial del cátodo es suficientemente grande para exceder al potencial de descomposición del hidrógeno.

Si en una disolución ácida no hubiese efectos de sobretensión se desprendería normalmente hidrógeno con un resultado perjudicial sobre el depósito electrolítico de metales. De ordinario no llega a alcanzarse la sobretensión necesaria para una producción apreciable de hidrógeno y el fenómeno no se produce.

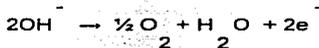
II. 14.- Electrólisis del Agua.

Cuando se introducen en un electrolito electrodos de platino, las reacciones electrolíticas que se producen dependen de los iones presentes en la disolución, del potencial que existe entre el platino y la disolución y de las tensiones de descomposición de los iones.

Si un electrodo de platino pudiera hacerse lo suficientemente negativo respecto a la disolución, se disolverían iones platino. Sin embargo, en condiciones ordinarias si el electrolito es agua pura, adquieren prelación otras dos reacciones de tensión de descomposición muy inferior. Una de éstas es la transformación, en el cátodo, de los iones hidrógeno en gas hidrógeno según la reacción:



La otra reacción se produce en el ánodo:



Mediante estas dos reacciones, el agua se descompone produciéndose dos moles de hidrógeno por cada mol de oxígeno. Puesto que la resistencia de esta célula electrolítica es extraordinariamente elevada, es costumbre añadir al agua una pequeña cantidad de ácido.

Si se añade ácido clorhídrico, el proceso se convierte en la electrolisis de una disolución de ácido clorhídrico. Es adecuado, por tanto, considerar qué modificación se ha introducido por la presencia de iones cloro y iones adicionales de hidrógeno. La reacción en el cátodo es evidentemente la misma que antes, puesto que sólo intervienen los iones hidrógeno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tanto los iones hidróxido (OH^-) como los iones cloro están presentes en el ánodo. Si la concentración de iones cloro es pequeña comparada con la de iones hidróxido, su tensión de descomposición es suficientemente superior a la del hidróxido para que sólo se libere oxígeno. Sin embargo, aunque ocurre esto durante un corto tiempo al comienzo de la reacción, el desplazamiento gradual de iones cloro hacia el ánodo produce un aumento de la concentración de iones cloro en este punto y pronto comienza a aparecer el cloro. Por esta razón en la electrolisis del agua se añade de ordinario ácido sulfúrico, en lugar de clorhídrico, puesto que los iones sulfato se descomponen con mucho menor facilidad.

II.15.- Energía Libre Química.

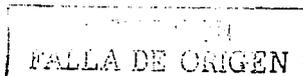
Es frecuentemente de gran importancia en química determinar si ocurrirá o no una reacción cuando ciertas sustancias reaccionantes se ponen en contacto. Existe un método muy adecuado para determinar la tendencia a reaccionar basado en la medida de la cantidad de energía eléctrica que queda libre cuando la reacción tiene lugar en una pila eléctrica en condiciones de equilibrio reversible.

En lenguaje termodinámico esta energía se denomina *variación de energía libre* que acompaña a la reacción. Por este método resulta posible determinar si un sistema formado por una disolución 1 molar de sulfato cúprico, cobre metálico y una disolución 1 molar de sulfato de zinc, reaccionará transformando el zinc en sulfato de zinc y el sulfato de cobre en cobre.

Esto puede investigarse construyendo una gran Pila de Daniell que contenga disoluciones 1 molar de zinc y cobre. La pila debe ser de tamaño tal que el paso en un electrodo de un mol de iones a la disolución y la correspondiente salida de la disolución de una cantidad correspondiente en el otro, no afecte, sustancialmente, a las concentraciones. Se puede permitir entonces que un mol de iones efectúe este paso, en condiciones reversibles y determinar la cantidad de trabajo eléctrico efectuado.

Esto indicará la energía libre por mol que queda disponible en la reacción. Si se permite que el zinc se disuelva y el cobre se precipite como cobre metálico, se desprende una cantidad de energía libre. El valor de esta energía libre será una medida de la tendencia de la reacción a efectuarse.

Un problema adicional es determinar las concentraciones de sulfato de cobre y sulfato de zinc para los cuales la reacción está en equilibrio. Estas concentraciones pueden encontrarse preparando una pila cuyo voltaje sea nulo y determinando la concentración del sulfato de cobre y del sulfato de zinc.



Hay que advertir que aunque una reacción presente una gran tendencia a verificarse y sea posible obtener una gran cantidad de energía libre, puede transcurrir con una velocidad infinitesimal.

II. 16.- Fuerzas Electromotrices Térmicas.

La transformación de energía eléctrica en calor, en una resistencia, es un proceso irreversible; es decir, no hay medio de recuperar el calor y convertirlo de nuevo en energía eléctrica. Existen, sin embargo, elementos de circuito en los cuales se produce calor a expensas de la energía eléctrica cuando la corriente circula en un sentido, mientras que se produce energía eléctrica a expensas de calor cuando la corriente circula en sentido opuesto. En otras palabras, si no se produjera más que este fenómeno, sería posible enfriar el circuito haciendo circular una corriente por él. Un circuito o porción de circuito en el cual el calor se convierte en energía eléctrica, o viceversa, se denomina origen de *Fuerza Electromotriz Térmica*.

II. 17.- Fuerza Electromotriz Thomson.

Una explicación completa de la teoría de las fuerzas electromotrices térmicas sobrepasa los fines de este trabajo de tesis. Todo lo que puede intentarse es hacer que resulte razonable la existencia de tales efectos. Supóngase que una varilla conductora es sostenida por aisladores y que un extremo de la misma se calienta como lo indica la Figura 11.7(a) de modo que se establezca un gradiente de temperaturas a lo largo de la barra. Si se imagina a los electrones libres de la varilla como análogos a un gas, puede esperarse que la mayor temperatura de un extremo ocasionará un aumento de presión y una difusión de gas electrónico desde el extremo calentado.

La acumulación de carga negativa en el extremo más frío crearía un campo eléctrico dentro de la varilla en el sentido representado por el vector E , y la

difusión cesaría cuando la fuerza sobre los electrones, debida a este campo, tuviera un valor suficiente para compensar su tendencia a difundirse a causa de la diferencia de temperatura.

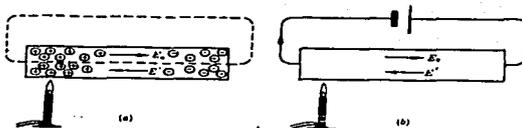


Figura II.7.- Efecto Thomson.

Es un hecho experimental que se crea un campo eléctrico en una varilla conductora cuando existe una diferencia de temperatura entre sus extremos, pero la naturaleza insatisfactoria de la teoría esquematizada anteriormente se evidencia al descubrir que en algunos conductores el campo eléctrico está dirigido desde el extremo caliente al frío, mientras que en otros tiene sentido opuesto.

Quando se ha alcanzado en la varilla el estado estacionario de los electrones de su interior están en equilibrio. El campo electrostático ejerce una fuerza sobre los electrones en un sentido, y se puede considerar que la diferencia de temperatura origina un campo equivalente que los impele en sentido opuesto. Se recordará que la FEM de un circuito puede definirse como la "integral del campo resultante alrededor del circuito".

Puesto que la integral curvilínea del campo electrostático a lo largo de una trayectoria cerrada es nula, la integral curvilínea del campo resultante a lo largo de una trayectoria cerrada tal como la de la línea de trazos de la Figura II.7(a) se reduce a la integral del campo equivalente a lo largo de la varilla, puesto que este campo equivalente sólo existe dentro de la varilla y es nulo fuera.

Se representará por E' el campo equivalente. El valor de E' en cualquier punto de la varilla depende del gradiente de temperatura dT/dl (T es la temperatura Kelvin) en el punto, y puede escribirse:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$E' = [(\sigma) (dT / dl)]$$

El coeficiente σ , que se conoce como Coeficiente de Thomson por haber sido Sir William Thomson (más tarde Lord Kelvin) quien primero investigó este tipo de FEM, es característico del material que forma el conductor, y es función de la temperatura. La FEM ϵ de varilla es entonces:

$$\epsilon = \int E \, dl$$

$$\epsilon = \int [(\sigma) (dT/dl) (dl)]$$

$$\epsilon = \int_{T_1}^{T_2} \sigma \, dT$$

donde T_1 y T_2 son las temperaturas en los extremos de la varilla. La FEM se

se denomina Fuerza Electromotriz Thomson.

Puede demostrarse de existencia de una FEM Thomson enviando una corriente a través de la varilla la Figura 11.7. Cuando la corriente y la FEM tienen sentidos opuestos, la energía eléctrica se convierte en calor a razón de ϵi por segundo. Cuando la corriente tiene el mismo sentido que la FEM, el calor se convierte en energía eléctrica. La cantidad de calor, Ri^2 , desarrollada por unidad de tiempo aumenta, por lo tanto, ligeramente en el primer caso, y disminuye también ligeramente en el segundo. Las Fuerzas Electromotrices Thomson no son nunca grandes, sino del orden de algunos milivoltios.

Evidentemente, una sola FEM Thomson no puede ser utilizada nunca para impulsar una corriente en un circuito cerrado. Si se calienta un anillo metálico en un punto de su periferia y se enfría en otro, se producen Fuerzas Electromotrices iguales y opuestas en las dos trayectorias desde el punto calentado al punto enfriado. Si se utilizan diferentes metales en las dos trayectorias desde el punto caliente al punto frío, las Fuerzas Electromotrices Thompson no serán iguales en general, sino que, se desarrollan otras Fuerzas Electromotrices en las soldaduras de los distintos metales.

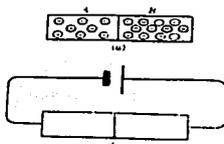
II.18.- Fuerza Electromotriz Peltier.

Cuando dos conductores distintos a la misma temperatura se ponen en contacto como indica la Figura II.8(a); habrá una difusión de electrones del uno al otro a menos que el gas eléctrico dentro de cada uno tenga a misma presión. La reagrupación de electrones continúa hasta que se establece en la soldadura un campo eléctrico de intensidad suficiente para que se alcance el equilibrio.

La soldadura de ambos metales se convierte entonces en un origen de FEM denominada Fuerza Electromotriz Peltier en Honor a Jean C. Peltier (1785-845). La FEM Peltier depende de ambos metales y de la temperatura de la soldadura entre ellos. Para dos metales A y B, a la temperatura T, se escribe la FEM Peltier en forma:

$$(\pi AB) T.$$

Las Fuerzas Electromotrices Peltier, al igual que las Fuerzas Electromotrices Thomson son de un orden de magnitud de algunos milivoltios. Su existencia puede demostrarse, por tanto, enviando una corriente a través de la soldadura como en la Figura II.8(b), bien en su mismo sentido o en el opuesto. Con los metales antimonio y bismuto, para los cuales la FEM Peltier es inusitadamente grande, no es difícil obtener enfriamiento, cuando la corriente y la FEM tienen el mismo sentido, superior al calentamiento Ri^2 , lo que produce en realidad un descenso efectivo de temperatura en la soldadura.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.8.- Efecto Peltier.

II.19. - Fuerza Electromotriz Seebeck.

Se considera a continuación, un circuito cerrado formado por dos metales diferentes A y B como se indica en la Figura II.9. Las dos soldaduras se encuentran a las temperaturas T_1 y T_2 .

Hay necesariamente un gradiente de temperatura en ambos metales, de modo que se creará una FEM Thomson en cada uno. Por tanto, dado que las soldaduras están a temperaturas distintas, las fuerzas electromotrices Peltier en las soldaduras son distintas. La FEM neta en el circuito es entonces la suma algebraica de las dos Fuerzas Electromotrices Thomson y de las dos Fuerzas Electromotrices Peltier.

La FEM neta no es, en general, nula y, por consiguiente, existirá una corriente, en el circuito mientras ambas soldaduras estén en temperaturas distintas. Este fenómeno fue observado por primera vez en 1826 por Thomas J. Seebeck (1770-1831), y la FEM neta se denomina Fuerza Electromotriz Seebeck. Si las fuerzas electromotrices individuales tienen los sentidos representados en la Figura II.9, y se considera como positivo el sentido de las agujas del reloj, la FEM Seebeck es:

$$\varepsilon_{AB} = (\pi_{AB})_{T_1} - (\pi_{AB})_{T_2} + \int_{T_2}^{T_1} (\sigma_A - \sigma_B) dT \quad \text{Ec. II.1.}$$

En el circuito de la figura II.9, se denomina *Par Termoeléctrico*.

La FEM de un par termoeléctrico nunca es muy grande, aun con grandes diferencias de temperatura entre las soldaduras y el efecto no constituye un procedimiento práctico para obtener directamente energía eléctrica a partir de calor. Sin embargo, los pares termoeléctricos tienen un gran valor práctico, como medio para medir temperaturas.

La FEM del par depende de la temperatura de la soldadura. Si se mide, por consiguiente, la FEM manteniendo la soldadura a una temperatura conocida, puede determinarla temperatura de la otra. El intervalo de temperatura en el cual encuentran aplicación partes termoeléctricos extiende desde la temperatura más baja obtenible a la del punto de fusión de los metales que forman el par.

Para dos temperaturas de soldaduras dadas, la FEM de un circuito compuesto por los metales A y B es igual a la diferencia entre la FEM de un circuito formado por los metales B y C (Figura II.10). Esto es:

$$\varepsilon_{AB} = \varepsilon_{AC} - \varepsilon_{BC} \quad \text{Ec. II.2.}$$

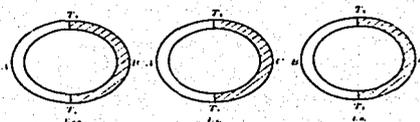


Figura II.10.

Por consiguiente si se elige cierto metal de referencia C, pueden tabularse las Fuerzas Electromotrices de los otros respecto a este metal, denominándose por sustracción la FEM de cualquier otro par. De ordinario se toma el plomo como metal de referencia.

Se puede intercalar en un circuito termoelectrónico como el de la Figura II.11(a), un metal intermedio D, sin modificar la FEM, siempre que los extremos de D se encuentren a igual temperatura. Esto es, la FEM de tal circuito es la misma que la de otro formado solamente por los metales A y B con sus soldaduras a las temperaturas T_1 y T_2 .

El circuito del par termoelectrónico ordinario, representado en la Figura II.11(b), utiliza este hecho. Los metales A y B pudieran ser el níquel y el hierro, conectados por hilos de cobre a un galvanómetro G. Una soldadura se encuentra a la temperatura T_2 a medir, y la otra a la temperatura T_1 , que puede mantenerse

fija fundiendo hielo en un Vaso Dewar.

La FEM es la que de un par níquel-hierro con sus soldaduras a las temperaturas T_2 y T_1 .

La FEM de un par termoelectrico suele medirse como indica la Figura II.11(b), intercalando un galvanómetro o un voltímetro en un puesto adecuado. Tal instrumento sólo indica naturalmente, la diferencia de potencial entre sus propios bornes, que es menor que la FEM del par en el valor de la caída iR en el circuito. Por consiguiente, debe utilizarse un instrumento de resistencia elevada o, lo que es preferible, un potenciómetro.

II.20.-Variación de la FEM con la Temperatura.

Si se conoce como varían con la temperatura los coeficientes Thomson y las fuerzas electromotrices Peltier, puede calcularse mediante la Ecuación II.1. La FEM neta de un par termoelectrico. En la práctica se mide ordinariamente la FEM en un intervalo de temperaturas de las soldaduras y se expresa mediante una ecuación empírica.

Las temperaturas de las soldaduras se toman por comodidad en la escala centígrada y se representa por t . Si una de las soldaduras de un par termoelectrico formado por los metales A y B se encuentra a la temperatura t , y la otra a t_0 , la

FEM desarrollada por el par puede expresarse muy aproximadamente por la ecuación de segundo grado.

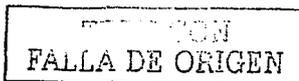
$$\epsilon_{AB} = a_{AB} (t - t_0) + \frac{1}{2} b_{AB} (t^2 - t_0^2) \quad \text{Ec. II.3.}$$

en la que los coeficientes a_{AB} y b_{AB} son característicos de los metales A y B.

La Tabla II.2, relaciona los valores de a y b , respecto al plomo, para cierto número de metales y aleaciones. de la Ecuación II.2, se deduce:

$$a_{AB} = a_{A-\text{plomo}} - a_{B-\text{plomo}}$$

$$b_{AB} = b_{A-\text{plomo}} - b_{B-\text{plomo}}$$



La Figura II.12 representa una gráfica de ε en la función de t , para a y b positivos, manteniendo t constante; resulta evidentemente una parábola.

Sin razón que lo justifique, a la derivada, $d\varepsilon/dt$, de la FEM respecto a la temperatura se llama potencia termoeléctrica del par. La temperatura t_n para la cual $d\varepsilon/dt = 0$, se denomina *temperatura neutra*. Según Ecuación II.3 si t es constante,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = a + b t$$

y como:

$$d\varepsilon/dt = 0 \quad \text{para } t = t_n$$

$$t_n = - (a / b)$$

SUSTANCIA	a	b
Antimonio	+3.06	+0.115
Ironato	-71.4	+0.022
Constantan (60% Co, 40% Ni)	-20.1	+0.0088
Cadmio	+ 2.71	+0.0072
Hierro	+16.7	-0.0297
Níquel	-10.1	-2.05
Platino	- 3.04	- 1.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla II.2.- Coeficiente Termoeléctrica.

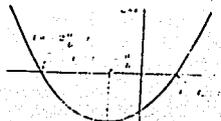


Figura 11.12.- FEM es Función de la Temperatura t de la Soldadura Caliente Cuando se Mantiene la Soldadura Fría de la Temperatura t_0 .

La FEM es nula a las temperaturas.

$$t = t_0 \quad \text{y} \quad t = (2a / b) - t_0$$

que son las raíces de la Ecuación 11.3, cuando $\epsilon_{AB} = 0$. La segunda de estas

temperaturas se denomina *temperatura de inversión* t_i .

Para la mayor parte de los metales o aleaciones corrientemente utilizadas en los circuitos de los pares termoeléctricos, el intervalo de funcionamiento está alejado del punto neutro, y la relación entre la FEM y la temperatura de la soldadura caliente resulta aproximadamente lineal si se mantiene constante la temperatura de la soldadura fría.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO III.

CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES NO INTERRUPTIBLES DE VOLTAJE (UPS).

III.1.- Características Operativas de los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS).

Hay formas de evitar que un Ordenador no se quede sin corriente cuando se produce un apagón. Utilizando una Fuente de Voltaje No Interrumpible (*Uninterruptible Power System*, UPS). Éstos varían considerablemente en precio y capacidades. Será necesario evaluar estos factores frente a la pérdida de datos y daños potenciales, además, de los inconvenientes que puede producir un corte de electricidad.

Cuando deja de haber suministro eléctrico, la batería del UPS continúa suministrando energía. Ésta, está limitada por la capacidad de la batería, tanto en duración como en potencia. Alimentar todos los equipos informáticos con un UPS durante un corte de energía largo probablemente no es posible a menos que se pueda invertir en un equipo muy caro. Normalmente, el papel de los UPS es ofrecer la energía suficiente para sobrepasar los cortes breves, de unos minutos de duración, y para permitir desconectar de forma correcta los equipos cuando se producen cortes más largos. Un buen UPS será capaz de avisar cuándo la batería se está descargando, de forma que pueda grabar los archivos y desconectar el sistema.

Las caídas, subidas de tensión y los picos, tienen un impacto negativo en todo tipo de aparato electrónico, entre los que se incluyen los ordenadores personales, los monitores, las impresoras y los demás periféricos. Sin embargo, el efecto negativo de una pérdida de suministro eléctrico total afecta sobre todo a la unidad del sistema. Un corte de la alimentación de la unidad principal puede:

- ✓ Hacer que desaparezca la información que hay en la Memoria de Acceso Aleatoria (RAM). Los datos recién introducidos o recién editados que no se hayan grabado, se pierden.
- ✓ Se interrumpe el proceso de escritura en el disco. Se puede perder información de importancia que necesita el sistema operativo, como puede ser la localización de un archivo, dando como resultado que pierdan o desorganicen archivos.

- ✓ Puede "aterrizar" un disco fijo. La cabeza de lectura-escritura de la mayor parte de los discos duros se separa automáticamente del disco cuando se desconecta la unidad, pero puede ocurrir en algunos sistemas que la cabeza "aterrice" sobre la superficie del disco y la dañe, dando lugar a que se pierdan datos e incluso resulte dañado físicamente el disco.
- ✓ Interrumpir la impresión. Cuando vuelve la tensión se han de continuar los procesos de impresión. Esto puede suponer una tarea muy pesada, a menos que se disponga de excelentes paquetes y programas de gestión de impresión. En algunos casos, se ha de volver a comenzar el proceso de impresión.
- ✓ Se interrumpen las comunicaciones. Cuando vuelve la corriente, los datos que se estaban transfiriendo entre los ordenadores deben ser comprobados para tener exactitud, y los archivos que se estaban transmitiendo puede que haya que volver a transmitirlos.
- ✓ Detiene el trabajo. En las organizaciones que dependen en gran medida de los ordenadores, un corte de tensión y la consecuente imposibilidad de utilizar los ordenadores puede ser un efecto negativo en la productividad y rentabilidad.
- ✓ El sistema queda expuesto a picos y subidas de tensión cuando vuelve la tensión. Normalmente, se desconectan los equipos cuando se va la corriente, pero esto no es siempre posible. Cuando la Empresa de electricidad restaura el servicio, a menudo viene con picos que pueden dañar los aparatos que no se hubieran desconectado.

Existe un cable de alimentación que va de una toma de corriente al UPS y diversos Ordenadores y monitores están conectados a la parte trasera del UPS. La mayor parte de los UPS disponen de una o más lucen de aviso que le permitirán saber si el suministro de corriente es correcto y si las baterías están cargadas o cargándose. Supóngase que se va la luz, comienza a sonar una alarma del UPS. Una luz de aviso señala que se está trabajando con baterías, las cuales continúan alimentando los equipos que están conectados al UPS.

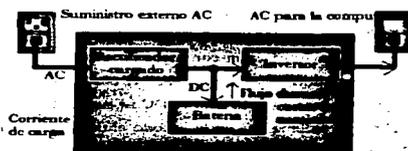
La conversión de corriente (c-c) a alterna (c-a) la lleva a cabo un inversor. Una de las alternativas de suministrar corriente tipo comercial de forma ininterrumpida a un ordenador es el convertir la energía de la red en una corriente de 12 volts de corriente continua y utilizarla para cargar una batería. A la salida de la batería se produce el paso inverso, dando corriente alterna que alimenta al ordenador cuando está conectado.

Es de señalar que el acrónimo UPS viene de sistema de alimentación ininterrumpido, y no de fuente de alimentación. Un UPS es un sistema externo que ofrece suministro eléctrico continuo (in-line) cuando falla la red eléctrica, éste siempre está en línea ya que debe ofrecer energía constante, ya que si existiera un tiempo de conmutación entre la falla de energía y el funcionamiento del UPS se podrán perder datos.

Ya que la fuente de alimentación de un ordenador personal tiene lo que se denomina tiempo de la energía de carga, es el tiempo que la fuente de alimentación puede suministrar la energía almacenada a los circuitos lógicos sin que le llegue electricidad. Este almacenamiento de energía es directamente relacionado con el tamaño y la calidad de los componentes de la fuente de alimentación, en particular con los condensadores de filtro. Para un ordenador personal normal, este tiempo es de 20 a 40 milisegundos. En el mundo de la electrónica, en que un único ciclo de la corriente de alterna a 60 Hz requiere de sólo 16.66 milisegundos, este es un tiempo largo. Dicho de forma sencilla, en la electricidad que llega a la fuente de alimentación puede faltar un ciclo de la corriente sin que quede afectado el suministro de energía a los circuitos lógicos del ordenador.

Existen UPS (*Standby Power System*, SPS) fuera de línea (off-line), que esperan que el suministro de energía falle, pero ese tiempo aunque sea de milisegundos. Puede ser un factor importante para que se pierdan datos, por eso es recomendable un UPS en línea.

En las siguientes figuras, se puede ver el diagrama de bloques de varios dispositivos de seguridad para el suministro de energía, incluyendo un verdadero UPS en línea, en el cual la corriente que llega se convierte de Corriente Alterna (C-A) a Corriente Directa (C-D) en rectificador-cargador. Además, se mostrará un SPS y un UPS con transformador ferorrsonante.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III.1.- Un SPS en Línea.

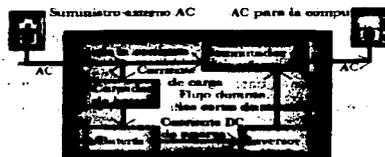
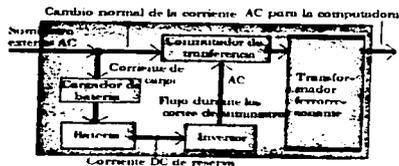


Figura III.2.- Un SPS Fuera de Línea.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III.3.- UPS con Transformador Ferroresonante.

Como su nombre lo indica, el UPS realiza dos funciones: las funciones son convertir la corriente a corriente directa (C-D) y cargar la batería. La batería se dice que está conectada a un bus de corriente continua (C-C), lo que significa que el rectificador-cargador y el inversor están conectados por un solo cable. Si la batería necesita carga, toma energía del bus. Si por el contrario, el voltaje del bus cae por debajo del voltaje de la batería, ésta suministra energía al bus.

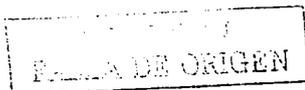
La energía que pasa a través del bus de corriente directa (C-D) se suministra al inversor que alimenta al microordenador. En otras palabras, el sistema está en línea todo el tiempo, teniendo lugar todo el tiempo las conversiones de corriente alterna (C-A) a Corriente Directa (C-D) y de Corriente Directa (C-D) a Corriente Alterna (C-A). Las ventajas de este diseño sobre el sistema en espera, son, que no produce conmutación si falla el suministro eléctrico exterior. Como el inversor siempre suministra energía al ordenador personal, éste nunca ve un corte en el suministro eléctrico.

Esto no deja de tener sus desventajas. El tiempo de uso de los componentes, el porcentaje de tiempo que han de estar en funcionamiento es del 100% lo que significa que han de ser mayores y con un nivel de fiabilidad superior que los componentes equivalentes de un UPS que no está en línea (SPS) de parecido nivel de salida. En particular, se encuentra afectada la batería, que ha de estar en funcionamiento todo el tiempo en el UPS. Es de esperar que la batería de un UPS falle antes que la de un SPS. Un sistema en línea puede costar el doble que el de una unidad "Standby" con el mismo nivel de salida.

Con una cierta idea de cómo funciona y del nivel de protección que ofrecen, es el momento de evaluar la necesidad de un UPS, y si es necesario, de seleccionar uno que se ajuste a las necesidades. Al adquirir un UPS se han de observar diversas características importantes:

1.- Luces de aviso e interfase con el Ordenador Personal.- De alguna forma es necesario saber lo que está haciendo el UPS. Muchos diseños incluyen luces indicadoras, que permiten saber si se está utilizando la batería y la carga que tiene. Comprobar que los indicadores sean funcionales más que decorativos. Es recomendable un aviso sonoro además del visual cuando el sistema entra en funcionamiento o la batería está baja de carga.

Muchos sistemas actuales ofrecen una interfase con el ordenador personal, un modo de enviar una señal al ordenador personal para avisarle de una caída próxima. Esto es de especial utilidad si se está utilizando el UPS para proteger un servidor de archivos de una red. Para que esta característica sirva de algo en el ordenador personal se ha de estar ejecutando un programa que pueda interpretar las señales que envía el UPS. Varios programas pueden hacerlo.



2.- *Ondas.*- La corriente alterna de la red eléctrica tienen una forma de onda suave senoidal. Muchos UPS no generan una onda senoidal porque es mucho más barato suministrar una onda cuadrada, rectangular o en forma de cuadrilátero. Con una onda cuadrada, no es necesario el filtrado para producir la salida que alimenta al ordenador. Sin embargo, con una onda cuadrada la posibilidad de que el ruido del inversor esté presente en la salida del SPS es mucho mayor con la onda cuadrada. Los "hombros" de la onda cuadrada contienen perniciosos armónicos de la señal principal a 60 Hz. Por ello, los fabricantes ha de ocuparse de eliminar el ruido de la onda no senoidal del inversor. Si se hace esto, no existe ninguna razón real por la que tener miedo de los productos que no dan una onda senoidal, pero los sistemas que dan ondas senoidales verdaderas normalmente generan menos interferencias y cuestan más dinero.

3.- *Aviso de desconexión por descarga de baterías.*- Cuando las baterías soportan una carga durante un corte de luz, la energía que almacenan se va consumiendo lentamente. En un momento dado, se han descargado tanto que el nivel de voltaje de cada celda de la batería comienza a caer. En este punto, denominado voltaje final, si se sigue descargando se puede dañar en forma permanente la celda. Para preservar la vida de la batería, los UPS de mayor calidad desconectan el inversor antes de que ocurra lo ya especificado. Sin esta característica, denominada desconexión por descarga de baterías, el UPS puede que sólo sobreviviera algunos cortes de energía eléctrica largo. Idealmente, por supuesto, el usuario apaga el ordenador y el UPS antes de que esto ocurra. Una señal de aviso audible-visible de descarga de baterías es esencial para que la desconexión se lleve a cabo a tiempo.

4.- *Acondicionamiento de corriente.*- Uno de los principales argumentos comerciales de los fabricantes de UPS es que sus unidades también valen como acondicionadores de la corriente, eliminando picos, subidas de tensión e interferencia de ruido. Sin embargo, no se ha de olvidar que si bien algunos sistemas lo hacen, la tecnología de los UPS ofrece de forma inherente poca protección. En principio, una unidad fuera de línea o SPS dejará pasar todos los picos y subidas de tensión hasta el ordenador, a menos que en su diseño estén incorporados los circuitos de filtrado adecuados.

La actividad de conmutación del inversor e un sistema en línea puede generar unas interferencias que se añadan o incluso superen a las que hay en el suministro exterior. Si se recomienda los dos tipos de picos; los normales (línea-neutro) y comunes (neutro-tierra). El doble proceso de conversión de un UPS en línea suprimirá los impulsos de alta energía que aparezcan entre la línea y el neutro, pero la tecnología en línea no incluye nada para evitar que los impulsos de modo común alcancen a los equipos sensibles.

De hecho, todos los UPS y SPS generan una cantidad significativa de ruido en modo común. Un transformador elimina este problema, ya que tienen unidos en neutro y la tierra, filtrando el ruido en modo común. El transformador en sí puede formar parte de un buen diseño para filtrar los casos en modo común.

El diseño con un transformador ferromagnético es un buen acondicionador de línea tanto para los casos en modo normal como en modo común.

Las especificaciones generales de todos los UPS se pueden resumir en los siguientes puntos:

1.- *Salida regulada con inversor operando.*- Durante la operación con batería la tensión de salida debe estar regulada, manteniéndose dentro de un rango mínimo.

2.- *Batería sellada libre de mantenimiento.*- Los equipos deben contener en su interior una batería sellada de larga vida lo cual no requiere mantenimiento alguno y con capacidades que soporten las cargas y descargas totales de cada UPS. Esta batería elimina totalmente el riesgo de fugas o filtraciones de líquidos corrosivos que suelen presentarse con otro tipo de baterías.

3.- *Sincronía.*- Al presentarse una falla en la línea comercial, la transferencia ocurre en sincronía con la línea comercial, evitando así los peligrosos transitorios que se presentan con otro tipo de equipos.

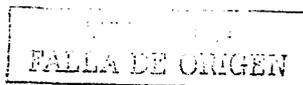
4.- *Protección de la batería.*- Con el fin de evitar daños a la batería por descargas excesivas que pueden dar lugar a una reducción de su vida esperada, los UPS cuentan con monitor de corriente directa que automáticamente apaga el inversor cuando la descarga llega a un nivel preestablecido.

5.- *Alarma audible de batería en operación y batería baja.*- Si la línea comercial falla, o es inferior al voltaje de entrada, se produce un tono audible cada determinado tiempo. Éste indica que la unidad está operando con batería, e indica el apagado inminente del inversor por haberse agotado la reserva de la batería, el tono audible se volverá continuo durante los últimos cuatro minutos a plena carga.

6.- *Operación totalmente automática.*- Una vez que se enciende la unidad no requiere de la intervención de un operario para reestablecerla en caso de falla(s) en la línea comercial, este control se realiza con un microprocesador integrado.

7.- *Protección.*- En condiciones normales de operación, la salida del equipo se encuentra protegida totalmente contra ruidos de alta frecuencia y picos de tensión evitando que la carga sufra algún daño ocasionado por éstos.

8.- *Diseño compacto.*- Lo compacto de su diseño y su portabilidad permiten una rápida instalación sin necesidad de realamburar o modificar la configuración de muebles y equipo.



9.- *Mantenimiento nulo.*- Dado que la unidad no contiene elementos que sufran desgaste o deterioro con el tiempo de operación, no es necesario llevar a cabo ningún mantenimiento preventivo.

10.- *Especificaciones eléctricas.*- En la siguiente Tabla III.1 se darán las especificaciones generales de los UPS.

POTENCIA KVA	30	100	150
Voltaje de entrada(VAC)	208	208	208
Voltaje de salida(VAC)	208Y/120	208Y/120	208Y/120
Frecuencia de salida(Hz)	60 ± 0.1%	60 ± 0.1%	60 ± 5%
Corriente de entrada nominal(Amp)	93	304	460
Corriente de entrada máxima(Amp)	103	335	500
Corriente nominal de desviación (Bypass)(Amp)	83	277	416
Salida de corriente del UPS (Amp)	83	227	323
Maxima desviación de voltaje	± 5%	± 5%	± 3%
10 min. con corriente de sobrecarga(Amp)	104	346	403
Eficiencia del sistema Con factor de potencia de 0.8			
100 % de carga	88%	91%	93%
75 % carga	88%	91%	92.5%
50 % carga	87%	90.5%	90%
Carga de rechazo de calentamiento (BTU/hr)	11,166	26,800	40,494
Dimensiones (Pulg.)			
Altura	55.18	56.68	75.00
Profundidad	32.18	32.18	33.00
Ancho	31.50	82.5	131.00
Peso(Lbs)	1,385	3,540	6,644

Tabla III.1.- Especificaciones de los UPS.

11.- *Dispositivos adicionales.*- Los dispositivos adicionales por lo general, se encuentran en los UPS de más capacidad, como es el caso de un UPS de 150 KVA que cuenta con puertos de comunicación, ordenador de diagnóstico y la tecnología "Digital Power".

En la fase de planeación de un sistema eléctrico para redes de cómputo, se debe tomar en consideración lo siguiente:

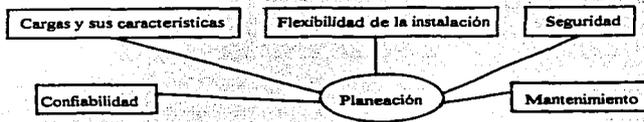


Figura III.4.- Fase de Planeación.

1.- *Cargas y sus características.*- Antes de iniciar la fase de diseño, el ingeniero debe conocer las tolerancias especificadas para el equipo de cómputo. Es decir, se debe examinar los requerimientos de la calidad de potencia de todo el equipo a instalar, para determinar el grado máximo de sensibilidad de los componentes individuales. Es muy importante evaluar las pérdidas reales e intangibles debido a interrupciones o mal funcionamiento del equipo de cómputo desde todos los casos, incluyendo pérdidas atribuidas a la deficiencia de suministro de potencia o fallas.

2.- *Flexibilidad de las instalaciones.*- El medio de obtener una adecuada flexibilidad de la instalación, es por el uso de piso falso ya que, proporciona para el cableado entre ordenadores y equipos periféricos, comunicaciones, telefonía y servicio mecánico, incluyendo; ductos de aire acondicionado, el piso falso proporciona la capacidad de hacer remodelaciones en la posición del equipo de cómputo prácticamente en cualquier momento.

TF SIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.- **Seguridad.**- La seguridad es un factor vital al planear una instalación para ordenadores. Se debe tener en consideración lo siguiente:

a). **Cortocircuito.**- De las condiciones anormales que se presentan en los sistemas eléctricos y la que origina máximos efectos indeseables, es la de cortocircuito.

b). **Relevadores de protección e interruptores.**- Los relevadores de protección, tienen por objetivo desconectar con rapidez cualquier elemento del sistema de potencia que sufra cortocircuito o cualquier otra condición anormal. El equipo de protección está ayudado en esta tarea por interruptores que son capaces de desconectar el elemento defectuoso cuando el equipo de protección se los manda.

Los relevadores se dividen en dos grandes grupos; los cuales son los siguientes:

- ❖ **Protección primaria.**- Es la primera línea de defensa contra la falla.
- ❖ **Protección de respaldo.**- Este sólo debe operar cuando falla la protección primaria.¹

c). **Características de los esquemas de protección.**- Las principales características de los esquemas de protección son:

- **Confiabilidad.**- Es la característica de un esquema que le permite detectar las fallas en la(s) zona(s) que le corresponde(n).
- **Seguridad.**- Es la característica de un esquema que le impide operar cuando no hay falla en la(s) zona(s) que le corresponde(n).
- **Rapidez.**- Si bien es deseable que un esquema tome una acción rápida para aislar o eliminar una falla, el analizar en él las variables en un lapso, por corto que este sea, es el único método conocido para obtener un balance adecuado entre confiabilidad y seguridad.
- **Selectividad (economía).**- Es la característica de un esquema que le permite detectar la localización de una falla y actuar en función de ella. Aunque se puede lograr selectividad en esquemas de alta velocidad, generalmente esto implica costos iniciales más altos, lo cual, no siempre es justificable; por ello, en esas ocasiones se persigue la selectividad a través de retraso(s) intencional(es) de tiempo.

¹ Es necesario tener una buena coordinación entre estas protecciones, para evitar disparos molestos que podrían provocar arranques innecesarios de motor-generator o desconexiones totales al equipo de cómputo.

4.- **Confabilidad.**- La confiabilidad es la clave del diseño de los sistemas eléctricos, para las redes de cómputo. Se han desarrollado cuatro conceptos básicos que proporcionan diversos grados de confiabilidad. Se pueden hacer una gran cantidad de modificaciones a estos cuatro diseños para crear la configuración requerida del sistema eléctrico, para la aplicación particular.

Concepto 1: Acondicionamiento/Mejoría de Potencia.- La mayoría de la potencia (algunas veces llamado acondicionamiento de Potencia) ofrece una confiabilidad adecuada y una rápida instalación. Este diseño tiene el nivel más bajo de confiabilidad; sin embargo, también, los costos más bajos.

El acondicionamiento puede proporcionar regulación de voltaje, protección contra transitorios, filtros de ruido y un transformado blindado todo lo cual, brinda una protección excelente contra los disturbios de potencia excepto, en el caso de una salida total de la Compañía Eléctrica.

Este concepto presenta las siguientes ventajas:

- Salida de potencia nítida.
- Unidad portátil.
- "Taps" de voltaje.
- Interfase de monitoreo.
- Distribución del circuito derivado.
- Baja inversión de capital.

Sin embargo, este concepto también presenta las siguientes desventajas:

- Está sujeto a las salidas sostenidas de la Compañía Eléctrica.
- No incorporan capacidad de holgura de energía.
- Las unidades típicas, no pueden ser puestas en paralelo.

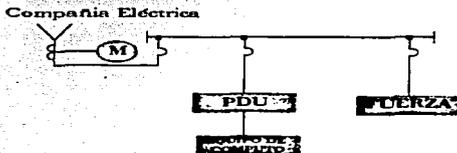


Figura III.5.- Sistema Típico del Concepto 1.

FALLA DE ORIGEN

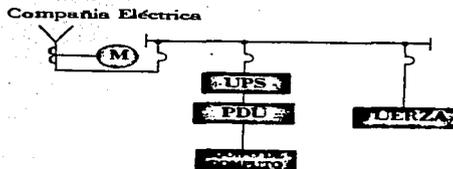
Concepto 2: UPS dentro del Centro de Cómputo.- Como se muestra en la Figura III.6, el diseño del concepto 2 consiste, esencialmente, de un suministro de la Compañía Eléctrica, un Tablero Principal y Alimentadores; instalados fuera del Centro de Cómputo. Dentro del Centro de Cómputo se encuentra un sistema UPS completo, la(s) unidad(es) de salida de distribución de potencia y el equipo de aire acondicionado.

Las Ventajas del concepto 2 son:

- Potencia ininterrumpible por aproximadamente 20 minutos.
- No se requiere de un salón especial, para el equipo UPS o para las baterías.
- El suministro de potencia crítica se encuentra cerca de la carga.
- Son menos costosos en pequeñas aplicaciones.

Sin embargo, las Desventajas del concepto 2 son:

- Ocupa espacio costoso de la sala de cómputo.
- El calor es desechado en la sala de cómputo.
- El peso está concentrado en un área.
- El mantenimiento del equipo tiene que ser hecho en el área de cómputo.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.6.- Sistema Típico del Concepto 2.

Concepto 2: UPS Dentro del Centro de Cómputo.- Como se muestra en la figura III.7. El diseño del concepto 2 consiste, esencialmente, de un suministro de la Compañía Eléctrica, un tablero principal y alimentadores, instalados fuera del centro de cómputo; adentro del centro de cómputo, se encuentra un sistema UPS completo, la(s) unidad(es) de salida de distribución de potencia y el equipo de aire acondicionado.

Ventajas del concepto 2.

- Potencia ininterrumpible por aproximadamente 5 a 10 minutos.
- No se requiere de un salón especial, para el equipo UPS o para las baterías.
- El suministro de potencia crítica, se encuentra dentro de la carga.
- Son menos costosos en pequeñas aplicaciones.

Desventajas del concepto 2.

- ❖ Ocupa espacio costoso de la sala de cómputo.
- ❖ El calor es desechado en la sala de cómputo.
- ❖ El peso está concentrado en un área.
- ❖ El mantenimiento del equipo, tiene que ser hecho en el área de cómputo.

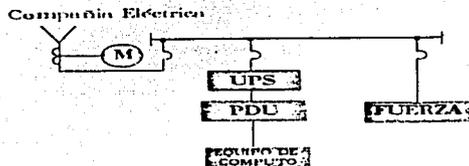


Figura III.7.- Sistema Típico del Concepto 2.

Concepto 3.- Sistema UPS Redundante en Paralelo.- Los sistemas típicos del concepto 3, proporcionan un alto grado de confiabilidad a las más grandes instalaciones de procesamiento de datos. En este sistema, se agrega un suministro alternativo de potencia (motor-generador), conmutación de transferencia automática, y un sistema UPS redundante además, se proporciona un bus de "bypass" de servicio y un bus de "bypass" de mantenimiento para suministrar potencia a los ordenadores en forma directa desde el suministro de la Compañía Eléctrica, si se requiere.

Las Ventajas del concepto 3 son:

- Los generadores ofrecen contra una salida prolongada del suministro de la Compañía Eléctrica.
- El sistema UPS que tiene la capacidad de energizar toda la carga crítica, proporciona una elevada confiabilidad.
- Los circuitos de "bypass", pueden ser utilizados para alimentar la carga mientras se realiza el mantenimiento a los módulos del UPS.
- Para grandes aplicaciones, es el sistema más económico si son considerados el crecimiento de carga y el dimensionamiento óptimo de la unidad.

Las Desventajas del concepto 3 son:

- Tiene un alto costo de adquisición.
- Tiene un alto costo de instalación.
- Tiene un costo moderadamente alto de mantenimiento.
- Tiene una eficacia más baja.
- Alto calor de carga.
- El interruptor estático, es el punto particular de falla.

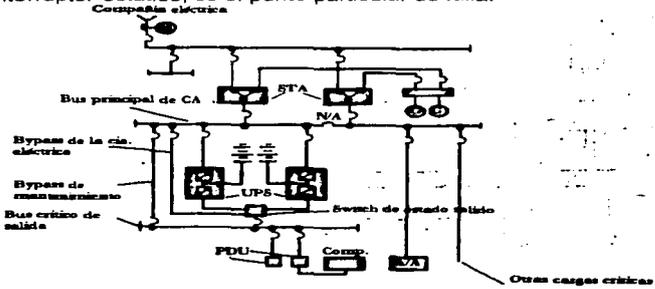


Figura III.8.- Sistema Típico del Concepto 3.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Concepto 4: Sistema UPS_Celular-Matriz/ No Paralelo.

Este diseño es seleccionado cuando el costo del "downtime" del sistema cómputo, justifica el alto costo de este tipo de sistema. Como se muestra en la figura III.9. El diseño eléctrico puede consistir en dos o más sistemas individuales de potencia alimentando a los ordenadores, cada una referida como una celda.

Las celdas "A", son componentes esenciales del concepto 3. Las celdas "B", es un duplicado de las celdas "A" y pueden ser agrupados celdas adicionales. Esencialmente, cada celda es un suministro de potencia y de carga separado. Sin embargo, las celdas o sistemas pueden estar conectadas a la vez por medio de interruptores de amarre, en lugares vitales. Este arreglo matricial, permite que cualquier componente o sistema de las celdas "A", sea conectado a las celdas "B" o viceversa.

Las Ventajas del concepto 4 son.

- Es extremadamente confiable debido al aislamiento de las celdas, redundancia y capacidad de "matrización".
- Los controles para cada sistema son simples (sin embargo, los controles de todo el sistema, pueden ser complejos a causa del diseño matricial).
- El mantenimiento del equipo es simplificado debido a que cualquier celda puede ser sustituida sin ningún efecto sobre el equipo de cómputo.

Las Desventajas del concepto 4 son.

- ✓ Altos costos iniciales de los sistemas de apoyo mecánico y eléctrico.
- ✓ Altos costos de mantenimiento, debido al volumen del equipo.
- ✓ Gran requerimiento de espacio.
- ✓ Se requiere una personal bien entrenado para la operación del sistema.

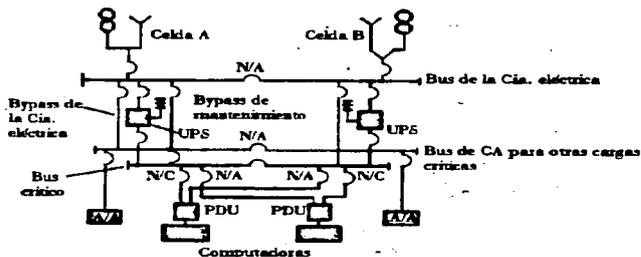


Figura III.9.- Sistema típico del Concepto 4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.- *Mantenimiento.* El mantenimiento es un requerimiento esencial de cualquier instalación eléctrica. La meta de un mantenimiento preventivo, es la de mantener el equipo en una óptima condición de operación. La detección y reparación de una falla incipiente antes que ésta se desarrolle y cause muchos problemas, es uno de los principales beneficios de un programa de mantenimiento preventivo. Al hacer un programa de mantenimiento, se debe tomar en consideración lo siguiente:

El equipo nuevo debe ser "monitoreado" hasta que extensos registros indiquen que el programa puede ser aflojado o deba ser más rígido. El equipo viejo puede requerir servicios e inspecciones mas frecuentes.

6.- *Plantas de emergencia.*

a.- Tipos básicos.- Los sistemas de potencia de emergencia son de dos tipos básicos:

- Una fuente de potencia eléctrica separada de la fuente principal de potencia, operando en paralelo la cual mantiene energizado a las cargas críticas cuando falla la fuente principal de potencia.
- Una fuente de potencia disponible y confiable para la cual, las cargas críticas son automáticamente conmutadas, cuando la fuente principal de potencia falla.

b.- Componentes.- Frecuentemente, los sistemas de potencia de emergencia tienen un sistema de potencia de respaldo disponible que incrementa el tiempo de suministro de emergencia, tanto como sea necesario. Los sistemas de potencia de respaldo, están constituidos de los siguientes componentes:

- Una fuente confiable alterna de energía eléctrica, separada de la fuente de potencia principal.
- Arrancador y control de regulación, si se selecciona una generación de respaldo "on-site", como fuente.

Se deben establecer las necesidades prácticas, antes de la especificación o adquisición de la planta de emergencia ya que los costos tienden a aumentar a medida que los sistemas y el hardware sean más complejos.

c.- Generadores impulsados por motor.- Estas unidades satisfacen la necesidad de potencia de emergencia y respaldo. Además de proveer potencia confiable de emergencia, los generadores impulsados por motor son usados, también, para sostener picos de cargas. Los generadores más comunes son:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- ❖ Generadores de Motos Diesel. Los motores diesel son algo más costosos y pesados, en pequeños tamaños, pero son rígidos y confiables. El costo del combustible es más bajo y los riesgos de incendio y explosión, son considerablemente más bajos que los de motores de gasolina. Las capacidades varían desde 2.5 KW hasta 1100 KW.
- ❖ Generadores de Motos de Gasolina. Estos son satisfactorios para las instalaciones de hasta 100 KW.

Estos arrancan rápidamente y son de un costo inicial bajo, comparados con los motores diesel.

Las Desventajas son:

- Un alto costo de operación.
- Un gran riesgo de incendio debido al almacenamiento y manejo de gasolina.
- Corta vida de almacenamiento del combustible.

Generadores de Motor de Gas. Los motores de gas natural y gas Licuado de Petróleo (LP), están al nivel de los motores de gasolina en costo y son disponibles hasta aproximadamente 600 KW. Estos motores son de rápido arranque después de un periodo prolongado de paro, debido al suministro de combustible fresco. La vida del motor es mayor con mantenimiento reducido, debido al quemado limpio del gas natural. Sin embargo, debe darse la posibilidad de que la empresa suministradora del servicio eléctrico y el suministro de gas natural, no estén disponibles al mismo tiempo.

Los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS), han sido diseñados para garantizar el suministro de potencia a equipos conectados a ellos aun cuando falle el suministro de alimentación de potencia. La Figura III.1 muestra el Diagrama General de una Fuente No Interrumpible (UPS) y dos modos alternativos de conexión.

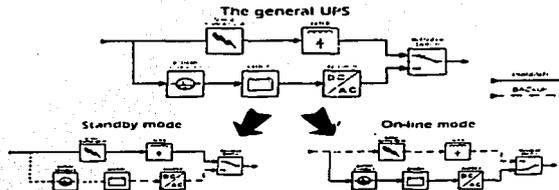
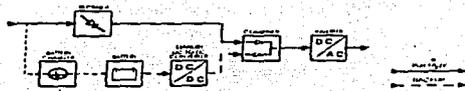


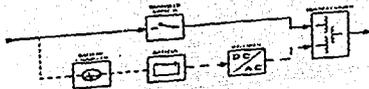
Figura III.10.- Diagrama de Conexión General de una Fuente No Interrumpible y Conexiones en Derivación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



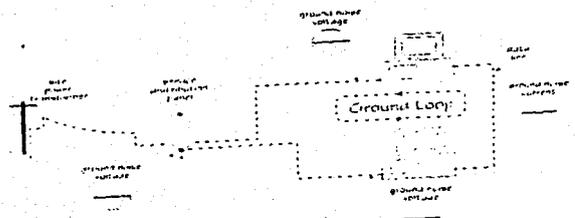
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III.11.- Conexión de la Topología Híbrida "Standby On-Line".



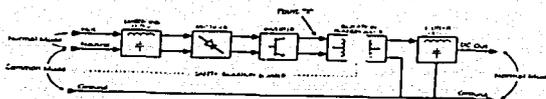
**TRANS CON
 FERRO DE ORIGEN**

Figura III.12.- Conexión de la Topología "Standby-Ferro".



DE ORIGEN
 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura III.13.- Sistema de Interconexión Ideal de una Fuente No Interrumpible (UPS).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III.14.- Diagrama de Bloque(s) de una Fuente de Poder con Modo de "Switch".



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III.15.- Diagrama Típico de la Construcción y Alambrado de un Sistema de Poder.

	<p>UNITY/1 Three-Phase 10kVA/W - 220kVA/W Uninterruptible Power Systems</p> <p>Superior three phase power protection at lowest line price costs</p>	<p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Large manufacturing facilities that require 3-phase power • Computer centers, central processing units, controllers, control centers or industrial servers • Telecommunications equipment such as PBX and CAS systems • Applications where an abundance of output is required • Telecommunications applications
	<p>FERRUPS 500VA to 18kVA Uninterruptible Power Systems</p> <p>Unmatched flexibility of configuration power options for computers and telecommunications equipment</p>	<p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mainframe computers • Applications and distribution systems • Clustered file servers • Interconnecting computers • PBX and telephone control systems • Fax and control equipment • Database applications in line of duty computers
	<p>Rack-mount FERRUPS 500VA to 18kVA Uninterruptible Power Systems</p> <p>Unmatched flexibility of configuration power options for computers and telecommunications equipment</p>	<p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mid-range computers • Applications and database servers • Clustered file servers • Interconnecting computers • Fax and telephone control systems • Fax and control equipment • Database applications in line of duty computers
	<p>UNITY/1 Single-Phase 3kVA/W - 6kVA/W Uninterruptible Power Systems</p> <p>Wide range power protection for small office and computer networking</p>	<p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mid-range computers • Mainframe and database servers • File and fax servers • Interconnecting computers • Telecommunications equipment • Special voltage requirements

**¡ESTE CON
FALLA DE ORIGEN!**

Figura III.16.- Tipos y Características de los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS).

	Fortress 220VA - 30VA Uninterruptible Power System No-load power protection for network computing	Applications <ul style="list-style-type: none"> • Customer service • Equipment servers • LAN servers, workstations • Modem/terminal servers/bridges • CAD/CAM/CAI, workstations • Database workstations • Small business servers • PCs
	Raimount Fortress 220VA - 1470VA Uninterruptible Power System No-load power protection for network computing	Applications <ul style="list-style-type: none"> • Database servers • E-mail/terminal servers • LAN servers, workstations • Modem/terminal servers/bridges • CAD/CAM/CAI, workstations • Database workstations • Small business servers • PCs
	Patrol Pro 400VA - 1000VA Uninterruptible Power System No-load power protection for network computing	Applications <ul style="list-style-type: none"> • PCs • Workstations • Server servers
	Patrol 280VA - 850VA Uninterruptible Power System No-load power protection for network computing	Applications <ul style="list-style-type: none"> • PCs • Workstations • Customer service/retail • Point-of-Sale equipment
	SpokeFree Surge Protector Advanced surge protector for sensitive equipment, home/office	Applications <ul style="list-style-type: none"> • Amateur computer peripherals • PCs and workstations, not requiring power backup or voltage regulation • Home office equipment • Telephones and fax machines • Copiers and laser printers

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Figura III.16.- Tipos y Características de los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS). (Continuación).

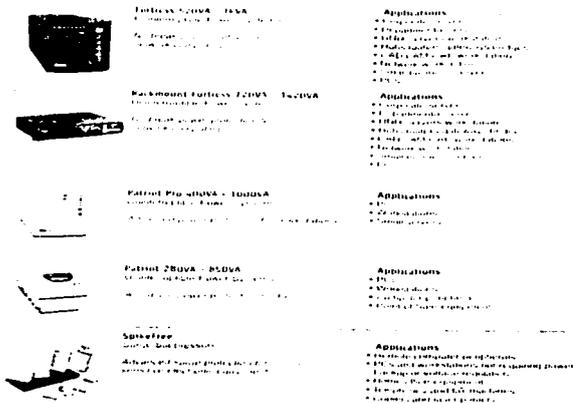


Figura III.16.- Tipos y Características de los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS). (Continuación).

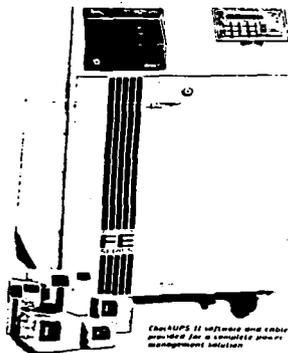
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

60 Hz Specifications for UNITY// Three-Phase 10kVA/kW to 220kVA/kW (50/60 Hz and 3-phase required)

Model	UT11	UT21	UT30	UT40	UT50	UT60	UT70	UT80	UT90	UT100	UT120	UT150	UT200	
Capacity (kVA)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200	
Capacity (kW)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200	
Input Voltage (V)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	
Output Voltage (V)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
Input Current (A)	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	150	187.5	250	
Output Current (A)	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	150	187.5	250	
Efficiency (%)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
Power Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
THD (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Harmonics (THD)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Weight (kg)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	180	225	300	
Dimensions (mm)	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000	1000x1000x1000
Notes	<p>1. All units are designed for indoor use.</p> <p>2. All units are designed for 60 Hz operation.</p> <p>3. All units are designed for 3-phase operation.</p> <p>4. All units are designed for 240V output.</p> <p>5. All units are designed for 0.95 power factor.</p> <p>6. All units are designed for 5% THD.</p> <p>7. All units are designed for 98% efficiency.</p> <p>8. All units are designed for 100% load.</p> <p>9. All units are designed for 100% duty cycle.</p> <p>10. All units are designed for 100% availability.</p>													

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura III. 18.- Especificaciones Técnicas de la Unidad UNITY// Trifásico.



FERRUPS II software and cable provided for a complete power management solution

Benefits and Features

Maximum performance for primary protection. Standby mode provides uninterrupted operation for backup, surge, battery, and load-line protection. Full range of protection controls with monitoring and control methods for complete system protection.

Provides 100% power regulation with up to 100% load range. Full range of protection controls with up to 100% load range. Full range of protection controls with up to 100% load range. Full range of protection controls with up to 100% load range.

Advanced power factor correction. Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

Full range of protection controls with up to 100% load range.

TECIS CON
FERRA DE ORIGEN

Figura III.19.- Fuente No Interrumpible FERRUPS de 500 VA a 18 kVA.

Technical Specifications for FERRUPS 500VA to 18kVA

Model	Capacity (VA)	Input Voltage (V)	Output Voltage (V)	Frequency (Hz)	Efficiency (%)	Power Factor	THD (%)	Surge Capacity (VA)	Hold-up Time (min)	MTBF (hours)	Dimensions (mm)	Weight (kg)
FERRUPS 500	500	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	1000	10	50000	100x100x100	1.5
FERRUPS 1000	1000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	2000	10	50000	150x100x100	2.5
FERRUPS 1500	1500	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	3000	10	50000	200x100x100	3.5
FERRUPS 2000	2000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	4000	10	50000	250x100x100	4.5
FERRUPS 3000	3000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	6000	10	50000	300x100x100	6.5
FERRUPS 4000	4000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	8000	10	50000	350x100x100	8.5
FERRUPS 5000	5000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	10000	10	50000	400x100x100	10.5
FERRUPS 6000	6000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	12000	10	50000	450x100x100	12.5
FERRUPS 7000	7000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	14000	10	50000	500x100x100	14.5
FERRUPS 8000	8000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	16000	10	50000	550x100x100	16.5
FERRUPS 9000	9000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	18000	10	50000	600x100x100	18.5
FERRUPS 10000	10000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	20000	10	50000	650x100x100	20.5
FERRUPS 12000	12000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	24000	10	50000	750x100x100	24.5
FERRUPS 15000	15000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	30000	10	50000	900x100x100	30.5
FERRUPS 18000	18000	100-240	120/230	50/60	85	0.95	15	36000	10	50000	1050x100x100	36.5

General Specifications:

- Input Voltage: 100-240V AC
- Output Voltage: 120V/230V AC
- Frequency: 50/60 Hz
- Efficiency: 85%
- Power Factor: 0.95
- THD: 15%
- Surge Capacity: 1000-36000 VA
- Hold-up Time: 10 min
- MTBF: 50000 hours

Environmental Specifications:

- Operating Temperature: 0°C to 40°C
- Storage Temperature: -20°C to 60°C
- Relative Humidity: 10% to 90%
- Vibration: 0.5g

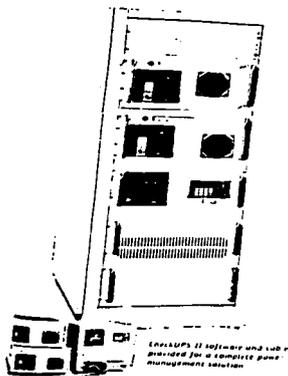
Safety Specifications:

- UL 1481, CE, FCC Class B
- Overload Protection: Yes
- Short Circuit Protection: Yes
- Over Temperature Protection: Yes
- Surge Protection: Yes

Warranty: 3 years or 50,000 hours, whichever comes first.

**YESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.20.- Especificaciones Técnicas de la Unidad FERRUPS de 500 VA a 18 kVA.



Benefits and Features *

Patented Inverter System for power up to 7500VA
 100% Pure Sine Wave Output
 100% Pure Sine Wave Output
 For use in sensitive loads such as medical equipment
 and scientific instruments

Emergency power-on for up to 10 minutes and
 shut-down and battery re-charge time of 10-15
 hours and full in-line maintenance capability

100% Pure Sine Wave Output
 100% Pure Sine Wave Output

Patented Inverter System for power up to 7500VA
 100% Pure Sine Wave Output

Emergency power-on for up to 10 minutes and
 shut-down and battery re-charge time of 10-15
 hours and full in-line maintenance capability

100% Pure Sine Wave Output
 100% Pure Sine Wave Output

Patented Inverter System for power up to 7500VA
 100% Pure Sine Wave Output

Emergency power-on for up to 10 minutes and
 shut-down and battery re-charge time of 10-15
 hours and full in-line maintenance capability

100% Pure Sine Wave Output
 100% Pure Sine Wave Output

Patented Inverter System for power up to 7500VA
 100% Pure Sine Wave Output

Emergency power-on for up to 10 minutes and
 shut-down and battery re-charge time of 10-15
 hours and full in-line maintenance capability

100% Pure Sine Wave Output
 100% Pure Sine Wave Output

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura III.21.- Fuente No Interrumpible "Rackmount" FERRUPS de 850 VA a 7 kVA.

60Hz Specifications for Rackmount FERRUPS 850VA to 7kVA

Model	Power (VA)	Input Voltage (V)	Output Voltage (V)	Efficiency (%)	THD (%)	Power Factor	Frequency (Hz)	Dimensions (mm)	Weight (kg)
FERRUPS 850VA	850	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	10
FERRUPS 1500VA	1500	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	15
FERRUPS 2000VA	2000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	20
FERRUPS 3000VA	3000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	30
FERRUPS 4000VA	4000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	40
FERRUPS 5000VA	5000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	50
FERRUPS 6000VA	6000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	60
FERRUPS 7000VA	7000	115/230	115/230	90	5	0.95	50/60	400x200x100	70

(Note: The table above is a reconstruction of the specifications provided in the image, which are extremely faint and difficult to read. The columns represent typical technical specifications for such units.)

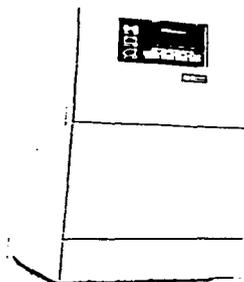
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.22.- Especificaciones Técnicas de la Unidad "Rackmount" FERRUPS de 850 VA a 7 kVA.

Specifications for UNITY/I Single-Phase 3kVA/kW to 8kVA/kW

Model	UTM	UTM	UTM	UTM
1. General Name				
2. Description of the Unit				
3. Input Voltage	230V	230V	230V	230V
4. Output Voltage	230V	230V	230V	230V
5. Input Power	3kVA	3kVA	3kVA	3kVA
6. Output Power	3kW	3kW	3kW	3kW
7. Efficiency	95%	95%	95%	95%
8. Power Factor	0.95	0.95	0.95	0.95
9. Frequency	50Hz	50Hz	50Hz	50Hz
10. Dimensions (H x W x D)	100 x 100 x 100			
11. Weight	10kg	10kg	10kg	10kg
12. Environmental Conditions				
13. Safety Features				
14. Compliance				
15. Notes				
16. Additional Information				
17. Contact Information				
18. Revision History				
19. Approval				
20. Date				

Figura III.24.- Especificaciones Técnicas de la Unidad Monofásica UNITY/I de 3 kVA/kW a 8 kVA/kW.



Benefits and Features

- Provides a regulated, steady-state voltage to sensitive loads during a power outage.
- Provides a clean, sine-wave output, free from the noise and distortion of other power sources.
- Provides a constant voltage output, regardless of the input voltage.
- Provides a constant current output, regardless of the load.
- Provides a constant power output, regardless of the load.
- Provides a constant frequency output, regardless of the input frequency.
- Provides a constant phase output, regardless of the input phase.
- Provides a constant power factor output, regardless of the input power factor.
- Provides a constant efficiency output, regardless of the input efficiency.
- Provides a constant reliability output, regardless of the input reliability.
- Provides a constant safety output, regardless of the input safety.
- Provides a constant security output, regardless of the input security.
- Provides a constant quality output, regardless of the input quality.
- Provides a constant quantity output, regardless of the input quantity.
- Provides a constant value output, regardless of the input value.
- Provides a constant quality output, regardless of the input quality.
- Provides a constant quantity output, regardless of the input quantity.
- Provides a constant value output, regardless of the input value.

**¡ÉXITO CON
FALLA DE ORIGEN!**

Figura III.25.- Fuente No Interrumpible FORTRESS de 1.7 kVA a 3 kVA.

120V Specifications for Fortress 520VA to 1420VA

Section	Location	Quantity	Material	Quantity
1.0 GENERAL				
1.1 SUMMARY				
1.2 REFERENCES				
1.3 RELATED SECTIONS				
2.0 DESCRIPTION				
2.1 UNIT				
2.2 MATERIALS				
2.3 MANUFACTURE				
2.4 INSTALLATION				
2.5 MAINTENANCE				
3.0 EXECUTION				
3.1 PREPARATION				
3.2 INSTALLATION				
3.3 FINISHES				
3.4 PROTECTION				
3.5 CLEANING				
3.6 TESTING				
3.7 ACCEPTANCE				
3.8 MAINTENANCE				
3.9 WARRANTY				
4.0 RELATED SECTIONS				
5.0 NOTES				
5.1 GENERAL				
5.2 SPECIFIC				
5.3 COMMENTS				

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.28.- Especificaciones Técnicas de la Unidad FORTRESS de 520 VA a 1420 VA.

120V Specifications for Rackmount Fortress 720VA to 1420VA

	120V	120V	120V
1. General			
1.1 Description			
1.2 Application			
1.3 Installation			
1.4 Maintenance			
1.5 Safety			
1.6 Environmental			
1.7 Performance			
1.8 Reliability			
1.9 Test Methods			
1.10 Acceptance			
1.11 Packaging			
1.12 Marking			
1.13 Identification			
1.14 Labeling			
1.15 Documentation			
1.16 Training			
1.17 Support			
1.18 Spare Parts			
1.19 Warranty			
1.20 Other			
2. Performance			
2.1 Capacity			
2.2 Efficiency			
2.3 Power Factor			
2.4 Voltage Regulation			
2.5 Load Regulation			
2.6 Temperature Rise			
2.7 Noise			
2.8 EMI/RFI			
2.9 Safety			
2.10 Reliability			
2.11 Test Methods			
2.12 Acceptance			
2.13 Packaging			
2.14 Marking			
2.15 Identification			
2.16 Labeling			
2.17 Documentation			
2.18 Training			
2.19 Support			
2.20 Spare Parts			
2.21 Warranty			
2.22 Other			
3. Environmental			
3.1 Temperature			
3.2 Humidity			
3.3 Vibration			
3.4 Shock			
3.5 Electromagnetic Interference			
3.6 Safety			
3.7 Reliability			
3.8 Test Methods			
3.9 Acceptance			
3.10 Packaging			
3.11 Marking			
3.12 Identification			
3.13 Labeling			
3.14 Documentation			
3.15 Training			
3.16 Support			
3.17 Spare Parts			
3.18 Warranty			
3.19 Other			
4. Safety			
4.1 Electrical Safety			
4.2 Mechanical Safety			
4.3 Environmental Safety			
4.4 Safety			
4.5 Reliability			
4.6 Test Methods			
4.7 Acceptance			
4.8 Packaging			
4.9 Marking			
4.10 Identification			
4.11 Labeling			
4.12 Documentation			
4.13 Training			
4.14 Support			
4.15 Spare Parts			
4.16 Warranty			
4.17 Other			
5. Reliability			
5.1 Mean Time Between Failures			
5.2 Mean Time To Repair			
5.3 Reliability			
5.4 Test Methods			
5.5 Acceptance			
5.6 Packaging			
5.7 Marking			
5.8 Identification			
5.9 Labeling			
5.10 Documentation			
5.11 Training			
5.12 Support			
5.13 Spare Parts			
5.14 Warranty			
5.15 Other			
6. Test Methods			
6.1 Performance			
6.2 Environmental			
6.3 Safety			
6.4 Reliability			
6.5 Test Methods			
6.6 Acceptance			
6.7 Packaging			
6.8 Marking			
6.9 Identification			
6.10 Labeling			
6.11 Documentation			
6.12 Training			
6.13 Support			
6.14 Spare Parts			
6.15 Warranty			
6.16 Other			
7. Acceptance			
7.1 Performance			
7.2 Environmental			
7.3 Safety			
7.4 Reliability			
7.5 Test Methods			
7.6 Acceptance			
7.7 Packaging			
7.8 Marking			
7.9 Identification			
7.10 Labeling			
7.11 Documentation			
7.12 Training			
7.13 Support			
7.14 Spare Parts			
7.15 Warranty			
7.16 Other			
8. Packaging			
8.1 Performance			
8.2 Environmental			
8.3 Safety			
8.4 Reliability			
8.5 Test Methods			
8.6 Acceptance			
8.7 Packaging			
8.8 Marking			
8.9 Identification			
8.10 Labeling			
8.11 Documentation			
8.12 Training			
8.13 Support			
8.14 Spare Parts			
8.15 Warranty			
8.16 Other			
9. Marking			
9.1 Performance			
9.2 Environmental			
9.3 Safety			
9.4 Reliability			
9.5 Test Methods			
9.6 Acceptance			
9.7 Packaging			
9.8 Marking			
9.9 Identification			
9.10 Labeling			
9.11 Documentation			
9.12 Training			
9.13 Support			
9.14 Spare Parts			
9.15 Warranty			
9.16 Other			
10. Identification			
10.1 Performance			
10.2 Environmental			
10.3 Safety			
10.4 Reliability			
10.5 Test Methods			
10.6 Acceptance			
10.7 Packaging			
10.8 Marking			
10.9 Identification			
10.10 Labeling			
10.11 Documentation			
10.12 Training			
10.13 Support			
10.14 Spare Parts			
10.15 Warranty			
10.16 Other			
11. Labeling			
11.1 Performance			
11.2 Environmental			
11.3 Safety			
11.4 Reliability			
11.5 Test Methods			
11.6 Acceptance			
11.7 Packaging			
11.8 Marking			
11.9 Identification			
11.10 Labeling			
11.11 Documentation			
11.12 Training			
11.13 Support			
11.14 Spare Parts			
11.15 Warranty			
11.16 Other			
12. Documentation			
12.1 Performance			
12.2 Environmental			
12.3 Safety			
12.4 Reliability			
12.5 Test Methods			
12.6 Acceptance			
12.7 Packaging			
12.8 Marking			
12.9 Identification			
12.10 Labeling			
12.11 Documentation			
12.12 Training			
12.13 Support			
12.14 Spare Parts			
12.15 Warranty			
12.16 Other			
13. Training			
13.1 Performance			
13.2 Environmental			
13.3 Safety			
13.4 Reliability			
13.5 Test Methods			
13.6 Acceptance			
13.7 Packaging			
13.8 Marking			
13.9 Identification			
13.10 Labeling			
13.11 Documentation			
13.12 Training			
13.13 Support			
13.14 Spare Parts			
13.15 Warranty			
13.16 Other			
14. Support			
14.1 Performance			
14.2 Environmental			
14.3 Safety			
14.4 Reliability			
14.5 Test Methods			
14.6 Acceptance			
14.7 Packaging			
14.8 Marking			
14.9 Identification			
14.10 Labeling			
14.11 Documentation			
14.12 Training			
14.13 Support			
14.14 Spare Parts			
14.15 Warranty			
14.16 Other			
15. Spare Parts			
15.1 Performance			
15.2 Environmental			
15.3 Safety			
15.4 Reliability			
15.5 Test Methods			
15.6 Acceptance			
15.7 Packaging			
15.8 Marking			
15.9 Identification			
15.10 Labeling			
15.11 Documentation			
15.12 Training			
15.13 Support			
15.14 Spare Parts			
15.15 Warranty			
15.16 Other			
16. Warranty			
16.1 Performance			
16.2 Environmental			
16.3 Safety			
16.4 Reliability			
16.5 Test Methods			
16.6 Acceptance			
16.7 Packaging			
16.8 Marking			
16.9 Identification			
16.10 Labeling			
16.11 Documentation			
16.12 Training			
16.13 Support			
16.14 Spare Parts			
16.15 Warranty			
16.16 Other			

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.30.- Especificaciones Técnicas de la Unidad "Rackmount" FORTRESS de 720 VA a 1420 VA.

120V Specifications for Patriot Pro 400VA to 1000VA

Section	Requirement	Part No.	Part Description
General	1. Input Voltage	120V	120V AC
	2. Output Voltage	120V	120V AC
	3. Output Current	400VA	400VA
	4. Output Power	400VA	400VA
	5. Efficiency	80%	80%
	6. Regulation	±1%	±1%
	7. Ripple	1%	1%
	8. Noise	50dB	50dB
	9. Temperature	0°C to 40°C	0°C to 40°C
	10. Humidity	5% to 95%	5% to 95%
Performance	1. Load Regulation	±1%	±1%
	2. Line Regulation	±1%	±1%
	3. Short Circuit Protection	Yes	Yes
	4. Over Current Protection	Yes	Yes
	5. Over Temperature Protection	Yes	Yes
	6. Input Protection	Yes	Yes
	7. Output Protection	Yes	Yes
	8. Surge Protection	Yes	Yes
	9. EMI/RFI	Yes	Yes
	10. Safety	Yes	Yes
Environmental	1. Shock	Yes	Yes
	2. Vibration	Yes	Yes
	3. Humidity	Yes	Yes
	4. Temperature	Yes	Yes
	5. Altitude	Yes	Yes
	6. Ingress Protection	Yes	Yes
	7. Electromagnetic Interference	Yes	Yes
	8. Radio Frequency Interference	Yes	Yes
	9. Safety	Yes	Yes
	10. Reliability	Yes	Yes

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.32.- Especificaciones Técnicas de la Unidad PATRIOT PRO de 400 VA a 1000 VA.



Benefits and Features

Provides regulated output, built-in protection against short-circuiting.

Offers 200-watt output, 280 VA, 850 VA, 1000 VA, 1500 VA, 2000 VA, 3000 VA, 4000 VA, 5000 VA, 6000 VA, 7000 VA, 8000 VA, 9000 VA, 10000 VA.

280 VA output, 850 VA, 1000 VA, 1500 VA, 2000 VA, 3000 VA, 4000 VA, 5000 VA, 6000 VA, 7000 VA, 8000 VA, 9000 VA, 10000 VA.

Output is regulated to 1% accuracy, built-in protection against short-circuiting, overload, and over-temperature.

Wide frequency of operation, 50 Hz to 400 Hz.

Adjustable output voltage, 0 to 30 V, 0 to 100 V, 0 to 200 V, 0 to 300 V, 0 to 400 V, 0 to 500 V, 0 to 600 V, 0 to 700 V, 0 to 800 V, 0 to 900 V, 0 to 1000 V.

280 VA, 850 VA, 1000 VA, 1500 VA, 2000 VA, 3000 VA, 4000 VA, 5000 VA, 6000 VA, 7000 VA, 8000 VA, 9000 VA, 10000 VA.

Low cost, high reliability, and long life expectancy. Available in many configurations, including 1000 VA, 1500 VA, 2000 VA, 3000 VA, 4000 VA, 5000 VA, 6000 VA, 7000 VA, 8000 VA, 9000 VA, 10000 VA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura III.33.- Fuente No Interruptione PATRIOT de 280 VA a 850 VA.

CAPÍTULO IV.

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECTIFICADORES UTILIZADOS EN FUENTES NO INTERRUPTIBLES DE VOLTAJE. (UPS).

IV.1.- Descripción General del Equipo HPS μ V 50-75.

El equipo HPS μ V 50-75 está diseñado para suministrar un voltaje regulado de corriente directa (C-D) para equipo de cómputo y telecomunicaciones. Con un banco de baterías conectado alrededor de sus salidas, mantendrá continuidad en la fuente de alimentación bajo cualquier condición de operación.

El equipo HPS μ V 50-75 emplea una tecnología de conmutación simple y tiene un alto factor de potencia, con lo cual se minimiza el calibre del cableado de entrada y proporciona un contenido bajo de armónicas en la entrada de corriente.

Esta unidad proporciona los requerimientos técnicos especificados para equipo de telecomunicaciones tal como un bajo nivel de ruido y de repetición de ondas, una respuesta dinámica rápida para cargar cambios, alta estabilidad en la salida y otras características críticas.

El equipo HPS μ V 50-75 está diseñado para ser montado sobre un "Rack", pero también puede ser configurado para trabajar sin empotrar. El equipo es controlado por un microcontrolador, pero también tiene la capacidad de ser manejado manualmente. En la configuración de "Rack" muchos rectificadores están en paralelo de tal forma que se tiene la posibilidad de obtener un alto valor de corriente a la salida.

En este sistema se requiere de una configuración especial para controlar los rectificadores y poder verificar continuamente otros parámetros del sistema tales como el voltaje, temperatura, corriente, etcétera, también como proporcionar un indicador de alarma en caso de fallas y comunicar a través de un nivel alto el control de señales hacia un ordenador (estas características definen al sistema SC 2012 el cual a sido diseñado de manera especial para controlar los 12 rectificadores del equipo HPS μ V 50-75).

IV.1.1.- Características del Equipo HPSuV 50-75.

- Y Corriente de Conmutación igual a Cero para Operación Crítica.
- Y Microcontrolador que garantiza una operación precisa bajo cualquier condición.
- Y Alto factor de potencia a la entrada.
- Y Una plataforma de conversión de potencia.
- Y Puerto serial para comunicación con un ordenador o un controlador externo.
- Y Opción para control manual.
- Y Medición de Voltaje, Temperatura, Corriente y otro(s) tipo(s) de medida a través del puerto serial.
- Y Disponibilidad de un "display" grande e iluminado para lectura(s) conveniente(s).
- Y Compartición de corriente durante la operación en paralelo del equipo.
- Y Pequeño y ligero.

IV.2.- Teoría de Operación del Equipo HPSuV 50-75.

El siguiente Diagrama de Bloque, especifica las seis unidades que configuran el equipo HPSuV 50-75.

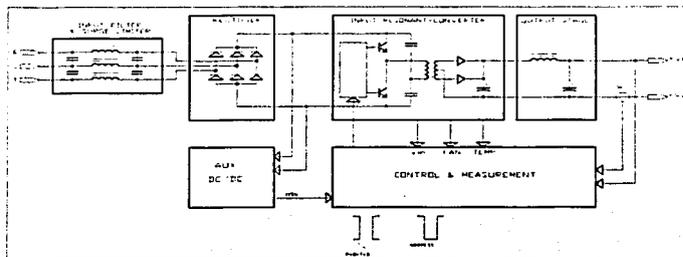


Figura IV.1.- Diagrama de Bloque del Equipo HPSuV 50-75.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.- Filtro de entrada limitador de arranque.- La primer plataforma es la de filtro de entrada. Aquí, en ruido es atenuado por filtro de entrada y por protección en el arranque. Éstas protegen la plataforma de entrada de voltajes peligrosos que podrían aparecer en el arranque del sistema.

2.- Rectificador.- Un rectificador trifásico convierte los voltajes de entrada dentro de un alto voltaje aplicado en la plataforma de entrada de energía.

3.- Convertidor de Entrada Resonante.- Esta plataforma es un conmutador resonante de corriente. Cero el cual convierte el alto voltaje de entrada a un bajo voltaje de salida de corriente directa (CD). Ésta plataforma también suministra el aislamiento que utilizan los transformadores de lata frecuencia.

Otra característica única de esta plataforma es la posibilidad de que la entrada de corriente tome forma con un alto factor de potencia sin la necesidad de colocar un circuito extra para corregir el factor de potencia. De esta forma, el proceso íntegro de transformación de energía se da en un sólo ciclo.

4.- Plataforma de salida.- El voltaje de salida es pasado por un filtro de salida que reduce el nivel de ruido y de armónicas.

5.- Circuito Auxiliar CD/CD.- Estos circuitos son alimentados por una fuente de voltaje auxiliar CD/CD. Esta fuente es alimentada por un rectificador de alto voltaje a partir de un nivel de entrada del propio rectificador.

6.- Control y Medida.- El circuito de potencia es controlado por un microcontrolador. Este controlador es también responsable de las mediciones, indicaciones y también para desplegar información importante en la comunicación con el sistema de control.

7.- Sección de Potencia.- Esta sección consiste de dos IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) conectado en una configuración de puente de media onda. Un circuito tanque resonante LC fuerza una corriente cuasi-senoidal la cual incrementa de forma senoidal mientras el IGBT conduce de manera lineal y se descarga hasta cero. En éste punto el IGBT de apaga facilitando el cambio a una corriente en cero. Esto minimiza las pérdidas dinámicas de los transistores y aumenta su eficiencia.

El control de esta plataforma es dado por el cambio en la frecuencia. Esto compensa al convertidor para poder cargar cierto incremento en la línea de voltaje pero disminuye la velocidad en el cambio. Esto permite mayores niveles de energía que entran al sistema.

En orden de limitar la frecuencia mínima al rango del oído humano a un nivel bajo (25% o menos del valor nominal), éste convertidor cambia el modo de operación a una PWM (*Constant Frequency Pulse Width Modulation*).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El bajo voltaje de salida de corriente directa permite el uso de diodos de potencia Schottky que minimizan la estática y las pérdidas dinámicas.

8.- Sección de Control.- La sección de control consiste de un microcontrolador central (incluyendo un convertidor A/D), circuito de realimentación, sección de referencia, voltaje de salida y el instrumental para medición de temperatura y de corriente.

El voltaje de referencia junto con la limitación de corriente están controlados directamente por el microcontrolador de tal manera que se pueda obtener un control completo de la salida a través de una línea de comunicación con el sistema de control total. Esta conexión y reconocimiento de dirección de los rectificadores son suministrados por esta misma sección.

El controlador tiene un mecanismo doble de alimentación (Entrada de C-A o salida de C-D) en orden para mantener el control del proceso aún durante una falla en la línea de alimentación. Esto es esencial para restaurar valores en la memoria y mantener la comunicación con el sistema de control.

El rectificador identifica su ubicación en el espacio dedicado al circuito de rectificación "leyendo" la dirección de esa ubicación. Esto es esencial cuando se tiene en operación múltiples rectificadores sin la necesidad de cambiar direcciones en los rectificadores, esto proporciona un sistema de conexiones verdadero en caso de que varios rectificadores fueran intercambiados.

Para permitir trabajar sin el sistema de control o durante una falla, el equipo HPS μ V 50-75 tiene tres potenciómetros que permiten una operación manual.

Éstas incluyen:

- Cambio de valor en el voltaje flotante.
- Cambiar el voltaje de igualdad.
- Cambiar desde el modo flotante al modo de igualdad y viceversa.
- Limitar la salida de corriente en el modo de C-D.

En el modo REMOTO, sin embargo, el rectificador es controlado sólo por el sistema de control a través del puerto serial.

El sistema es enfriado usando un ventilador alimentado por voltaje de corriente directa. La circuitería de control verifica el funcionamiento del ventilador y también la temperatura interna para la protección del sistema y en caso de existir una falla se activa una alarma de notificación.

TRES CON
FALLA DE ORIGEN

Diodos Emisores de Luz (LED) Indicadores:

- (1) "**DC O.K.**".- Salida de voltaje en rango. Parpadea en limitación de corriente.
- (2) "**AC O.K.**".- Entrada de voltaje en rango.
- (3) "**FAILURE**".- Falla en el rectificador. Se coloca en color rojo cuando hay una salida alta de voltaje. Parpadea cuando detecta alta temperatura o cuando ocurre una falla en el ventilador.
- (4) "**REMOTE**".- El rectificador es controlado de forma remota.
- (5) "**FLOAT**".- El rectificador está en el modo "flotante" de manera manual.
- (6) "**EQUALIZE**".- El rectificador está en modo de equalizador (mezclador).
- (7) "**VOLT**".- Leyendo la salida de voltaje.
- (8) "**AMP**".- Leyendo salida de corriente.

Nota: Cuando la temperatura es desplegada en grados centígrados; los indicadores 7 y 8 están apagados.

Controles:

- (1) "**V/A°C**".- Este botón es usado para mostrar en el display información importante: voltaje, corriente o temperatura.
- (2) "**RMT/EQ/FL**".- Este botón es usado para cambiar el modo de operación del rectificador: manual, remota y modo de carga flotante.
- (3) "**RESET**".- El rectificador puede ser reinicializado con este botón.

Nota: En modo "REMOTE" la salida de voltaje es puesta automáticamente por el controlador del sistema en un rango de 48 a 62 Volts.

En modo "FLOAT" la salida de voltaje es puesta manualmente por el potenciómetro localizado cerca del indicador apropiado en un rango de 48 a 54 Volts.

En modo "EQUALIZE" la salida de voltaje es puesta manualmente por el potenciómetro localizado muy cerca del indicador (Led) apropiado para un rango de 50 a 60 Volts.

Cuando una salida de voltaje es muy baja, ésta se indica por (L35V) por más de cinco segundos, el mensaje "Low" es desplegado y el rectificador detiene su operación. Se puede recobrar la operación vía una reinicialización del sistema o también, desconectando y reconectando la entrada.

En cualquier caso (control manual o automático) la salida de corriente está limitada por el potenciómetro "C/L". El ajuste del límite de corriente está en el rango de 45 a 55 Amp.

- (4) "**DC OUTPUT**".- La salida del circuito está protegida y conectada en serie con el polo (-).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pin N°	Signal Name	In / Out	Level	Signal Description
4	R	In	380VAC	"R" phase Input
5	S	In	380VAC	"S" phase Input
6	T	In	380VAC	"T" phase Input
2	GND	In		Input Power Ground

- Notes:** (1) Voltage level in respect to output negative terminal.
 (2) Via an internal pull-up resistor. "0" is applied by shorting this pin to "AddCom" pin (#35). "1" is applied by leaving this pin open.
 (3) Floating pin in respect to input/output pins.
 (4) Optional.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura IV.3.- Descripción Posterior del Panel.

IV.4.- Comunicación con Periféricos.

Este dispositivo puede ser conectado hacia un ordenador personal o un sistema de control especial. La interfase de comunicación es serial y reensambla la interfase excepto para los niveles de voltaje. Usando el puerto serie, el controlador puede suministrar las siguientes funciones:

- ✓ Control de las salidas de voltaje.
- ✓ Control de la salida de corriente por control de los niveles de límite de corriente.
- ✓ Medida de la salida de voltaje del rectificador y lectura(s) en la(s) transmisiones.
- ✓ Medida de la corriente de salida del rectificador y lectura(s) en las(s) transmisiones.
- ✓ Transmitir el estatus del rectificador e cualquier momento.

Cuando se usa un sistema de potencia paralelo cada uno de los rectificadores debe ser conectado al mismo bus con el sistema general como se muestra en la figura IV.3. Las terminales (Rx, Tx, COM) de los rectificadores deben ser conectadas respectivamente con las terminales (Tx, Rx, COM) del sistema controlador. Sin embargo, cada rectificador debe ser asignado a diferentes direcciones por el uso de las terminales "A0" a "A4" y por "AddCom".

Cuando se usa con un Ordenador, el rectificador debe ser conectado a través de un simple adaptador para acoplar los niveles de voltaje del rectificador hacia el ordenador.

I N P U T	Voltage	400V + 10%-15% : 3Φ
	Current	7A (nominal) : 3Φ
	Frequency	45 to 65 Hz
	Power Factor	0.95 @ nominal input/output
O U T	Remote Range	48 - 60 V
	Remote Default Voltage	54 V
	Voltage Step Resolution	12 mV @ REMOTE mode
	Float Mode Range Adjust	48 - 54 V
	Equalize Mode Range Adjust	50 - 60 V
	Voltage Static Regulation	± 0.5 %
	Voltage Dynamic Regulation	< 1 V , 16 mS recovery, 50% ↔100% load step
	Current	75 A
	C/L Manual Adjust Range	65 - 85A
	Soft Start Time	5 Seconds approx.
U T	Psophometric Noise	-56 dBV, 600Ω
	Peak to Peak Ripple	< 250 mV
G E N E R A L	R.M.S Ripple	< 10 mV
	Overall Efficiency	0.91 @ 400 V input , 54 V output
	Acoustic Noise	< 50 dBA @ 1m distance
	ESD Immunity	15 KV air discharge
	Lightning Immunity	6KV, 2KA
	Dielectric Strength	4.23KVDC input-output
		2.12KVDC input-output
		1.7 KVDC input-output
	Earth Leakage Current	< 10mA
	Dimensions (mm)	147(W) x 474(D) x 266(H)
Weight	10 Kg	
EMC	FCC15 class A	
Indications	DC voltage, DC current, internal Temperature, FAN failure, high- volt, High-temp, AC O.K., current-limit, Shutdown, RMT, FLT, EQU, fault	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura IV.4.- Especificaciones Técnicas del Equipo.

IV.5.- Instalación.

Los siguientes requerimientos para una instalación adecuada deben ser total y completamente filtradas antes de la operación de la unidad:

- ❖ Se debe aterrizar adecuadamente la unidad antes de la puesta en operación. Para ello se debe utilizar un alambre 12 AWG.
- ❖ El uso de un interruptor de circuito magnético (*Magnetic Circuit Breaker*, MCB) en el circuito primario es altamente recomendado. Si se usa un MCB, éste debe ser de 16 Amp. y del tipo trifásico.. Sin embargo, la entrada es también protegida por fusibles internos en cada fase.
- ❖ Los cables de salida deben ser demasiado gruesos para llevar una corriente superior a 80 Amp. Una sección de área de 35 mm² puede ser usada para estos cables. El usuario debe estar informado de la caída de voltaje sobre los cables de salida de acuerdo a la longitud y grosor del área seccional utilizada.
- ❖ Una unidad dañada o abierta no debe ser nunca instalada.
- ❖ La unidad no debe ser sujeta a una muy alta temperatura o en un ambiente con una alta densidad de humedad.
- ❖ La unidad usa un ventilador para enfriarse; por lo tanto, permite una apropiada ventilación y, no se obstruyen los agujeros del frente o detrás de la unidad.
- ❖ No exponer la unidad a una fuente directa de luz (solar o artificial) y/o químicos abrasivos.
- ❖ No permitir conectar una gran cantidad de rectificadores en serie.

IV.6.- Operación del Equipo.

Esta unidad puede ser usada como una fuente de voltaje. En esta configuración es posible controlar el sistema por medio del puerto serie, usando un simple adaptador y paquetes y programas de instalación.

Si usar un Ordenador, el rectificador proporcionará un voltaje de salida de 54.4 Volts en el modo "REMOTE". Sin embargo, la salida de voltaje puede ser puesta a punto manualmente por el conjunto de potenciómetros localizados sobre el frente del panel.

El límite de corriente puede ser puesto a punto a través del potenciómetro "C/L".

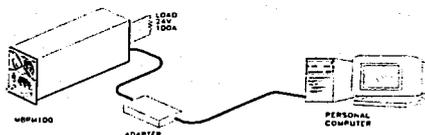


Figura IV.5.- Operación del Sistema en forma "Única".

La operación modular del sistema se lleva a cabo a partir de lo siguiente:

El equipo HPS μ V 50-75 está diseñado para ser usado en una operación en paralelo, utilizando un sistema modular de potencia. En esta configuración, el usuario puede ganar una alta capacidad de manejo de corriente de acuerdo a parámetros preestablecidos.

Para esta configuración, un sistema especial de control es usado como monitor y "control" de hasta 12 rectificadores en paralelo. Para propósitos de censo de parámetros tales como corriente y temperatura, se emplea un método adicional periférico. Este método está especialmente diseñado para las necesidades del usuario.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Funciones y Características del Controlador:

- Medida y muestra de los parámetros de la línea de entrada de voltaje.
- Medida y muestra de los parámetros de salida del rectificador/cargador.
- Medida y muestra de los parámetros de la batería.
- Indicación del estatus y del fusible de la batería.
- Indicación de estatus de los contactores.
- Control del rectificador, incluyendo el apagado del equipo.
- Compensación de temperatura y voltaje de la batería.
- Detección individual de fallo de la unidad.
- Alarma y otras indicaciones en el Cristal Líquido de Cuarzo, (LCD).
- Detección e indicación de los límites de salida de voltaje de Corriente Continua, (C-C).
- Detección e indicación de un nivel bajo de batería.
- Comunicaciones hacia un ordenador personal externo a través de su propio puerto.
- Compartición uniforme de la salida de corriente total entre los rectificadores.
- Manejo de hasta 64 módulos de sensores periféricos.
- Manejo del sistema de control de temperatura.
- Comunicación a través de una línea telefónica.

Módulos únicos son usados para una verificación tanto a nivel local como en modo remoto de los principales parámetros como: voltajes, corrientes, temperaturas, etcétera. El controlador del sistema maneja hasta 64 módulos. Los módulos están localizados cerca del lugar de censado. Éstos miden señales análogas y las convierte a señales digitales. Las señales digitales son transmitidas a través de un puerto de comunicaciones. Los módulos pueden ser configurados a través del propio sistema. Se tienen las siguientes características:

- Medición en tres fases en el sistema de Corriente Alterna (C-A) de voltajes, corrientes y frecuencia.
- Medición de voltaje en el sistema de Corriente Continua (C-C) con 12 bits de resolución.
- Módulo para sensar temperatura (entre 8 sensores por módulo).
- Módulo para sensar corriente (2 canales por módulo).
- Módulo de control para cada contactor (4 contactores por módulo).
- Módulo para sensar el fusible de protección (4 fusibles por módulo).

IV.7.- Mantenimiento del Equipo.

Para evitar daño en la unidad no usar detergentes para su limpieza, líquidos o solventes. Sólo limpiar la parte frontal del panel con un lienzo seco. (No usar agua para limpiar el módulo ya que el agua puede penetrar hacia el interior del equipo a través de los orificios de ventilación y causar un cortocircuito).

Para reemplazar los fusibles se debe desconectar el equipo de la línea de alimentación, abrir la cubierta y sacar el(los) fusible(s) dañado(s) desde su(s) base(s). Posteriormente, se inserta(n) el(los) fusible(s) del mismo tipo y valores (250V/15A).

IV.8.- Tabla de posibles Problemas con el Equipo y su posible Solución.

En caso de una operación no satisfactoria del equipo, favor de consultar primero la siguiente Tabla, si los problemas persisten, contactar al Centro Autorizado de Servicio de la localidad:

SINTOMA.	REMEDIO.
El rectificador no indica "nada".	(1) Verificar si hay voltaje de entrada. (2) Verificar la línea de fusibles.
El LED indicador de "C-A" está apagado.	Verificar como propia y adecuada la entrada de voltaje.
El LED de "C-D" está encendido por un minuto y después se apaga.	Verificar que la salida esté cortocircuitada.
Se activa el indicador de "HLT".	Esperar unos minutos, presionar la tecla de Reinicio ("RESET") y verificar la operación normal del sistema.
EL LED de "C-D" está parpadeando.	El rectificador está en el límite de corriente, normal para la condición de carga para la batería. El error debe desaparecer después de lo anterior; sino, verificar la carga.
El rectificador no está suministrando corriente.	La salida del MCB está abierta.

**YESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CONCLUSIONES.

La finalidad del presente trabajo de tesis es dar a conocer los criterios y teoría necesaria para la selección y puesta a punto de un equipo de respaldo que garantice la operación de un equipo de cómputo sin ningún tipo de interrupciones o de pérdidas en la práctica.

La falta de experiencia sobre este tema ha provocado que muchos proyectos de instalación eléctrica para equipo de cómputo (incluyendo por supuesto, la selección de una unidad de respaldo no interrumpible), se lleven a cabo de forma errónea e incorrecta; y en muchos casos, sin aplicar las normas para instalaciones eléctricas. Con demasiada frecuencia, no se han tenido en cuenta, medidas eficaces para la protección de los equipos de cómputo, aspecto éste, muy importante para mantener la integridad de la información que se maneja y también, para cuidar el equipo que tiene un alto valor comercial.

Por lo anterior, la(s) instalación(es) eléctrica(s) se ha(n) de planificar desde un principio de forma tal, que quede garantizado el abastecimiento y calidad de la energía eléctrica para las exigencias del equipo de cómputo instalado; además, de que los equipos cumplan con sus objetivos. Las necesidades eléctricas especiales que requiere el equipo de cómputo se resumen en tres aspectos generales: eliminación del ruido eléctrico y térmico; continuidad con el servicio y la calidad (cantidad) de la energía suministrada. De estos puntos se deriva la diferencia entre una instalación eléctrica de uso general y una instalación de uso especial. Los parámetros más importantes que debe resolver un proyecto eléctrico para equipo de cómputo son: voltaje, corriente, frecuencia, potencia, polarización y regulación.

En el ambiente de los ordenadores personales se pueden controlar muchas cosas; excepto el aspecto eléctrico. Por múltiples razones, esta energía no sale "limpia" y "exacta" como se requiere. Sin embargo, no siempre es culpa de la Compañía de Luz, en muchas ocasiones, es problema de la administración del edificio donde está alojado el equipo de cómputo; por lo que, es importante pensar en la energía eléctrica y una instalación adecuada de la misma desde que se diseña y distribuye una oficina, un centro de cómputo, un Café-Internet o cualquier otro espacio que utilice equipos de cómputo. Seguramente más de una vez se han percibido cualquiera de los siguientes problemas:

- ❖ El ordenador misteriosamente "se congela".
- ❖ Aparecen mensajes de error de memoria indebidos.
- ❖ Se pierden datos en el disco duro.
- ❖ Se dañan los circuitos integrados de la tarjeta principal.
- ❖ Hay ruido(s) en la transmisión de datos y errores en los periféricos.

La cantidad de conflictos que se generan por el suministro de energía es enorme, pues su gama se extiende de los fenómenos naturales a los humanos, descargas atmosféricas, proximidad de equipo con gran absorción de corriente, un mal cableado o un exceso de aparatos conectados a la misma línea de alimentación eléctrica.

Las instalaciones para equipos de cómputo requieren de una tecnología de energía transformada, polarizada, regulada y aislada antes de su instalación; para aumentar su confiabilidad, tolerancia a fallas y funcionamiento del sistema total. Los sistemas de cómputo (tanto en red, como en usuario único) son demasiado sensibles dentro de sus ambientes de energía. Por tal razón, se debe analizar cómo está la conexión eléctrica en los locales que alojarán los equipos de cómputo.

Las instalaciones eléctricas para redes de cómputo en México se han dado en dos etapas: La primera es la de los edificios que ya tienen muchos años de contruidos, sobre todo los que se encontraban operando y conforme fueron creciendo incorporaron máquinas de escribir hasta llegar a la instalación de un sistema de cómputo en red o con usuarios trabajando de forma independiente. Si ya se tenía en operación máquinas independientes operando, esos equipos estaban conectados a un contacto en la pared y, su operación era totalmente ajena a otro equipo que estuviera en otro departamento o piso.

El problema viene al tratar de comunicar esas dos máquinas en red porque se comunican a través de la tierra física de la red local y la instalación eléctrica del edificio. Si ésta no en buena, inmediatamente vienen los problemas, pueden ocurrir daños físicos hacia los equipos por una mala instalación eléctrica; esto debido a los diferentes niveles de tierra física virtual, donde al comunicar pisos a través de una red, se producen corrientes de fuga y si son muy grandes, pueden llegar a dañar las tarjetas de red e inclusive al equipo en general.

La segunda etapa, viene más o menos en los edificios nuevos; con los edificios inteligentes donde se inicia desde cero. No sólo en el diseño de la construcción, sino en la distribución del cableado estructurado. En este tipo de edificios realmente se cuida desde el principio el concepto de que todos los pisos, desde la planta baja hasta el último piso, tengan la misma infraestructura eléctrica, de tal forma que cuando se conectan los ordenadores en red, compartan la misma instalación de energía eléctrica. La diferencia de tierra de los diversos edificios está verificada, se confirma que no existen corrientes de fuga y que cumpla con los estándares, lo cual antes no ocurría; pues era muy dado a que conforme se iba necesitando más instalación eléctrica, se lanzaba(n) más y más extensiones.

En una instalación es muy importante que antes de conectar los pisos de un edificio en red se verifique que éstos cumplan con las especificaciones normales de energía y tengan una instalación polarizada. Esto significa que no sólo habrá tierra física sino que en la parte superior derecha de la tierra física exista lo que se llama "el vivo" y en la parte izquierda se tenga "el neutro". Esto normalmente no se toma en cuenta y es uno de los problemas que suele ocurrir.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA.

- Abraham-Becker. (1990). **Theory of Electricity**. England: Addison-Wesley.
- Edminister, L. (1995). **Circuitos Eléctricos**. México: Mc Graw-Hill. Serie Schaum's. 2° Edición.
- Frank, N. (1988). **Introduction To Electricity and Optics**. New York: Mc Graw-Hill.
- Gussow, Milton. (1983). **Fundamentos de Electricidad**. México: Mc Graw-Hill. Serie Schaum's. 1° Edición.
- Harnwell, G. (1987). **Principles of Electricity and Electromagnetism**. New York: Mc Graw- Hill.
- Laws, F. (1978). **Electrical Measurements**. New York: Mc Graw-Hill.
- Lindsay and Margenau. (1987). **Foundations of Physics**. New Jersey: John Wiley & Sons.
- M.I.T. Electrical Engineering Department. (1998). **Texts in Electrical Engineering** (3 vols). Massachussets: John Wiley & Sons.
- Page and Adams. (1980). **Principles of Electricity**. New Jersey: Addison-Wesley.
- Ryder, D. (1992). **Electrónica. Fundamentos y Aplicaciones**. España: Aguilar.
- Sears, Francis. (1980). **Electricidad y Magnetismo. Fundamentos de Física**. Vol. II. España: Aguilar, 6° Reimresión.
- Smythe, W. (1995). **Static and Dynamic Electricity**. New York: Mc Graw-Hill.
- Straton, J. (1991). **Electromagnetic Theory**. New York: Mc Graw-Hill.
- Taylor, Loyd. (1985). **Physic. The Pioneer Science**. Boston: Houghton Mifflin.
- Whittaker, E. (1980). **History of the Theories of Electricity**. England: Addison-Wesley.

Í N D I C E.

Introducción	1
Objetivo General	25
Objetivos Particulares	25
Capítulo I.- FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS..	
.....	26
I.1.- Introducción	26
I.2.- Celdas en Serie y en Paralelo	27
I.3.- Celdas Primarias y Celdas Secundarias	28
I.4.- Tipos de Baterías	29
I.4.1.- Batería de Plomo y Ácido	29
I.4.2.- Celda de Carbono y Zinc	31
I.4.3.- Celda Alcalina	33
I.4.4.- Celda de Níquel-Cadmio	33
I.4.5.- Celda de <i>Edison</i>	34
I.4.6.- Celda de Mercurio	34
I.5.- Características de las Baterías	35
I.5.1.- resistencia Interna	35
I.5.2.- Densidad Relativa	37
I.5.3.- Capacidad	37
I.5.4.- Vida en Almacenaje	38
I.5.5.- Comparación de los Diferentes Tipos de Celdas en el Mercado	38
Capítulo II.- ESPECIFICACIONES Y TIPOS DE BATERÍAS EN GENERAL	
.....	39
II.1.- Energía Química y Fuerza Electromotriz (FEM)	39
II.2.- Potenciales de Electrodo	40
II.3.- Pilas Eléctricas	41
II.4.- Electrodo de Hidrógeno	42
II.5.- Cálculo de Fuerzas Electromotrices	43
II.6.- Concentración de Iones de Hidrógeno	44
II.7.- Pila de <i>Daniell</i>	45
II.8.- Reversibilidad	49
II.9.- Polarización	50
II.10.- Pila Seca	51
II.11.- El Acumulador de Plomo	52
II.12.- Pilas Patrones	53
II.13.- Electrólisis	54

TESIS CON
TALLA DE ORIGEN

II.13.1.- Tensión de Descomposición	54
II.13.2.- Sobretensión	55
II.14.- Electrólisis del Agua	56
II.15.- Energía Libre Química	57
II.16.- Fuerzas Electromotrices Térmicas	58
II.17.- Fuerza Electromotriz <i>Thomson</i>	58
II.18.- Fuerza Electromotriz <i>Peltier</i>	61
II.19.- Fuerza Electromotriz <i>Seebeck</i>	62
II.20.- Variación de la FEM con la Temperatura	64
Capítulo III.- <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES NO INTERRUPTIBLES DE VOLTAJE (UPS)</u>	67
III.1.- Características Operativas de los Sistemas de Fuentes No Interrumpibles (UPS)	67
Capítulo IV.- <u>CARACTERÍSTICAS DE LOS RECTIFICADORES UTILIZADOS EN FUENTES NO INTERRUPTIBLES DE VOLTAJE (UPS)</u>	110
IV.1.- Descripción General del Equipo HP μ V 50-75.....	110
VI.1.1.- Características del Equipo HPS μ V 50-75.....	111
IV.2.- Teoría de Operación del Equipo HPS μ V 50-75	111
IV.3.- Descripción del Panel Principal.....	114
IV.4.- Comunicación con Periféricos.....	117
IV.5.- Instalación.....	119
IV.6.- Operación del Equipo.....	119
IV.7.- Mantenimiento del Equipo.....	123
IV.8.- Tabla de Posibles Problemas con el Equipo y su Posible Solución.....	123
Conclusiones	124
Bibliografía	127
Índice	128

