



Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Ingeniería

**PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE
MONITOREO PARA UNA PLANTA
DE EMERGENCIA Y UN UPS UTILIZANDO
COMUNICACIÓN RS-485.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO
PRESENTAN:**

**CARRILLO NOLAZCO HUGO
VARGAS ANGELES ARMANDO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
PRESENTA:**

RUIZ HURTADO JOSE LUIS

DIRECTOR DE TESIS: ING. RODOLFO PETERS LAMMEL

México, D.F. 2004





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

Agradecemos a nuestra Universidad por la educación invaluable que nos otorgó y que sin duda nos hará mejores personas.

A nuestros maestros por darnos sus conocimientos y experiencias que nos ayudaran a poder desempeñar mejor nuestra carrera y ser más productivos para la sociedad.

A nuestros amigos y compañeros por los gratos momentos.

Pero sobre todo agradecemos a nuestras familias por el apoyo que nos brindaron para poder realizar este sueño y que sin su ayuda no hubiéramos podido realizarlo.

DEDICATORIA

ÍNDICE

Objetivos I

Introducción III

Capítulo 1 Antecedentes

1.1	Transductores	1
1.2	Tipo de transductores	3
1.2.1	Puente de Wheatstone	3
1.2.2	Transformador Diferencial	5
1.2.3	Transductores capacitivos	5
1.2.4	Transductores piezo-eléctrico	6
1.2.5	Transductores fotoeléctrico	6
1.2.6	Transductores fotoconducivos	7
1.2.7	Transductores de efecto Hall	7
1.2.8	Amplificador de Instrumentación	8
1.3	Comunicaciones	9
1.4	Redes	10
1.5	Tipos de Redes	10
1.5.1	Redes de Difusión	10
1.5.2	Redes punto a punto	11
1.5.3	Redes LAN	11
1.5.4	Redes MAN	12
1.5.5	Redes WAN	12
1.6	Topologías de las redes	13
1.6.1	Anillo	13
1.6.2	Estrella	13
1.6.3	Bus	14
1.6.4	Híbridas	14
1.7	WLAN's	15
1.8	Configuración y topologías de las WLAN's	17
1.8.1	Punto a punto	18
1.8.2	Punto de acceso	18
1.9	Protocolos	19
1.10	Dispositivos de la red	22
1.11	Modulación	25
1.12	Sistemas de Tiempo real	26

Capítulo 2 UPS

2.1	Parámetros que definen un UPS	29
2.2	Semiconductores de potencia utilizados en UPS	34
2.2.1	Mosfet de potencia	35
2.2.2	SIT	36
2.2.3	IGBT	36
2.3	Diodos de potencia	37
2.4	Baterías y cargador	38

2.5	Inversores	43
2.5.1	Configuración de inversores	43
2.6	Clasificación de los UPS	46
2.6.1	Corriente continua	46
2.6.2	Corriente alterna	46
2.6.3	Mecánicos	47
2.6.4	Híbridos	48
2.6.5	Estáticos	50
2.7	Topologías de UPS estáticos	50
2.7.1	On-line	50
2.7.2	Off-line	52
2.7.3	Interactivas	53
2.8	Otras topologías	55

Capítulo 3 Plantas de Emergencia

3.1	Generalidades	57
3.2	Sistema de emergencia	60
3.3	Partes estacionarias del motor	62
3.4	Partes móviles del motor	62
3.5	Principio de funcionamiento	64
3.6	Sistemas del motor de combustión interna	65
3.6.1	Sistema de admisión	66
3.6.2	Sistema de enfriamiento	67
3.6.3	Sistema de lubricación	69
3.6.4	Sistema de combustible	70
3.6.5	Sistema eléctrico del motor diesel	71
3.6.6	Sistema de arranque	72
3.6.7	Sistema de carga	75
3.7	Capacidad de los acumuladores	76
3.8	Alternador	77
3.9	Operación del control del motor	78
3.10	Circuito de transferencia y paro	79
3.11	Interruptores de transferencia	80
3.12	Máquinas síncronas	84
3.13	Generador síncrono	86
3.14	Concepto del generador de CA	87

Capítulo 4 RS-485 y Modbus

4.1	Bus RS-485 y control de la transmisión	95
4.2	Características del puerto y sus formas de conexión	96
4.3	Transmisión de datos normal	98
4.4	Drivers de la línea equilibrados	98
4.5	Receptores de la línea equilibrados	99
4.6	Transmisor y receptor	100
4.7	Tipos de cables	102
4.8	Selección del cable para sistemas de RS-485	102
4.9	Características del cable	103
4.10	Topologías	104
4.11	Terminación	104
4.12	Protocolo Modbus	106

4.13	Contenido del campo de datos	111
4.14	Contenido de comprobación y de error	111
4.15	Transmisión en serie	111
4.16	Métodos de comprobación de error	112
4.17	Control de paridad	112
4.18	Comprobación LRC	112
4.19	Comprobación CRC	113
4.20	Direcciones en los mensajes	114
4.21	Campos contenidos en los mensajes	114

Capítulo 5 Diseño de la Red

5.1	Tipos de tarjetas de adquisición de datos		118
5.1.1	Internas		119
5.1.2	Externas		120
5.2	Medio de comunicación y tipo de red		121
5.3	Tipos de transmisión		122
5.3.1	Radio frecuencia		122
5.3.2	Microondas		122
5.3.3	Infrarrojas		122
5.3.4	Onda de luz		123
5.4	Planteamiento de la red		123
5.5	Dispositivos de transmisión y de recepción		127
5.6	Interfaz		130
5.7	Conexión de los dispositivos		133
5.8	Seguridad		134

Capítulo 6 Dispositivos que componen la red

6.1	Sistema de medición		141
6.2	Sistema retransmisión y de recepción		147
6.3	Sistema de monitoreo		153

Conclusiones 161

Apéndice 163

Bibliografía 177

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

- ✓ Minimizar y corregir los diferentes tipos de errores que pueden presentarse al requerir el funcionamiento de una planta de emergencia y de un UPS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Diseñar una red inalámbrica que permita la comunicación entre transductores y una computadora central.
- ✓ Monitorear las variables físicas que puedan influir en el mal funcionamiento de la planta de emergencia y del UPS.

INTRODUCCIÓN

Desafortunadamente para los equipos eléctricos y/o electrónicos, la compañía eléctrica no puede proporcionar la energía limpia, de calidad y sin interrupciones que estos exigen, y el consumidor o sus asesores son los responsables finales de la seguridad y el funcionamiento adecuado de sus equipos. Pero no solo la compañía de generación y/o distribución es responsable de estos desperfectos, muchos eventos eléctricos que afectan nuestros equipos se producen dentro de nuestra área de responsabilidades, fallas en líneas internas, tableros de distribución propios, etc. Existen estudios que demuestran que en instalaciones promedio se producen alrededor de 120 eventos eléctricos al mes, que pueden afectar severamente nuestros equipos críticos, provocándoles desde pequeñas fallas en su funcionamiento, a veces imperceptibles, hasta daños y/o roturas permanentes. Por otra parte no cabe duda que en la mayoría de las instalaciones hay equipamiento crítico que merece ser alimentado con energía eléctrica limpia, confiable y de elevada calidad.

En primer lugar es necesario definir "carga eléctrica". Se llama carga eléctrica a todo elemento que consume energía eléctrica y que para tal debe conectarse a un sistema de alimentación eléctrica. Por ejemplo: Una lámpara, un ventilador, un acondicionador de aire, una computadora, una impresora, un motor eléctrico, un equipo de análisis médico, etc. No hace falta definir la palabra crítica, pero si desmenuzarla en el entorno que la usamos. Podríamos decir que una "**carga crítica**" es una carga eléctrica que bajo ningún concepto puede dejar de funcionar o que por su importancia intrínseca merece la mayor calidad de energía eléctrica posible. Citemos algunos ejemplos: Una lámpara no es una carga crítica en sí misma, pero colocada en una pantalla de iluminación dentro de un quirófano se convierte en una carga crítica (imaginarse un corte de energía en una cirugía de cerebro) o un ventilador formando parte de un sistema de extracción de aire de una mina, el ventilador no es una carga crítica pero el sistema sí lo es. Ahora bien hay cargas que intrínsecamente son críticas, por ejemplo un servidor de redes. Para las industrias, las cargas críticas van desde el proceso que realiza una máquina, como puede ser la mezcla de una sustancia química, hasta una red de computadoras con información vital para la empresa que de parar o de apagarse causaría una gran pérdida económica y de tiempo para la empresa.

De todo el universo de eventos existentes en una red eléctrica de baja tensión se han establecido cinco categorías, según parámetros de variación en el voltaje y el tiempo, y se les ha podido dividir o calificar en:

- Caídas de tensión.
- Cortes de energía.
- Sobretensión.
- Picos de voltaje.
- Ruido.
- Parámetros fuera de norma.

Analicemos cada uno de ellos en profundidad.

CAÍDAS DE TENSIÓN

Las caídas de tensión son periodos de bajo voltaje en las líneas de suministro eléctrico. En otras palabras, si en una red tenemos un voltaje eléctrico de 120 Volts en forma sostenida, y por la aparición de algún evento en la red, por un periodo de tiempo no muy grande, se produce una baja del mismo, digamos a 110 Volts. Este es el problema que se da con mayor frecuencia en las redes eléctricas, y según estudios representa casi el 87% de todos los problemas que se presentan. Generalmente son causados por las exigencias de arranque de muchos dispositivos eléctricos, es decir, si tenemos una instalación (digamos una fábrica) y en ella hay un compresor de aire muy grande, cada vez que arranque el motor de ese compresor se genera un consumo muy elevado de corriente, que termina en una caída importante de voltaje (allí mismo, si hay una lámpara incandescente, se podrá observar un parpadeo en su luminosidad). La profundidad y duración del impacto depende de varios factores, entre ellos, la calidad y antigüedad de la instalación eléctrica, y la relación de potencias, es decir, la potencia consumida en el encendido del

equipo que genera el disturbio y la potencia total instalada o con capacidad de administrar la instalación . Algo que es importante destacar y suele ocurrir muy frecuentemente, es que el evento se produzca en una instalación que no sea la nuestra, es decir, de un vecino, pero ese evento igualmente se propaga hacia la instalación en general y sufrimos las consecuencias.

CORTES DE ENERGÍA

Es la pérdida total del suministro de energía eléctrica. Puede ser provocada por una gran demanda de energía en la red eléctrica, tormentas eléctricas, accidentes, errores humanos, desperfecto de las empresas generadoras o distribuidoras, etc. Hay veces que estos cortes duran días o semanas, como es el caso de catástrofes naturales (inundaciones, nevadas, etc.) Y también ocurre otro fenómeno, que depende de la clase de desperfecto que este presente, la energía eléctrica no desaparece totalmente sino que adopta un valor de voltaje extremadamente bajo (por ejemplo 90 Volts) que impide el correcto funcionamiento de los equipos. Un fenómeno particular de los cortes son los microcortes de energía, estos, como la palabra lo indica, son pequeñas desapariciones del suministro eléctrico o caídas a niveles bajísimos, la característica principal es que son de cortísima duración, se les ubica en el orden de los milisegundos (1 a 20). Son tan pequeños que a veces son inocuos e intrascendentes, dependiendo del tipo de carga que alimentan, pueden causar daños irreparables o fallas en el funcionamiento.

SOBRETENSIÓN

Es un aumento repentino del voltaje transmitido por la red eléctrica y cuya duración se encuentra en el orden de los milisegundo y segundos (de 10 milisegundos a 2 segundos aproximadamente). La principal causa es casi la misma que en el caso de las caídas de tensión, solo que ahora esto aparece en el apagado del equipo eléctrico de importancia, motores de acondicionadores de aire, ascensores, compresores, etc. Al apagar dichos aparatos, la energía acumulada, en ese instante en sus bobinados es disipada en la línea eléctrica, produciendo la elevación momentánea de la tensión en toda la red de suministro eléctrico. Redes de potencia sobrecargadas también pueden generar sobretensiones cuando ellas conmutan entre diferentes generadores, provocando picos ya que la energía es momentáneamente alterada. La magnitud de este salto hacia arriba del voltaje depende de los mismos factores que las caídas.

PICOS DE VOLTAJE

Conocidos como impulsos, se trata de incrementos instantáneos y sustanciales de la tensión o voltaje, transmitido a través de la red eléctrica. La duración de estos impulsos se encuentra en los dominios de los microsegundos y alcanzan valores extremadamente elevados. Generalmente son causados por la caída de relámpagos en las proximidades de la instalación en cuestión o la presencia de grandes máquinas eléctricas con desperfectos, caso de soldaduras por arco, etc.

Un fenómeno particular de estos picos es que suelen repetirse muchos de ellos durante varios ciclos de red, no necesariamente es un solo pico de alto voltaje que luego desaparece, sino que se trata de una serie de ellos, que se apagan o pierden intensidad a medida que el evento desaparece.

Otra particularidad de los picos es que no solo aparecen en las redes de distribución de suministro eléctrico, también están presentes en líneas telefónicas, conexiones de redes de datos, líneas de transmisión, serie de datos, atacando lo que se denomina comúnmente la puerta de atrás de los sistemas computacionales. Estos picos son sumamente dañinos y perjudiciales porque generalmente producen daños irreparables en la carga crítica, a la cual atacan desde cualquier conexión eléctrica que esta tenga, no solo por la alimentación de suministro de energía.

RUIDO

El termino "ruido de línea" se refiere a impulsos eléctricos aleatorios que son conducidos por las líneas normales de corriente alterna. El ruido eléctrico entorpece la suave onda senoidal que se espera de la energía eléctrica. Técnicamente el ruido eléctrico es causado por impulsos electromagnéticos (EMI) o por interferencia de radio frecuencia (RFI). Desde el punto de vista del medio usado para su propagación existen dos tipos de interferencias: la

radiodifundida y la conducida. Y entre las causas de la segunda esta la primera, ya que los conductores eléctricos que transportan la energía que alimenta nuestra carga se comportan como antenas receptoras de EMI.

Simplificando, tenemos a los conductores eléctricos (cables) que reciben (actúan como antenas) las emisiones electromagnéticas que otros aparatos producen, y como nuestra carga crítica esta alimentándose con energía que llega por esos cables, recibirá también ese ruido. Las causas que dan origen a este fenómeno se deben a muchos factores y fenómenos, entre los que se encuentran desconexión de motores eléctricos, escobillas de motores eléctricos que originan chispas, letreros luminosos o de descarga gaseosa, tubos fluorescentes, fenómenos meteorológicos, descargas eléctricas en aisladores, equipos digitales e industriales y en general todo elemento que genera intermitencias de conexión, incluidos los generadores y equipamientos de usina.

PARÁMETROS FUERA DE NORMA

Los parámetros que tiene una red de suministro eléctrico son: valor nominal del voltaje, valor nominal de la frecuencia. Tratándose de un sistema monofásico, el más común de todos, el valor nominal del voltaje es de 120 Volts eficaces, si se tratase de un sistema trifásico el valor nominal del voltaje entre líneas es de 220 Volts. El valor nominal de frecuencia es de 60 Hz.

SISTEMA DE EMERGENCIA

Para evitar la falta de energía se utilizan sistemas de emergencia que constan de una planta de emergencia (un motor, generalmente diesel, acoplado a un generador) y un UPS, (Uninterruptible Power System). Este sistema funciona mediante un tablero de transferencia que, al detectar la falta de energía eléctrica, hace la transferencia de entrada de la compañía de luz al sistema de emergencia, existen tableros automáticos y otros manuales, pero para que sea la transferencia más rápida, nosotros preferimos los automáticos que reaccionan muy rápido, pero de nada nos sirve que la transferencia sea rápida si el motor tarda una cantidad significativa en alcanzar los parámetros correctos de suministro, por lo que el UPS es de gran importancia. Cuando se hace la transferencia entra el UPS a alimentar las cargas críticas hasta que el motor se encuentra en las condiciones necesarias, esto lo hace mediante un banco de baterías que mediante un inversor cambia de DC a AC. No se puede utilizar solo el UPS por largo tiempo alimentando toda nuestra carga, ya que dependiendo de la potencia de las cargas conectadas va a ser la duración de las baterías, por lo que solo sirve como intermediario en lo que arranca bien el motor.

Esto se oye muy bien, pero ¿en verdad es efectivo?. Como la falta de energía eléctrica es aleatoria, es decir, no sabemos cuando falte la energía eléctrica o cuando no funcionará en los parámetros correctos y si esta se repondrá rápido o tardará mucho tiempo en regresar, por lo que se requiere que cuando el sistema de emergencia sea puesto a trabajar este funcione correctamente. Se hacen pruebas de funcionamiento, dependiendo la empresa, cada semana al UPS y al motor, por medio del tablero se programa para que cada semana simule una falta de energía y entre a operar el sistema de emergencia. Esto es muy bueno y sin duda reduce las posibilidades de una falla.

Ahora tenemos un problema para solucionar ¿Será posible reducir las causas que produzcan un mal funcionamiento o la falta de este, para hacer el sistema más confiable?. Aunque suena muy utópico si se pueden reducir las causas para que el sistema de emergencia funcione bien, pero no se puede garantizar al 100% que va a funcionar el sistema ya que como en todo, existen condiciones que no se pueden manipular.

Nosotros planteamos la solución del problema mediante una red de monitoreo que se encargará de revisar las variables físicas que podrían producir un mal funcionamiento, como son: la temperatura de la sala que afecta al arranque del motor, ya que si está muy frío podría desbielarse, nivel de aceite y agua del motor, humedad relativa, carga de las baterías del UPS, voltaje de salida, etc. Al estar monitoreando constantemente las variables físicas podremos saber cuando algo esta fallando y corregirlo casi de inmediato. La persona encargada del mantenimiento ahora estará enfrente de una computadora la mayor parte del tiempo viendo el estado de las variables que, mediante un cierto software, se presentará en forma numérica o en gráficas.

Los dispositivos que se encargarán de estar recolectando los datos de las variables físicas son los transductores. Los transductores van a estar de manera directa sobre la planta de emergencia y el UPS midiendo los valores y transmitiéndolos a la computadora central. Para esto se diseñó una red que se encargará de comunicar a las terminales (las terminales son los transductores y sus transmisores debido a que solo mandan los datos) y la central (que es la computadora que se encarga de manejar los datos). Como queremos que sea algo local, es decir, la conexión será solo dentro de la industria o empresa más no algo exterior, por lo que la opción es una red tipo LAN. Como puede haber condiciones negativas para poder colocar una conexión por medio de cable (aunque de ser posible se pondría sin ningún problema) se opta mejor por una red inalámbrica, aparte de las ventajas que una red de este tipo tiene sobre una cableada, la red ahora cambiaría a ser WLAN cuyas siglas en inglés provienen de Wireless Local Area Network.

Ya teniendo el tipo de red, la comunicación va a ser en radio frecuencia, debido a que como la conexión estará dentro de un edificio y al emplear microondas o infrarrojos provocaría muchos errores o que no se podría establecer la comunicación. La frecuencia a la que se va a transmitir será la de 900 MHz o de 2.4 GHz dependiendo los dispositivos empleados. Los dispositivos encargados de la transmisión y recepción de información van a ser transeceptores para redes cableadas y radio transeceptores para las inalámbricas, aunque mejor se utilizarían radios módems que sirven igual que los transeceptores.

Se utilizan transmisores y receptores, y no solo receptores que estén en los transductores mandando la información a la central, debido a la interfaz planteada que es RS-485. Se escogió esta interfaz porque es muy utilizada, al grado de ser estándar en las industrias, por sus características de poder conectar a 32 unidades en un solo puerto, su comunicación half-duplex, entre otras cualidades. Hay que poner jerarquía a los dispositivos para controlar la comunicación, por lo que se considera como maestro a la computadora central y a las terminales como esclavos, esta variación se hace en los radios módems por medio de software o por una palanca. Como se propone una red tipo bus, la información es transmitida a todas las terminales pero solo a una va dirigida la información y esa sola la podrá ver, por lo que se fijan direcciones establecidas a todos los radio módems.

Para que exista una comunicación bien estructurada hay que establecer reglas de comunicación y de eso se encarga el protocolo. Haciendo una investigación en el mercado, uno de los protocolos más utilizados es el protocolo Modbus el cual se encarga de cómo deben ser los paquetes de los datos, el encabezado, etc.

Los dispositivos a utilizar deben ser compatibles con las características mencionadas para que se pueda establecer la comunicación, de lo contrario no podrá haber una respuesta satisfactoria en la recolecta de la información de los transductores.

CAPITULO 1 ANTECEDENTES

Podemos decir que la mayoría de los sistemas de medición se pueden dividir en tres partes:

1. Etapa **detectora-transductora**, la cuál detecta la variable física y efectúa una transformación, ya sea mecánica o eléctrica para convertir la señal a una forma más manejable.
2. La etapa **intermedia**, la cuál modifica la señal que proviene del transductor, ya sea por amplificación, filtrado u otros medios para tener una salida deseable.
3. Una etapa **final o terminal**, en la cual se indica, graba o controla la variable que va a ser medida.

Se llama **sensor** al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica (antao se utilizaban señales hidráulicas), que refleja el valor de una propiedad, mediante alguna correlación definida (su ganancia).

En términos estrictos, un sensor es un instrumento que no altera la propiedad censada. Por ejemplo, un sensor de temperatura sería un instrumento tal que no agrega ni cede calor a la masa censada, es decir, en concreto, sería un instrumento de masa cero o que no contacta la masa a la que se debe medir la temperatura (un termómetro de radiación infrarroja).

Un sensor, a diferencia de un transductor, es un dispositivo diseñado específicamente para las magnitudes de la variable a evaluar de acuerdo a las compatibilidades físicas de lo que se desea medir, mientras que el transductor es un dispositivo compuesto de un sensor del que se toma una señal generalmente dinámica que se aprovecha con los diferentes principios de transducción para determinar una salida por variación del medio físico.

TRANSDUCTORES

De acuerdo a la Instrument Society of America, todos los transductores "proporcionan una salida útil como respuesta a una medida específica, ya sea, una cantidad física, una propiedad o una condición". En muchos casos, el transductor es el dispositivo de entrada a un instrumento y por lo tanto, la medida pertenece al dominio físico, químico o biológico, y la salida es eléctrica. Otros dispositivos que convierten información desde el dominio de la computadora hacia el dominio físico, químico o biológico, también pueden adecuarse a la definición general de transductor.

Los transductores siempre retiran algo de energía desde la propiedad medida, de modo que al usarlo para obtener la cuantificación de una propiedad en un proceso, se debe verificar que la pérdida no impacte al proceso censado en alguna magnitud importante.

Un transductor de entrada a menudo se puede dividir en dos componentes que representan su función dual. La cantidad a medir actúa como un elemento sensor, el cual a su vez actúa como un segundo componente el elemento que transduce, el que genera la señal. Estos elementos no necesariamente pueden ser componentes físicamente separados pero conceptualmente la división es útil. El elemento sensor detecta el fenómeno bajo estudio mientras que el elemento que transduce lo convierte a una variable útil electrónicamente, voltaje o corriente. Por ejemplo, en un método para medir la presión (Figura 1.1), se puede usar un diafragma para sensar la presión atmosférica, puesto que se expande y contrae respondiendo a los cambios en la presión produciendo un desplazamiento; el elemento transductor convierte el desplazamiento en una señal eléctrica.

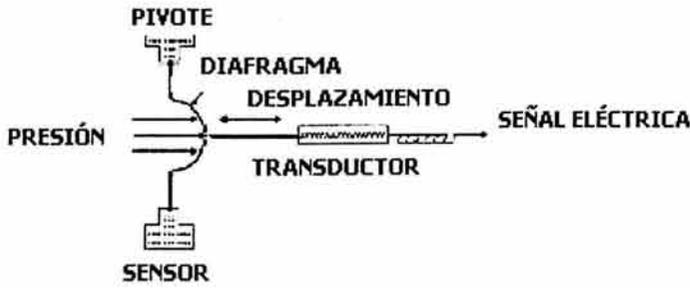


Figura 1.1 Elementos sensor y transductor.

Los transductores se pueden clasificar por sus modos de operación pudiendo ser activos o pasivos, como se observa en la Figura 1.2. Un transductor activo genera una señal como una fuente de energía propia, sin necesidad de una fuente de alimentación externa, por ejemplo, un termopar o termocupla. Un transductor pasivo, se debe alimentar con tensión o corriente, los que actúan sobre él para producir la señal de salida, por ejemplo, una resistencia que varíe con la temperatura. La precisión de la salida a menudo depende de la estabilidad de la fuente de alimentación.

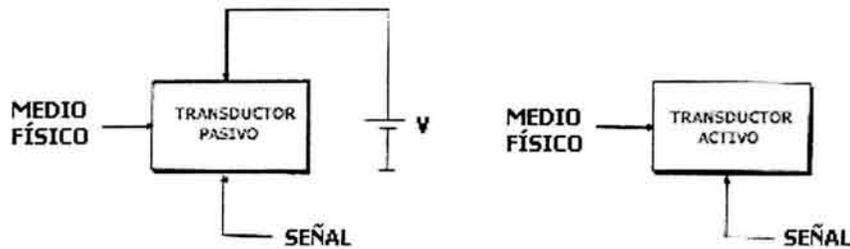


Figura 1.2 transductores pasivos y activos

Si la salida es independiente de la fuente de alimentación, se tiene la ventaja de que se debe controlar un parámetro menos. Por otra parte, la necesidad de controlar este parámetro también significa ser capaz de controlarlo.

La función de transferencia de un transductor es la relación entre la cantidad medida y la señal eléctrica de salida. Generalmente, se puede describir mediante una curva teórica, e idealmente, la función de transferencia debería ser lineal. Como alternativa, la relación debería ser linealizable mediante una transformación matemática conocida tal como un logaritmo o una inversión. Sin embargo en la mayoría de los casos se deben usar aproximaciones.

Cuando se realizan medidas para hacer una curva de calibración (un gráfico de la respuesta del transductor en función de la variable independiente), idealmente todos los resultados caerán exactamente sobre la línea que describe la función de transferencia. El comportamiento del transductor a menudo se describe mediante la hoja de datos del mismo. Algunos ejemplos se dan en la Figura 1.3.

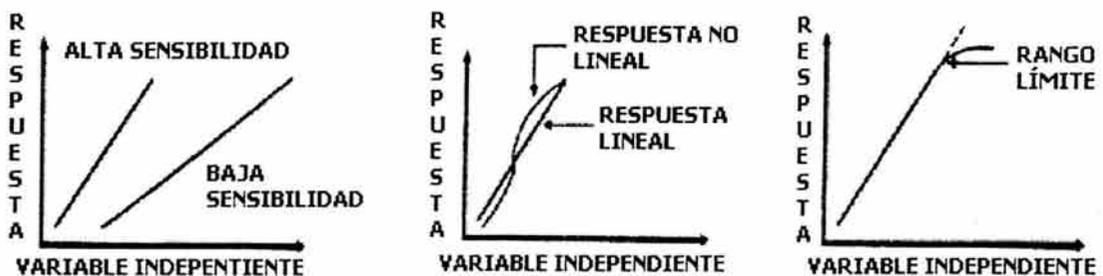


Figura 1.3 límites de linealidad, sensibilidad y rango digital

El primer gráfico hace diferencias entre sensibilidades; cuando la sensibilidad es baja, un cambio pequeño en la respuesta indica un gran cambio en la variable independiente. En la práctica, las medidas inciertas o aleatorias (ruido), pueden falsear los pequeños cambios en la variable independiente; la calidad está limitada por la dispersión alrededor de la línea, lo que hace que las medidas bajo nivel sean difíciles de determinar.

En el segundo caso, la respuesta no es lineal, entonces no se puede emplear una línea recta para ajustar los datos en forma correcta, ya que los datos ondulan por arriba y por abajo de una línea recta. La linealidad de la función de transferencia es limitada tal que (1) la sensibilidad varía con la respuesta y (2) se debe usar una función de transferencia aproximada.

En el último caso, se puede usar una línea recta para ajustar los datos, pero solo para pequeños valores puesto que para los altos se pierde la linealidad. Esta respuesta ilustra un rango limitado. Casi siempre se encuentran límites en los rangos altos y bajos de los transductores.

Además también debe cuestionarse la velocidad en el tiempo de respuesta del transductor. Para algunos, el tiempo de respuesta es más importante que la respuesta absoluta misma.

En el terreno de la instrumentación y control se habla de sensores, para englobar tanto transductores como sensores, dándose por sentado que cuando se utilizan transductores, la potencia que se absorberá será mínima. Es decir, es responsabilidad del diseñador asegurar que la medición de una propiedad no altere el proceso.

TIPOS DE TRANSDUCTORES

CIRCUITOS EN PUENTE DE WHEATSTONE

El transductor de resistencia variable (figura 1.4) es un dispositivo muy común, el cual se puede construir en forma de un contacto que se mueve sobre una bobina de alambre, ya sea con un movimiento lineal o angular, o un contacto que se mueve angularmente sobre un conductor sólido, como una pieza de grafito. A este dispositivo también se le denomina potenciómetro o reóstato. Generalizando el concepto, el transductor de resistencia variable es un dispositivo que convierte un desplazamiento lineal o angular en una señal eléctrica; sin embargo, por medio del uso de métodos mecánicos, es posible convertir una fuerza o presión en un desplazamiento, convirtiéndolo así en un dispositivo que también sirve para la medición de fuerza y presión.

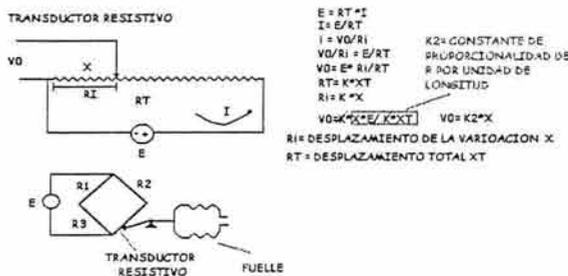


Figura 1.4 transductor resistivo

Muchos transductores son resistencias eléctricas variables, y los cambios son pequeños comparados con la resistencia total. Las medidas de pequeños cambios en la resistencia se pueden lograr adecuadamente mediante un puente de Wheatstone, que se muestra en la Figura 1.5. El puente está compuesto por cuatro ramas de resistencia con una tensión de excitación V_{ex} , aplicada a través de una diagonal, y una salida V_{out} , medida a través de la otra diagonal.

El valor de salida es la diferencia entre los dos divisores de tensión;

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_4} V_{EX} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{EX}$$

V_{OUT} será nulo si $R1/R4 = R2/R3$.

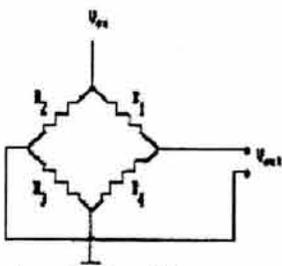


figura 1. 5 la salida sera cero si $R1/R4 = R2/R3$

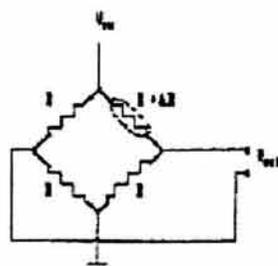


figura 1. 6a puente con un elemento variable la sensibilidad es de 1/4

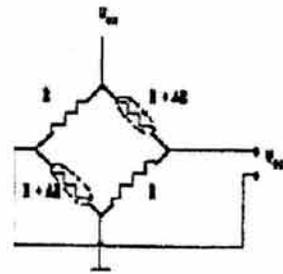


figura 1. 6b dos elementos variables que cambian en la misma dirección.

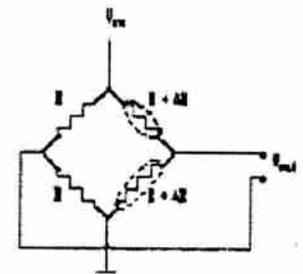


figura 1. 6c dos elementos variables en cambio opuesto. sensibilidad 1/2

La resistencia transductora se puede poner en el puente en cuatro configuraciones distintas: una, dos o cuatro de las ramas pueden ser la resistencia del transductor que responde al fenómeno bajo estudio, mientras que la resistencia fija en cada una de las ramas restantes es aproximadamente igual a la del transductor en su punto de trabajo. La configuración de las resistencias del transductor determina la sensibilidad total frente a los pequeños cambios en la resistencia del transductor ΔR , la que está definida por la relación $V_{out} \cdot R / V_{ex} \cdot \Delta R$.

El puente más simple consiste de un único elemento variable, cuya resistencia es $R + \Delta R$, y tres ramas cuyas resistencias son R (Figura 1.6a). La razón entre V_{out}/V_{ex} es $\Delta R / (4R + 2 \cdot \Delta R)$. Si $\Delta R \ll R$, la sensibilidad es 1/4; un rango de $\pm 10 \Omega$ en un transductor de $1 \text{ k}\Omega$ (1% de plena escala) producirán un cambio de ± 0.025 a la salida cuando el puente sea excitado por 10 V (0.25%). La importancia del puente, sin embargo, es que la salida es directamente proporcional a la diferencia entre resistencias en lugar de pequeños cambios en una gran señal.

La configuración de dos elementos variables se muestra en la Figura 1.6b, en este caso, los elementos variables cambian de forma idéntica y se colocan en ramas opuestas. La relación V_{out}/V_{ex} es $\Delta R / (2R + \Delta R)$. Si $\Delta R \ll 2R$, la sensibilidad es casi 1/2.

En algunos casos, los transductores resistivos se pueden instalar de manera que la resistencia de uno disminuya en el mismo grado que la del otro sube; las resistencias se ponen en ramas adyacentes (Figura 1.6c). La sensibilidad, cuando $\Delta R \ll 2R$, se reduce a casi 1/2.

Aunque la configuración anterior, no es más sensible que las otras, tiene una ventaja adicional. Si las dos ramas variables cambian en la misma dirección (debido a la temperatura, por ejemplo, cuando se mide la presión), ese cambio se cancela.

Cuando se colocan elementos activos en todas las ramas, con un par respondiendo en dirección opuesta a la del otro (una combinación de las Figuras 1.6b y 1.6c), la sensibilidad es exactamente 1. La señal de salida relativa a la tensión de excitación es igual al cambio relativo de voltaje. La salida del puente requiere un amplificador con entrada diferencial, debido a que ambos extremos de la salida diagonal serán diferentes de tierra. Las tensiones de salida generalmente también son muy pequeñas, por lo tanto, se deben usar amplificadores de instrumentación con entradas diferenciales. Cuando la ganancia es grande se pueden hacer medidas muy sensibles con estas configuraciones.

Los transductores que varían la resistencia en función de la señal análoga a medir, generalmente se utilizan para medir temperatura, fuerza, desvío angular y punto de rocío.

La temperatura se divide de acuerdo a las características del estado en que se encuentre la variable (sólido, líquido y gaseoso); para sólidos y gases se acostumbra utilizar las PT100, PT500, PT1000, PTC y el termistor de estanque que es para líquidos.

PT100 y PT1000: Son termoresistencias construidas de platino, que a 0°C dan $100.\Omega$

Principio de funcionamiento:

$^{\circ}\text{C}$	Ω	$/\Omega^{\circ}\text{C}$
0	100	0.391
100	138.5	0.394
200	175.86	0.368

EL TRANSFORMADOR DIFERENCIAL (LVDT)

El transformador diferencial (figura 1.7) consiste en tres bobinas en una disposición lineal, con un núcleo magnético que se puede mover libremente dentro de ellas. A la bobina central se le aplica un voltaje alterno, de manera que el voltaje de salida de las otras dos bobinas depende del acoplamiento magnético entre el núcleo y las bobinas. Este acoplamiento, a su vez, depende de la posición del núcleo. Por lo tanto, el voltaje de salida del dispositivo es una indicación del desplazamiento del núcleo. Siempre que el núcleo permanezca cerca del centro de las tres bobinas, la salida será aproximadamente lineal. Estos LVDT, se utilizan ampliamente para las mediciones de desplazamiento en una variedad de aplicaciones; también se utilizan para las mediciones de fuerza y presión, después de una conversión mecánica.

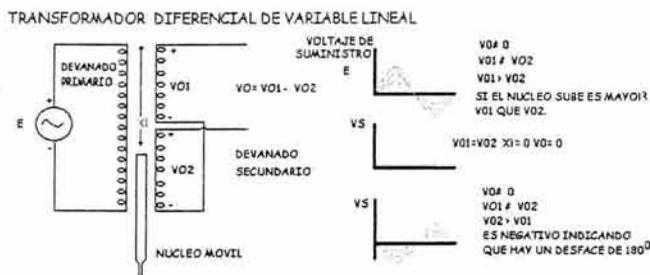
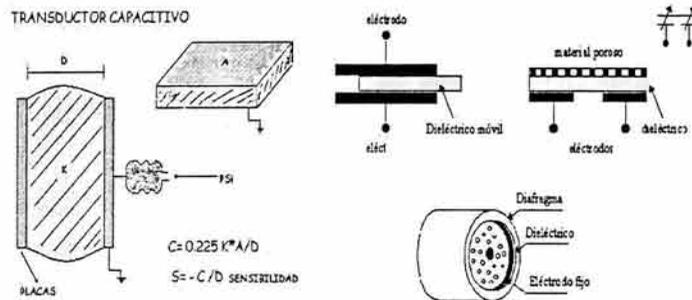


Figura 1.7 transformador diferencial

TRANSDUCTORES CAPACITIVOS

Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores, uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes o bien en circuitos de puente de Wheatstone alimentados por corriente alterna.

Los transductores capacitivos (figura 1.8) se caracterizan por su pequeño tamaño y su construcción robusta, tienen un pequeño desplazamiento volumétrico y son adecuados para medidas estáticas y dinámicas. Su señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir errores en la medición. Son sensibles a las variaciones de temperatura y a las aceleraciones transversales y precisan un ajuste de los circuitos oscilantes y de los puentes de c.a. a los que están acoplados.



TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICO

Los transductores piezoeléctricos (figura 1.9) son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanio de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150 ° C en servicio continuo y de 230° C en servicio intermitente. Son elementos ligeros, de tamaño pequeño y de construcción robusta. Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y son adecuados para medidas dinámicas, al ser capaces de respuestas de hasta un millón de ciclos por segundo. Tienen la desventaja de ser sensibles a los cambios de temperatura y de experimentar deriva en el cero y precisar ajuste de impedancias en caso de fuerte choque. Asimismo, su señal de salida es relativamente débil por lo que precisan de amplificadores y acondicionadores de señal que pueden introducir errores en la medición.

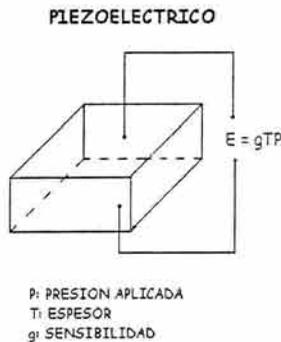


Figura 1.9 transductor piezoeléctrico

TRANSDUCTORES FOTOELÉCTRICO

Un transductor fotoeléctrico (figura 1.10) convierte un haz de luz en una señal eléctrica. Para representar ésta teoría, consideremos un circuito.

La luz incide en el cátodo y libera electrones, los cuáles son atraídos hacia el ánodo, con lo cuál se produce una corriente eléctrica en el circuito externo. El cátodo y el ánodo están encerrados en un receptáculo de vidrio o de cuarzo, el cuál puede estar evacuado o lleno de un gas inerte. La sensibilidad fotoeléctrica está definida por:

$$I = S\phi$$

Donde:

I = Corriente fotoeléctrica.

ϕ = Iluminación del cátodo.

S = Sensibilidad

Generalmente la sensibilidad se expresa en unidades de Amperes por Watt o Amperes por lumen.

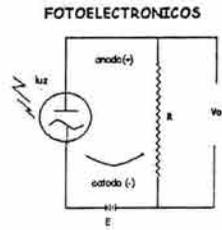


Figura 1.10 transductor fotoelectrónico.

TRANSDUCTORES FOTOCONDUCTIVOS

El principio del transductor fotoconductor (figura 1.11) consiste en que se aplica un voltaje sobre un material semiconductor; cuando incide la luz sobre el material semiconductor se presenta un decremento en la resistencia, por lo que se produce un incremento en la corriente, el cuál se indica en el medidor. Los transductores fotoconductorivos gozan de un amplio rango de aplicaciones y se utilizan para la medición de radiación a todas las longitudes de onda. Sin embargo, es pertinente hacer notar que se pueden encontrar graves dificultades experimentales cuando se opera con radiaciones de gran longitud de onda.

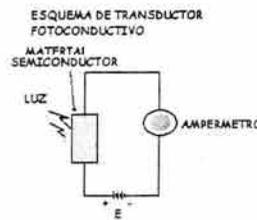


Figura 1.11 transductor fotoconductorivo

TRANSDUCTORES POR EFECTO HALL

El principio del efecto Hall (figura 1.12) consiste en una placa de un conductor o semiconductor de espesor t y luego se conecta de tal manera que una corriente I pasa a través del material. Cuando se aplica un campo magnético sobre la placa en una dirección perpendicular a la superficie de la misma, Se genera un potencial EH, el cuál se le denomina voltaje Hall y está dado por:

$$E_H = K_H \frac{IB}{t}$$

Donde

I está en Amperes.

B está en gauss.

t en centímetros.

A la constante de proporcionalidad se le llama coeficiente Hall y tiene las unidades de Volt-cm/Amp-gauss.

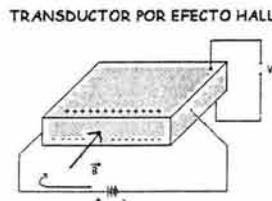


Figura 1.12 transductor por efecto Hall

EL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

El esquema de la Figura 1.13 constituye la solución clásica que se adopta para la etapa de entrada de un sistema de medida de alta calidad. Las impedancias de entrada, tanto en modo diferencial como en modo común son muy elevadas, de acuerdo a las configuraciones de A01 y A02. El circuito es por lo tanto insensible a la asimetría que pudiese existir entre las fuentes que entregan U1 y U2. La etapa de entrada constituida por A01 y A02 presenta una ganancia unitaria en modo común y una ganancia G1 para la señal en diferencial dada por:

$$G1 = \left(1 + 2 \frac{R2}{R1}\right)$$

Se puede alcanzar una alta razón de rechazo al modo común ajustando la relación R2/R1. La segunda etapa (A03) es un restador simétrico con ganancia que presenta una impedancia de salida muy baja. Esta etapa es alimentada por fuentes de baja impedancia (A01 y A02), a través de las resistencias R, y de R1 y R2 que se pueden escoger relativamente bajas, contribuye a mejorar la estabilidad de la banda pasante del conjunto. La ganancia G del amplificador vale:

$$G = \frac{Us}{U2 - U1} = \alpha \left(1 + 2 \frac{R2}{R1}\right)$$

Que se puede ajustar modificando el valor de una sola resistencia, la R1.

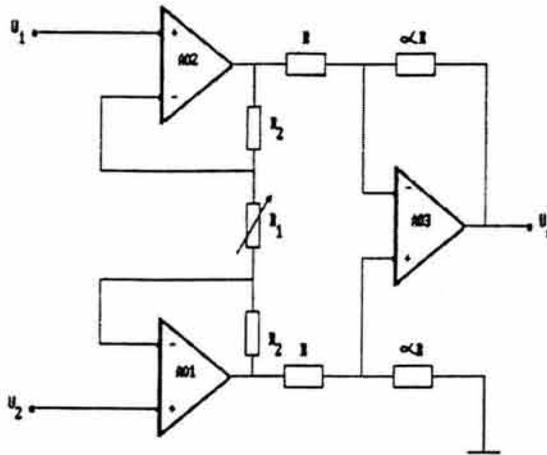


Figura 1.13 amplificador de instrumentación

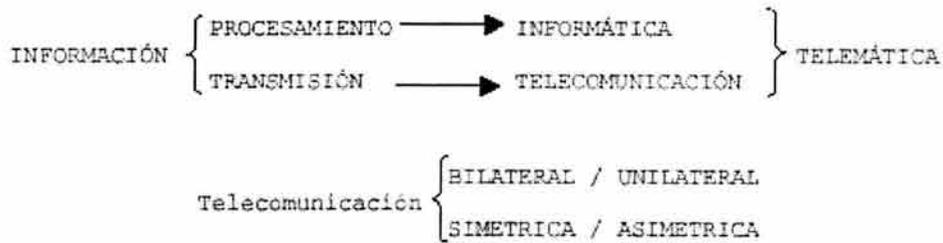
MEDIDA DE LA TEMPERATURA

La medida más común que se realiza en los procesos industriales es aquella de la temperatura. Los tipos de termómetros y los puntos de referencia que permiten referencias adecuadas de temperatura (de acuerdo a la escala práctica de temperaturas) se dan en la Tabla 1.

TERMÓMETRO	PRINCIPIO FÍSICO	GAMA DE TEMPERATURAS	PRECISIÓN (TÍPICA)
GAS	Dilatación de un gas		
MERCURIO	Dilatación de un líquido	(-38 a 300 °C	(+/-) 0,2 °C
BIMETAL	Dilatación de un sólido	(-100 a 500 °C	(+/-) 1,0 °C
RESISTENCIA DE PLATINO	Varación de resistencia	(-260 a 1400 °C	(+/-) 0,1 °C
TERMISTANCIA	Varación de resistencia	(-270 a 300 °C	(+/-) 0,5 °C
TERMOCUPLAS	Efectos termoelectrónicos	(-270 a 2700 °C	(+/-) 1,0 °C
SEMICONDUCTORES	Varación de la tensión de la juntura	(-55 a 150 °C	(+/-) 0,5 °C
CUARZO	Varación de la frecuencia	(-55 a 150 °C	(+/-) 0,04 °C
PIRÓMETRO	Radiación del cuerpo negro	1000 a 3000 °C	(+/-) 1,0 °C

TABLA 1. TIPOS DE TERMÓMETROS

COMUNICACIONES



La comunicación es bilateral si el dialogo se produce en los dos sentidos, aunque también puede ser unilateral (radio, TV,...).

La comunicación es simétrica si los dos utilizan el mismo procedimiento para transmitir, y es asimétrica si utilizan protocolos distintos.

Los elementos para que exista una comunicación son los de transmisor, receptor, mensaje y medio de comunicación como lo muestra la figura 1.14

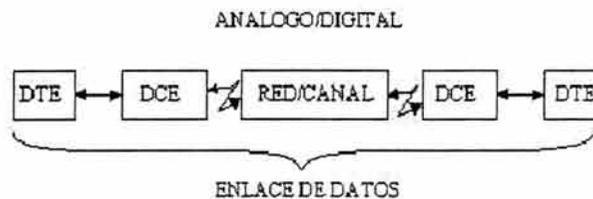


Figura 1.14

Donde:

DTE: Equipo Terminal de Datos.

DCE: Equipo de Comunicación de Datos.

La fuente es la que genera la información a transmitir (ordenador, persona al teléfono). Dependiendo de la fuente la información tendrá un formato u otro (1011101..., voz,...).

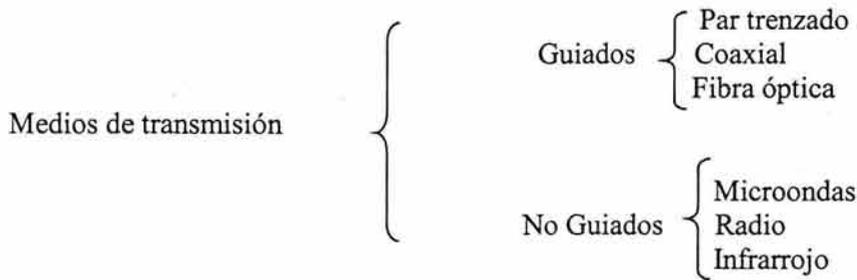
El transmisor transforma los datos a transmitir en señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas por la red.

El receptor recoge las señales electromagnéticas y las convierte en un formato que entiende el destino (información de salida).

El destino es quien recibe la información que genera el origen.

Tipos de medio de transmisión:

- **GUIADOS:** La transmisión se realiza confinando la señal electromagnética en el interior de un medio sólido (cables metálicos o fibra óptica).
- **NO GUIADOS:** la señal se transmite sin encerrarlas en ningún medio. En el vacío o en la atmósfera (transmisión inalámbrica).



REDES

Es un conjunto de dispositivos físicos “hardware” y de programas “software”, mediante el cual podemos comunicar computadoras para compartir recursos (discos, impresoras, programas, etc.) así como trabajo (tiempo de cálculo, procesamiento de datos, etc.).

Una red es un proceso que permite la conexión de equipo para:

- Compartir recursos.
- Comunicación remota.
- Optimiza el uso del equipo.

Toda red está formada por:

1. Nodo o Terminal.
2. Medio de transmisión.- Cable físico de comunicación y equipo electrónico de transmisión /recepción.
3. Programas o software de comunicaciones.

Un nodo es un elemento de la red capaz de iniciar o terminar una comunicación. La comunicación entre ambas terminales es posible sólo si existe un medio de transmisión capaz de llevar la información desde un nodo inicial hasta un nodo terminal. Un nodo físicamente puede ser una PC, una súper computadora (frame), una impresora, un puente (gate) o un ruteador. Por otra parte un medio puede ser un cable o una onda electromagnética que viaja a través del espacio.

TIPOS DE REDES

Al crear una red, se toman en cuenta dos factores principales: el medio físico de transmisión y las reglas que rigen la transmisión de datos. Al primer factor le llamamos nivel físico y al segundo protocolos.

En el nivel físico generalmente encontramos señales de voltaje que tienen un significado preconcebido. Esas señales se agrupan e interpretan para formar entidades llamadas paquetes de datos. La forma como se accede a esos paquetes determinan la tecnología de transmisión y se aceptan dos tipos: “broadcast” y “punto a punto”.

REDES DE DIFUSIÓN O BROADCAST

Existe un único medio de transmisión compartido por todos los equipos de la red. Las redes de tipo “broadcast” se caracterizan porque todos los miembros (nodos) pueden acceder a todos los paquetes que circulan por el medio de transmisión.

Ventajas:

- Solo tenemos un medio de transmisión.
- Si se quiere llegar a todos sólo se transmite una vez.

Desventajas:

- Hay que regular el medio compartido para que no emitan a la vez dos estaciones. Hay que repartir el turno de emisión, lo que se llama multiplexación.
- Falta de privacidad, lo que una transmite las demás estaciones lo escuchan. (por ejemplo, lo que manda un satélite es rebotado a todas las antenas).
- La capacidad del medio de transmisión es finita, por lo que a mayor número de estaciones, menor medio de transmisión.

REDES PUNTO A PUNTO (DEDICADAS O MALLADAS)

Las redes punto a punto sólo permiten que un nodo se conecte a otro en un momento dado.

Existe un medio de transmisión dedicado entre cada pareja de equipos de la red.

Ventaja: son sencillos si el número de equipos es pequeño.

Desventaja: costo y complejidad cuando el número de equipos a conectar es elevado.

También se llaman malladas porque se tiende una malla entre todos los equipos.

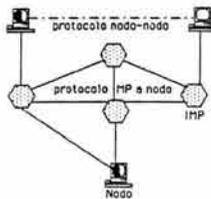


Figura 1.15

Las redes de información se pueden clasificar según su extensión y su topología. Una red puede empezar siendo pequeña para crecer junto con la organización o institución. A continuación se presenta los distintos tipos de redes disponibles:

- EXTENSIÓN

De acuerdo con la distribución geográfica:

- Red de área locales (LAN)

Una LAN es un segmento de red que tiene conectadas estaciones de trabajo y servidores o un conjunto de segmentos de red interconectados, generalmente dentro de la misma zona. Por ejemplo, un edificio.

Las redes de área local son el punto de contacto de los usuarios finales. Su finalidad principal es la de intercambiar información entre grupos de trabajo y compartir recursos tales como impresoras y discos duros. Se caracterizan por tres factores: extensión, su tecnología de transmisión y su topología.

Extensión de las redes de área local

Su extensión va de unos cuantos metros hasta algunos kilómetros. Esto permite unir nodos que se encuentran en una misma sala de cómputo, en un edificio, en un campus o una empresa mediana y grande ubicada en una misma locación.

Tecnologías de transmisión de las redes de área local

Las redes tradicionales operan con medios de transmisión tales como cable de par trenzado (Unshielded Twisted Pair), cable coaxial, fibra óptica, portadoras de rayo infrarrojo o láser, radio y microondas en frecuencias no comerciales. Las velocidades en las redes de área local van desde 10 Megabits por segundo (Mbps) hasta 622 Mbps.

Los estándares más comunes son el IEEE 802.3 llamado Ethernet y el IEEE 802.5 llamado Token Ring. Ethernet opera entre 10 y 100 Mbps. En este estándar, todo nodo escucha todos los paquetes de esta red broadcast, saca una copia y examina el destinatario. Si el destinatario es el nodo mismo, lo procesa y si no lo deshecha para escuchar el siguiente. Para enviar un paquete escucha cuando el medio de transmisión esté libre. Si ocurre que dos nodos enviaron un paquete al mismo tiempo, se provoca una colisión y cada nodo vuelve a retransmitir su paquete después de esperar un tiempo aleatorio. Token Ring opera entre 4 y 16 Mbps y utiliza una ficha (token) que permite enviar paquetes al nodo que la posee mientras los otros escuchan. Una vez que un nodo termina de enviar paquetes, pasa la ficha a otro nodo para que transmita.

- Red de área metropolitanas (MAN)

Una red MAN es una red que se expande por pueblos o ciudades y se interconecta mediante diversas instalaciones públicas o privadas, como el sistema telefónico o los suplidores de sistemas de comunicación por microondas o medios ópticos.

Una red de área metropolitana es una versión más grande de una LAN en cuanto a topología, protocolos y medios de transmisión que abarca tal vez a un conjunto de oficinas corporativas o empresas en una ciudad. Las redes de servicio de televisión por cable se pueden considerar como MAN's y, en general, a cualquier red de datos, voz o video con una extensión de una a varias decenas de kilómetros. El estándar IEEE 802.6 define un tipo de MAN llamado DQDB por sus siglas en inglés Distributed Queue Dual Bus. Este estándar usa dos cables half-duplex por los cuales se recibe y transmiten voz y datos entre un conjunto de nodos.

- Red de área extensa (WAN y redes globales)

Las WAN y redes globales se extienden sobrepasando las fronteras de las ciudades, pueblos o naciones. Los enlaces se realizan con instalaciones de telecomunicaciones públicas y privadas, además por microondas y satélites.

Una red de área amplia se expande en una zona geográfica de un país o continente. Los beneficiarios de estas redes son los que se ubican en nodos finales llamados también sistemas finales que corren aplicaciones de usuario (por ejemplo, algún procesador de palabras o un navegador de WWW). A la infraestructura que une los nodos de usuarios se le llama subred y abarca diversos aparatos de red (denominados en general como routers o enrutadores) y líneas de comunicación que une a las redes de área local. El término de subred también se aplica a una técnica para optimizar el tráfico en una red de área local de tamaño medio.

En la mayoría de las redes de área amplia se utilizan una gran variedad de medios de transmisión para cubrir grandes distancias. La transmisión puede efectuarse por microondas, por cable de cobre, fibra óptica o alguna combinación de los anteriores. Sin importar el medio, los datos en algún punto se convierten e interpretan como una secuencia de unos y ceros para formar marcos de información (frames), luego estos frames son ensamblados para formar paquetes y los paquetes a su vez construyen archivos o registros específicos de alguna aplicación.

Las redes clásicas se caracterizan porque utilizan routers para unir las diferentes LAN's. Como en este caso los paquetes viajan de LAN en LAN a través de ciertas rutas que los routers establecen, siendo dichos paquetes almacenados temporalmente en cada router, a la subred que usa este principio se le conoce como punto a punto, almacena y envía o de enrutado de paquetes.

- TOPOLOGÍAS

La topología o forma lógica de una red se define como la forma de tender el cable a estaciones de trabajo individuales; por muros, suelos y techos del edificio. Existe un número de factores a considerar para determinar cual topología es la más apropiada para una situación dada. Existen tres topologías comunes:

- Anillo.

Las estaciones están unidas unas con otras formando un círculo por medio de un cable común (Figura 1.16). El último nodo de la cadena se conecta al primero cerrando el anillo. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo, regenerándose en cada nodo. Con esta metodología, cada nodo examina la información que es enviada a través del anillo. Si la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en el anillo. La desventaja del anillo es que si se rompe una conexión, se cae la red completa.

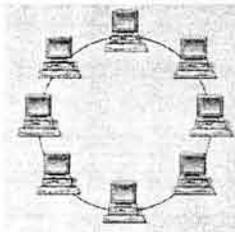


Figura 1.16 Tipo anillo

- Estrella.

La red se une en un único punto, normalmente con un panel de control centralizado, como un concentrador de cableado (Figura 1.17). Los bloques de información son dirigidos a través del panel de control central hacia sus destinos. Este esquema tiene una ventaja al tener un panel de control que monitorea el tráfico y evita las colisiones y una conexión interrumpida no afecta al resto de la red.

Ventajas de la Topología Estrella.

- ❖ Gran facilidad de instalación.
- ❖ Posibilidad de desconectar elementos de red sin causar problemas.
- ❖ Facilidad para la detección de fallo y su reparación.

Inconvenientes de la Topología de Estrella.

- ❖ Requiere más cable que la topología de Bus.
- ❖ Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos a él conectados.
- ❖ Se han de comprar hubs o concentradores.

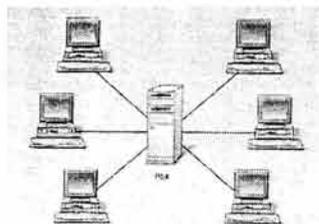


Figura 1.17 Tipo estrella

- "Bus".

Las estaciones están conectadas por un único segmento de cable (Figura 1.18). A diferencia del anillo, el bús es pasivo, no se produce regeneración de las señales en cada nodo. Los nodos en una red de "bús" transmiten la información y esperan que ésta no vaya a chocar con otra información transmitida por otro de los nodos. Si esto ocurre, cada nodo espera una pequeña cantidad de tiempo al azar, después intenta retransmitir la información.

Ventajas de la topología de Bus.

- ❖ Es más fácil conectar nuevos nodos a la red.
- ❖ Requiere menos cable que una topología estrella.

Desventajas de la topología de Bus.

- ❖ Toda la red se caería si hubiera una ruptura en el cable principal.
- ❖ Se requieren terminadores.
- ❖ Es difícil detectar el origen de un problema cuando toda la red cae.
- ❖ No se debe utilizar como única solución en un gran edificio.

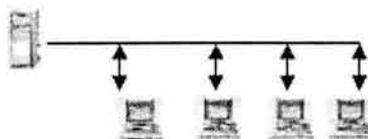


Figura 1.18 Tipo Bus

- Híbridas.

El bus lineal, la estrella y el anillo se combinan algunas veces para formar combinaciones de redes híbridas (Figura 1.19).

- Anillo en estrella.

Esta topología se utiliza con el fin de facilitar la administración de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a nivel lógico, la red es un anillo.

- "Bus" en estrella.

El fin es igual a la topología anterior. En este caso la red es un "bus" que se cablea físicamente como una estrella por medio de concentradores.

- Estrella jerárquica.

Esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales, por medio de concentradores dispuestos en cascada par formar una red jerárquica.

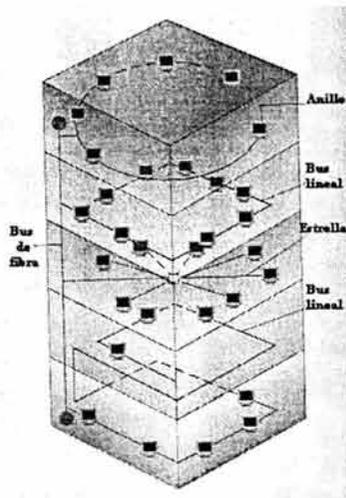


Figura 1.19 jerarquía de las redes

WLAN's

La posibilidad de usar el aire como medio de transmisión nos da lugar a las redes inalámbricas. Se pueden construir usando estaciones de radio o satélites que envían ondas a diferentes frecuencias para enlazar los correspondientes enrutadores. Como el alcance de estas ondas no puede ser restringido en un cierto radio, se deben tomar algunas medidas especiales para no entrar en conflicto con otras ondas y para restringir el acceso.

Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar.

Las redes inalámbricas se diferencian de las convencionales principalmente en la "Capa Física" y la "Capa de Enlace de Datos", según el modelo de referencia OSI. La capa física indica cómo son enviados los bits de una estación a otra. La capa de Enlace de Datos (denominada MAC), se encarga de describir como se empaquetan y verifican los bits de modo que no tengan errores. Las demás capas forman los protocolos o utilizan puentes, ruteadores o compuertas para conectarse. Los dos métodos para remplazar la capa física en una red inalámbrica son la transmisión de Radio Frecuencia y la Luz Infrarroja.

Existen dos amplias categorías de Redes Inalámbricas:

- De Larga Distancia.- Estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos (mejor conocido como Redes de Área Metropolitana MAN); sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 kbps.
- De Corta Distancia.- Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 kbps hasta los 2 Mbps.

Básicamente hay dos tipos de transmisiones inalámbricas:

Direccional.

También llamada sistemas de banda angosta (narrow band) o de frecuencia dedicada, la antena de transmisión emite la energía electromagnética en un haz; por tanto en este caso las antenas de emisión y recepción deben estar perfectamente alineadas, ver figura 1.20.

Para que la transmisión pueda ser enviada en una dirección específica, debemos tener en cuenta la frecuencia, la cual debe ser mucho mayor que la utilizada en transmisiones omnidireccionales.



Figura 1.20 direccional

Omnidireccional.

O también llamados sistemas basados en espectro disperso o extendido (spread spectrum). Al contrario que las direccionales, el diagrama de radiación de la antena es disperso (ver figura 1.21), emitiendo en todas direcciones, pudiendo la señal ser recibida por varias antenas. En general cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible concentrar la energía en un haz direccional.

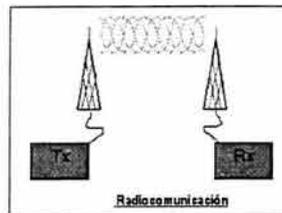


Figura 1.21 Omnidireccional

Ventajas de las Redes Inalámbricas.

- Flexibilidad.- Dentro de la zona de cobertura de la red inalámbrica los nodos se podrán comunicar y no estarán atados a un cable para poder estar comunicados por el mundo, aumentando sus posibilidades de cobertura.
- Poca planificación.- Con respecto a las redes cableadas. Antes de cablear se debe pensar mucho sobre la distribución física de las máquinas, mientras que con una red inalámbrica sólo nos tenemos que preocupar de que el lugar donde se va a realizar la instalación quede dentro del ámbito de cobertura de la red.
- Diseño.- Los receptores son bastante pequeños y pueden integrarse dentro de un dispositivo y llevarlo en un bolsillo, etc.
- Robustez.- Ante eventos inesperados, una red cableada podría llegar a quedar completamente inutilizada, mientras que una red inalámbrica puede aguantar bastante mejor este tipo de percances inesperados.
- Movilidad.- El usuario captura datos y accede a la información en tiempo real, lo cual apoya la productividad y posibilidades de respuesta inmediata en el proceso.
- Escalabilidad.- Pueden haber variedad en configuraciones para cubrir las necesidades de instalación y aplicaciones específicas.
- Buenas características de desempeño.
- Resistencia a la interferencia externa.
- Bajos costos de operación.
- Facilidad de instalación.
- Facilidad en el mantenimiento y detección de fallas.
- Útil en ciertas circunstancias geográficas.
- Menor tiempo de instalación.
- Buen nivel de integración con redes tradicionales existentes.
- Mínima capacitación para la instalación.

Inconvenientes de las Redes Inalámbricas.

- Calidad de Servicio: Potencia y distancias limitadas.- Las redes inalámbricas ofrecen una peor calidad de servicio que las redes cableadas. Estamos hablando de velocidades que no superan habitualmente los 10 Mbps, frente a los 100 que puede alcanzar una red normal y corriente. Por otra parte hay que tener en cuenta también la tasa de error debida a las interferencias. Esta se puede situar alrededor de 10^{-4} frente a las 10^{-10} de las redes cableadas. Esto significa que hay seis órdenes de magnitud de diferencia y eso es mucho. Estamos hablando de 1 bit erróneo cada 10,000 bits o lo que es lo mismo, aproximadamente de cada Megabit transmitido, 1 kbit será erróneo. Esto puede llegar a ser imposible de implantar en algunos entornos industriales con fuertes campos electromagnéticos y ciertos requisitos de calidad.
- Alto costo por unidad.- Aunque cada vez se está abaratando bastante aún sale bastante más caro.
- Soluciones Proprietarias.- Como la estandarización está siendo bastante lenta, esto supone un gran problema ante el mantenimiento del sistema, tanto para ampliaciones del sistema como para la recuperación ante posibles fallos.
- Restricciones.- Estas redes operan en un intervalo del espectro radioeléctrico. Éste está muy saturado hoy día y las redes deben amoldarse a las reglas que existan dentro de cada país.
- Seguridad.- En dos vertientes:
 - Por una parte seguridad e integridad de la información que se transmite.
 - Por otra parte este tipo de comunicación podría interferir con otras redes de comunicación (policía, bomberos, hospitales, etc.) y esto hay que tenerlo en cuenta en el diseño.
- Es una tecnología relativamente nueva.

En el espectro electromagnético podemos encontrar varios medios para transmitir información modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas, ver figura 1.22.

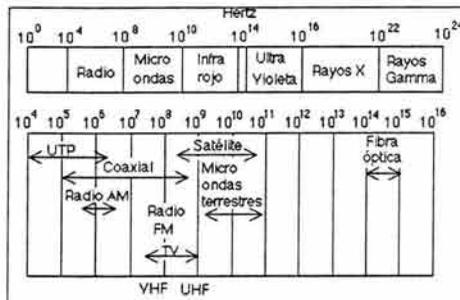


Figura 1.22 Diversas frecuencias de ondas

Como sabemos, los rayos de más alta frecuencia y que podrían llevar más información, son los X, Gamma y Ultravioleta, pero no se usan porque son perjudiciales para los humanos y porque son difíciles de modular, por eso se usan frecuencias más bajas.

CONFIGURACIONES Y TOPOLOGÍAS DE LAS WLAN

La versatilidad y flexibilidad de las redes inalámbricas es el motivo por el cual la complejidad de una LAN implementada con esta tecnología sea tremendamente variable. Esta gran variedad de configuraciones ayuda a que este tipo de redes se adapte a casi cualquier necesidad.

Estas configuraciones se pueden dividir en dos grandes grupos, las *redes punto a punto* y las que utilizan *Puntos de Acceso*.

PUNTO A PUNTO

También conocidas como redes *ad-hoc*, es la configuración más sencilla, ya que en ella los únicos elementos necesarios son terminales móviles equipados con los correspondientes adaptadores para comunicaciones inalámbricas.

En este tipo de redes, el único requisito deriva del rango de cobertura de la señal, ya que es necesario que las terminales móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea posible. Por otro lado, estas configuraciones son muy sencillas de implementar y no es necesario ningún tipo de gestión administrativa de la red.

Un ejemplo sencillo de esta configuración se muestra en la figura 1.23.



Figura 1.23 Conexión punto a punto

PUNTO DE ACCESO

Estas configuraciones utilizan el concepto de *celda*, ya utilizado en otras comunicaciones inalámbricas, como la telefonía móvil. Una *celda* podría entenderse como el área en el que una señal radioeléctrica es efectiva. A pesar de que en el caso de las redes inalámbricas esta celda suele tener un tamaño reducido, mediante el uso de varias fuentes de emisión es posible combinar las celdas de estas señales para cubrir de forma casi total un área más extensa.

La estrategia empleada para aumentar el número de celdas, y por lo tanto el área cubierta por la red, es la utilización de los llamados *Puntos de acceso*, que funcionan como repetidores, y por tanto son capaces de doblar el alcance de una red inalámbrica, ya que ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre una estación y un punto de acceso.

Los *Puntos de acceso* son colocados normalmente en alto, pero solo es necesario que estén situados estratégicamente para que dispongan de la cobertura necesaria para dar servicio a las terminales que soportan.

Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos 30 metros y hasta varios cientos de metros.



Figura 1.24 Utilización de un Punto de acceso

PROTOSCOLOS DE REDES

Para resolver los problemas de compatibilidad de conexión y se comprendan entre sí los diferentes equipos que integran la red, en 1976 la ISO (International Standard Organization) definió un modelo que especifica las distintas capas funcionales necesarias para asegurar la comunicación entre distintos fabricantes. Se definió una arquitectura de comunicación llamada OSI (Open System Interconnect), representada por siete capas o niveles, con funciones perfectamente definidas para cada una, pero sin establecer como esas funciones son cumplidas en el interior de la capa. Cada capa cumple funciones distintas y son independientes entre ellas. Al nivel N solo le interesa utilizar los servicios del nivel N-1 y realizar los servicios para N+1. Una capa o nivel puede cambiar su estructura interna pero no los servicios que recibe y entrega.

Los niveles del modelo OSI son:

Nivel Físico.
Nivel de Enlace de Datos.
Capa de Red.
Capa de Transporte.
Capa de Sesión.
Capa de Presentación.
Capa de Aplicación.

- 1) Físico: Conecta físicamente a dos transmisores. Define el medio de comunicación con el mecanismo de transmisión y el elemento de hardware. El nivel físico viene a ser básicamente el cable, que permite la comunicación, y transmisión de datos, y que define la transmisión de bits a través de un canal. En esta capa se tratan conceptos mecánicos eléctricos y procedimientos de interfaz así como el medio de transmisión.
- 2) El nivel de enlace trata de detectar y corregir los errores. Contienen información como: Número de caracteres. Un campo de encabezamiento guarda el número, pero si el número es cambiado, será muy difícil recuperarlo. Caracteres de inicio y fin.
- 3) Red: Encamina la información a través de la red. Define protocolos de enrutamiento de datos para asegurar que la información llegue al nodo correcto. Encamina los paquetes de la fuente al destino final a través de routers intermedios, tiene que saber la topología de la subred, evitar la congestión y manejar saltos de la fuente y el destino si están en redes distintas.
- 4) Transporte: Propicia la comunicación entre dos puntos no adyacentes. Define protocolos para estructuración de mensajes, supervisa la transmisión y detecta errores. Provee un servicio eficiente y confiable. El hardware y el software dentro de este nivel de transporte se llaman "entidad de transporte", puede estar en el corazón del sistema operativo, en un programa, en una tarjeta, etc. Sus servicios son semejantes a los del nivel de red, al igual que las direcciones y el control de flujo.
- 5) Sesión: Gestiona problemas ajenos a la comunicación. Coordina las comunicaciones y mantiene la sesión de comunicación el tiempo que sea necesario, controlando la seguridad, el ingreso de usuario y las tareas de administración.
- 6) Presentación: Convierte la información. Define la manera como los datos se formatean, se presentan y se codifican.
- 7) Aplicación: Proporciona servicios a las aplicaciones. Define la manera como interactúa la aplicación ejecutada con la red; incluye la administración de bases de datos, el correo electrónico y ciertos programas que emulan terminales. Este nivel es el más cercano al usuario. Es el programa o conjunto de programas que generan información para que esta viaje por la red, por ejemplo el correo electrónico, cuando lo procesamos y enviamos, este puede ir a cualquier lugar del mundo, y ser leído en cualquier tipo de ordenador.

Un resumen se muestra en las figuras 1.25 y 1.26.

CAPA	NOMBRE	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS
7	CAPA DE APLICACIÓN	Función de usuario. Intercambio de variables	Servicio de comunicación
6	CAPA DE PRESENTACIÓN	Representación de datos	
5	CAPA DE SESIÓN	Sincronización	Coordinación de la sesión
4	CAPA DE TRANSPORTE	Establecimiento del enlace	Transmisión asegurada
3	CAPA DE RED	Direccionamiento	Comunicación entre subredes
2	CAPA DE ENLACE DE DATOS	Método de enlace	CRC, CSMA-CD
1	CAPA FÍSICA	Medio físico de transmisión	Cable, UTP, etc

Figura 1.25



Figura 1.26 comunicación entre dos terminales

Cuando se transmite un mensaje las capas hacen:

La capa de aplicación toma los datos y los encapsula añadiendo un encabezado que contiene información de control o que puede estar vacío. El paquete completo resultante se lo pasa a la capa de presentación.

La capa de presentación lo recibe y no intenta siquiera decodificar o separar los componentes del paquete, sino que lo toma como datos y le añade un encabezado con información de control de esta capa y el paquete resultante se lo envía a la capa de sesión.

La capa de sesión recibe el paquete, que también son solo datos para ella y le añade un encabezado de control. El resultado se lo envía a la capa de transporte.

La capa de transporte recibe todo el paquete como datos y le añade su propio encabezado de control creando otro paquete que envía a la capa de red, la cual se encargará de enrutarlo a su destino apropiado, entre otras actividades que realiza. Las capas de red, ligado de datos y física toman, respectivamente, el paquete que les envía la capa superior y añaden a éste un encabezado definido por el protocolo que corresponde a cada capa y pasan el resultado a la capa inferior. La capa física traducirá el último paquete a las señales apropiadas para que viajen por el medio físico hasta el nodo destino.

En el nodo destino, la capa física toma los paquetes y les quita el encabezado de la capa física, pasando el paquete resultante a la capa de ligado de datos. La capa de ligado lo recibe y le quita el encabezado de esta capa, pasando el resultado a la capa de red, quien lo toma y le quita el encabezado de red, pasando el paquete a la capa de transporte que elimina el encabezado de transporte y pasa el resultado a la capa de sesión, quien también le quita el encabezado respectivo y pasa el paquete a la capa de presentación, que a su vez le quita el encabezado de presentación y le pasa el paquete a la capa de aplicación que, finalmente, le quita el último encabezado y le entrega el paquete de datos reales a la aplicación en el nodo destino.

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo esta optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores.

Los protocolos o normalizaciones son establecidos por organizaciones de reconocimiento mundial, por ejemplo, la ISO, IEEE, ANSI, etc. Existen dos tipos de estandarizaciones:

- Normas por imposición. Este tipo de normas son impuestas por una organización y debe seguirse en estos terrenos para asegurar comunicación.
- Normas por convención. Este tipo de normas son tomadas como tal bajo común acuerdo de distintas organizaciones o grupos de usuarios; éstas fueron tomadas por normas debido a su alto desempeño o que son las únicas en su tipo, sin embargo quien las diseñó no intentaba que fueran una norma impuesta.

Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del mismo disminuye el rendimiento y aumenta la relación costo/prestación. En muchos casos no se trata de protocolos que compitan entre sí, sino que se complementan, cuando se trata de una arquitectura de un sistema de comunicación de varios niveles.

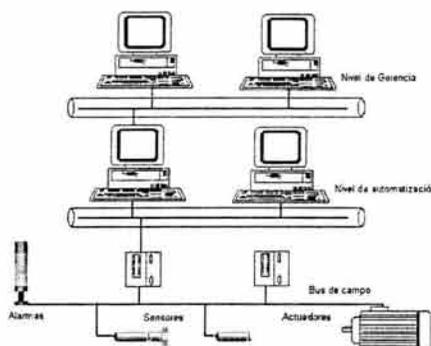


Figura 1.29

Los protocolos gobiernan dos niveles de comunicaciones:

- Los protocolos de alto nivel: Estos definen la forma en que se comunican las aplicaciones.
- Los protocolos de bajo nivel: Estos definen la forma en que se transmiten las señales por cable.

MODBUS

Es un protocolo utilizado en comunicaciones vía módem-radio, para cubrir grandes distancia a los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua. Velocidad a 1200 baudios por radio y mayores por cable. Es un estándar de facto.

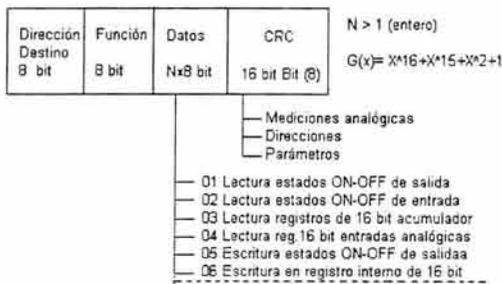


Figura 1.30

DISPOSITIVOS DE REDES

- Hubs (Concentradores).- Son equipos que permiten estructurar el cableado de las redes. La variedad de tipos y características de estos equipos es muy grande. En un principio eran solo concentradores de cableado, pero cada vez disponen de mayor número de capacidad de la red, gestión remota, etc. La tendencia es a incorporar más funciones en el concentrador. Existen concentradores para todo tipo de medios físicos.
- Repetidores.- Son equipos que actúan a nivel físico. Prolongan la longitud de la red uniendo dos segmentos y amplificando la señal, pero junto con ella amplifican también el ruido. La red sigue siendo una sola, con lo cual siguen siendo válidas las limitaciones en cuanto al número de estaciones que pueden compartir el medio.
- Bridges (Puentes).- Son equipos que unen dos redes actuando sobre los protocolos de bajo nivel, en el nivel de control de acceso al medio. Solo el tráfico de una red que va dirigido a la otra atraviesa el dispositivo. Esto permite a los administradores dividir las redes en segmentos lógicos, descargando de tráfico las interconexiones. Los bridges producen las señales, con lo cual no se transmite ruido a través de ellos.
- "Routers" (Encaminadores).- Son equipos de interconexión de redes que actúan a nivel de los protocolos de red. Permite utilizar varios sistemas de interconexión mejorando el rendimiento de la transmisión entre redes. Su funcionamiento es más lento que los bridges pero su capacidad es mayor. Permiten, incluso, enlazar dos redes basadas en un protocolo, por medio de otra que utilice un protocolo diferente.
- "Gateways".- Son equipos para interconectar redes con protocolos y arquitecturas completamente diferentes a todos los niveles de comunicación. La traducción de las unidades de información reduce mucho la velocidad de transmisión a través de estos equipos.
- Servidores.- Son equipos que permiten la conexión a la red de equipos periféricos tanto para la entrada como para la salida de datos. Estos dispositivos se ofrecen en la red como recursos compartidos. Así una terminal conectada a uno de estos dispositivos puede establecer sesiones contra varios ordenadores multiusuario disponibles en la red. Igualmente, cualquier sistema de la red puede imprimir en las impresoras conectadas a un servidor.
- Módems.- Son equipos que permiten a las computadoras comunicarse entre sí a través de líneas telefónicas; modulación y demodulación de señales electrónicas que pueden ser procesadas por computadoras. Los módems pueden ser externos (un dispositivo de comunicación) o interno (dispositivo de comunicación interno o tarjeta de circuitos que se inserta en una de las ranuras de expansión de la computadora).
- Tarjeta de Red.-La tarjeta de red o NIC es la que conecta físicamente el ordenador a la red. Las tarjetas de red más populares son por supuesto las tarjetas Ethernet, existen también conectores Local Talk así como tarjetas TokenRing.

Algunos problemas de la transmisión.

La atenuación

Consiste en el debilitamiento o pérdida de amplitud de la señal recibida frente a la transmitida. Por ejemplo, sabemos que cualquier sonido se percibe con menor intensidad cuando más alejados nos encontramos de la fuente que lo origina. Efectivamente, la atenuación tiene un efecto proporcional a la distancia. A partir de una determinada distancia, la señal recibida es tan débil que no se puede reconocer mensaje alguno.

Para paliar el efecto de la atenuación se pueden incorporar en el camino de la señal unos dispositivos activos, cuya función es amplificar la señal en la misma medida en que acaba de ser atenuada por el medio, de esta forma se consigue recuperar la señal para que pueda alcanzar más distancia.

Según el tipo de señal, analógica o digital, estos dispositivos tienen un comportamiento distinto y también diferente nombre. Para el caso de señales digitales hablamos de dispositivos repetidores, que son capaces de restaurar la misma señal original. Para las señales analógicas se denominan amplificadores y estos elementos no permiten recuperar la señal original, debido al efecto del ruido que no se puede aislar de las señales analógicas pero sí de las digitales.

Debido a la imposibilidad de supresión del ruido en el caso de las señales analógicas aparece la limitación del número máximo de amplificadores que pueden ser conectados en una línea de transmisión y con ello se limita la distancia máxima de este tipo de transmisiones.

Distorsión por atenuación

Hasta ahora hemos supuesto que la atenuación afecta por igual a todas las señales. Sin embargo, la atenuación es función, además de la distancia, de la frecuencia de las señales que se propagan. Las de mayores frecuencias sufren una mayor atenuación.

Este fenómeno produce, en las señales con diferentes componentes frecuenciales, una atenuación distinta para cada componente de frecuencia, lo que origina que la señal recibida tenga una forma diferente de la transmitida, además de una menor amplitud. Como la señal recibida se ha *deformado* con respecto a la transmitida decimos que se ha *distorsionado*.

Para compensar esta diferente atenuación a distintas frecuencias, los amplificadores pueden incorporar una etapa denominada *ecualizador*.

El retardo de grupo

Otro de los problemas de la transmisión es el retardo. Sabemos que todas las señales se propagan a una cierta velocidad, que depende del medio y de la naturaleza de la señal. Por ejemplo: el sonido se propaga en el aire aproximadamente a 340 m/s, la luz a 3,000,000 km /s, etc.

Luego todas las señales van a tardar un cierto tiempo en recorrer la distancia que separa al emisor del receptor. Además, si en el camino la señal atraviesa determinados circuitos electrónicos, ópticos, o de cualquier otra naturaleza, estos pueden añadir un retardo adicional. Por ejemplo: una puerta lógica introduce un retardo del orden de 15 ns entre su entrada y su salida.

De igual forma que sucedía con la atenuación, el retardo tampoco es una función constante con la frecuencia y las diferentes componentes de una señal sufren distintos retardos. Por ejemplo: para una señal limitada en ancho de banda la velocidad tiende a ser más alta en la frecuencia central y decrece en los límites de la banda de frecuencias. Esto trae como consecuencia que en un instante dado las componentes frecuenciales que llegan al receptor no son las mismas que unos instantes antes envió el emisor, por lo tanto, la señal recibida tendrá una forma distinta de la emitida, de nuevo hablamos de distorsión. A la distorsión producida por el retardo, se le denomina distorsión por retardo.

Este fenómeno carece de trascendencia en las transmisiones de voz, ya que el oído humano no es sensible a las diferencias de retardo. Sin embargo, tiene efectos importantes en la transmisión de datos digitales, especialmente a alta velocidad.

La diafonía

La **diafonía** (*crosstalk*) Es un fenómeno que todos hemos experimentado en las comunicaciones telefónicas. Consiste en la interferencia de un canal (o cable) próximo con el nuestro, esto produce una señal que es la suma de la señal transmitida y otra señal externa atenuada que aparece *de fondo*. En una conversación telefónica esto se observa como una segunda conversación que se oye de fondo mezclada con la nuestra.

El motivo de este fenómeno es la influencia mutua entre dos canales de transmisión próximos en frecuencia o que comparten el mismo tendido de cables.

El ruido impulsivo

Otra fuente de problemas en la transmisión es el denominado ruido impulsivo. Consiste en pulsos irregulares de corta duración y relativamente de gran amplitud, que son provocados por inducciones, como consecuencia de conmutaciones electromagnéticas. Este tipo de ruido es debido a causas variadas externas al medio de transmisión.

Podemos asociarlo a las interferencias en un receptor de radio cuando se aproxima una motocicleta, o también al encendido de determinados aparatos en un domicilio (por ejemplo: una lavadora o nevera).

Existen infinidad de dispositivos cuyo encendido o apagado genera un impulso de radio frecuencia capaz de influir a canales de comunicación próximos. El ruido impulsivo es típicamente aleatorio, es decir, se produce de manera inesperada y no suele ser repetitivo.

El ruido térmico

Está presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión y es debido a la agitación de los electrones en un conductor. Es proporcional a la temperatura y se encuentra distribuido uniformemente en todo el espectro de frecuencias. Habitualmente el efecto del ruido térmico es despreciable, excepto en aquellos casos en los que se trabaja con señales muy débiles.

MODULACIÓN

Veamos ahora algunos esquemas simples de modulación:

- **FSK** (Modulación por desplazamiento de la frecuencia): Se modifica la frecuencia de la portadora según el valor de bit a transmitir, durante las celdas de bit con valor uno emplearemos la frecuencia f_1 y la f_0 para los bits con valor cero. La señal así resultante será una sucesión de tramas de las dos frecuencias indicadas, y será una señal analógica.

Es el método más utilizado en módems de baja velocidad (300 a 1200 baudios) diseñados para operar con conexiones a través de la red telefónica conmutada. Presenta la ventaja de requerir circuitería simple para la demodulación y requisitos de ancho de banda bajos.

- **ASK** (modulación por desplazamiento de la amplitud): En esta técnica no se modifica la frecuencia de la portadora sino su amplitud. Los dos valores binarios se representan mediante diferentes niveles de amplitud de esta señal.

Generalmente una de las amplitudes es cero, o sea el uno binario se representa por la presencia de portadora y el cero por la ausencia de la misma. Es una técnica bastante ineficiente de modulación debido a su mayor sensibilidad al ruido (que modifica a la amplitud), y sobre líneas de voz suele utilizarse sólo hasta 1200 bps. Sin embargo, resulta adecuada para la transmisión de datos digitales sobre fibra óptica. En este caso, los bits de valor uno se representan mediante pulsos de luz y los bits a cero por la ausencia de luz.

- **PSK** (Modulación por desplazamiento de fase): La frecuencia y la amplitud se mantienen constantes y se varía la fase de la portadora para representar los niveles uno y cero con distintos ángulos de fase.

Con este tipo de modulación el receptor debe mantener una señal portadora de referencia con la que comparará la fase de la señal recibida. Esto implica circuitos de demodulación complejos. Por este motivo, suele emplearse una forma alternativa de modulación en fase, que emplea desplazamientos en la fase relativos a la señal anterior transmitida. Por ejemplo, un desplazamiento de 90° relativos a la señal actual pueden servir para indicar un cero binario y un cambio en la fase de 270° un uno binario. De esta forma el circuito de demodulación solo necesita determinar los desplazamientos en la fase y no el valor absoluto (PSK diferencial).

En la forma más general de modulación PSK, la portadora se desplaza de forma sistemática 45° , 135° , 225° ó 315° , en intervalos espaciados de manera uniforme, y por cada uno de estos desplazamientos de fase se transmiten dos bits de datos. En módems más sofisticados suelen emplearse varias combinaciones de amplitud y fase, con ello puede conseguirse, por

ejemplo, que un elemento de señal represente cuatro bits, con lo que una transmisión a 2400 baudios permite un velocidad de transmisión de 9600 bps.

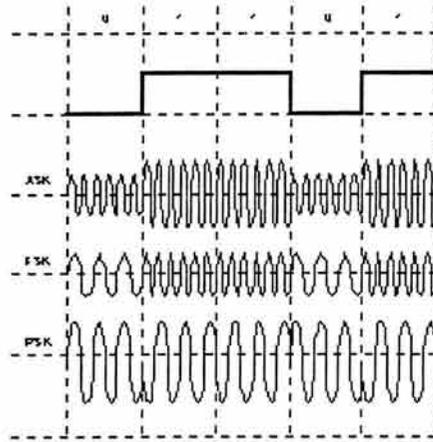


Figura 1.31 Tipos de modulación

SISTEMAS DE TIEMPO REAL

Los sistemas de tiempo real (STR) son sistemas informáticos que se encuentran en multitud de aplicaciones, desde la electrónica de consumo hasta el control de complejos procesos industriales. Están presentes en prácticamente todos los aspectos de nuestra sociedad como, teléfonos móviles, automóviles, control de tráfico, procesos automáticos de fabricación, producción de energía, aeronaves, etc. Además, el auge de los Sistemas de Tiempo Real está en constante aumento, ya que cada vez más máquinas se fabrican incluyendo un número mayor de sistemas controlados por computador.

Existen muchas definiciones de “Tiempo Real”, muchas de ellas contradictorias. Desafortunadamente el tema es controversial, y no parece haber algún acuerdo al 100% sobre la terminología.

La definición canónica de un sistema de tiempo real (de Donald Gillies) es la siguiente:

“Un sistema de tiempo real es aquel en el que para que las operaciones computacionales estén correctas no depende solo de que la lógica e implementación de los programas computacionales sea correcto, sino también en el tiempo en el que dicha operación entregó su resultado. Si las restricciones de tiempo no son respetadas el sistema se dice que ha fallado.”

Otros han agregado:

“Por lo tanto, es esencial que las restricciones de tiempo en los sistemas sean cumplidas. El garantizar el comportamiento en el tiempo requerido necesita que el sistema sea predecible. Es también deseable que el sistema obtenga un alto grado de utilización a la vez que cumple con los requerimientos de tiempo.”

En algunas ocasiones podemos ver referencias sobre sistemas de tiempo real cuando solo se quiere decir que el sistema es rápido. Cabe mencionar que “tiempo real” no es sinónimo de rapidez; esto significa que no es la latencia de la respuesta lo que nos enfoca en un sistema de tiempo real (esta latencia a veces está en el orden de los segundos), el enfoque en tiempo real de la latencia es el asegurarse de que la latencia del sistema es la suficiente para resolver el problema al cual el sistema está dedicado.

Características de los sistemas de tiempo real:

1) **Determinismo.**

El determinismo es una cualidad clave en los sistemas de tiempo real. Es la capacidad de determinar con una alta probabilidad, cuanto es el tiempo que se toma una tarea en iniciarse. Esto es importante porque los sistemas de tiempo real necesitan que ciertas tareas se ejecuten antes de que otras puedan iniciar.

Esta característica se refiere al tiempo que tarda el sistema antes de responder a una interrupción. Este dato es importante saberlo porque casi todas las peticiones de interrupción se generan por eventos externos al sistema, así que es importante determinar el tiempo que tardará el sistema en aceptar esta petición de servicio.

2) **Responsividad.**

La responsividad se enfoca en el tiempo que se tarda una tarea en ejecutarse una vez que la interrupción ha sido atendida. Los aspectos a los que se enfoca son:

La cantidad de tiempo que se lleva el iniciar la ejecución de una interrupción.

La cantidad de tiempo que se necesita para realizar las tareas que pidió la interrupción.

Los Efectos de Interrupciones anidadas.

Una vez que el resultado del cálculo de determinismo y Responsividad es obtenido, se convierte en una característica del sistema y un requerimiento para las aplicaciones que correrán en el.

3) **Usuarios controladores.**

En estos sistemas, el usuario tiene un control mucho más amplio del sistema.

- El proceso es capaz de especificar su prioridad.
- El proceso es capaz de especificar el manejo de memoria que requiere (qué parte estará en caché y qué parte en memoria swap y qué algoritmos de memoria swap usar).
- El proceso especifica qué derechos tiene sobre el sistema.

4) **Confiabilidad.**

La confiabilidad en un sistema de tiempo real es otra característica clave. El sistema no debe de ser solamente libre de fallas pero más aún, la calidad del servicio que presta no debe de degradarse más allá de un límite determinado.

El sistema debe de seguir en funcionamiento a pesar de catástrofes, o fallas mecánicas. Usualmente una degradación en el servicio en un sistema de tiempo real lleva consecuencias catastróficas.

5) **Operación a prueba de fallas duras (Fail safe operation).**

El sistema debe de fallar de manera que: cuando ocurra una falla, el sistema preserve la mayor parte de los datos y capacidades del sistema en la máxima medida posible.

Que el sistema sea estable. Que si para el sistema es imposible cumplir con todas las tareas sin exceder sus restricciones de tiempo, entonces el sistema cumplirá con las tareas más críticas y de más alta prioridad.

La característica que diferencia a los Sistemas de Tiempo Real es que sus acciones deben producirse dentro de unos intervalos de tiempo determinados por la dinámica del sistema físico que supervisan o controlan. La mayoría de los sistemas de tiempo real son sistemas empotrados y suelen tener restricciones adicionales en cuanto al uso de recursos computacionales con respecto a otros tipos de sistemas informáticos. Además, suelen tener requisitos de seguridad y fiabilidad más severos, ya que si el sistema falla puede ocasionar pérdidas económicas (por ejemplo, avería del motor) o incluso humanas.

CAPITULO 2 UPS

Los sistemas de alimentación eléctrica de emergencia están destinados a una gran variedad de consumos. Entre los mismos se encuentran las instalaciones de servicios auxiliares esenciales, de alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de reserva), de centros de cómputos, de bancos, de sanatorios y hospitales, etc.

Estas instalaciones presentan una diversidad de exigencias en cuanto al retardo admisible en la incorporación del suministro de emergencia, a la duración del mismo, a la escala de las potencias involucradas y a su confiabilidad. Tal diversidad puede ser cubierta con distintos equipamientos, como los basados en grupos electrógenos accionados por turbinas de gas o Diesel; en baterías de acumuladores o en una combinación de ellos. La elección del equipo más conveniente debe hacerse no sólo en base a los requerimientos técnicos, sino también en base a consideraciones económicas.

Un UPS (Uninterruptible Power System) es un sistema que provee energía eléctrica ininterrumpida a una carga eléctrica determinada, el cual responde ante una falta de energía en la red. Analizando desde otro punto de vista se podría agregar que: un UPS entra en acción ante determinada circunstancia que hace presumir que la calidad de la energía proveniente de la red no es la conveniente para el equipo protegido. Para realizar esta función dispone de tres elementos claves:

1. Una reserva de energía, que de alguna manera se convertirá en energía eléctrica y será entregada a la carga.
2. Un elemento capaz de reponer la energía perdida cuando por algún motivo se utilizó total o parcialmente la reserva.
3. Un selector para elegir de donde obtiene la energía que le entregará a la carga, si de la línea o de la reserva.

De esta última definición se puede deducir que los UPS no solo son sistemas que entran en acción ante una falta de energía en la línea de alimentación, sino que son dispositivos destinados a la protección de equipos, que no admiten fallas en la calidad de la tensión de alimentación suministrada.

Hay dos conceptos constructivos para estos sistemas. En uno de ellos el UPS brinda energía para unos quince minutos de manera que ante el corte de energía de red el operador alcance a grabar todos los datos almacenados en la memoria volátil para luego apagar el equipo. En el otro el UPS ofrece energía para varias horas de manera que el operador pueda continuar con su trabajo durante la falla, resultando un sistema más costoso que el anterior.

Un sistema de alimentación ininterrumpida basado en acumuladores se instala entre la red de distribución pública de energía eléctrica de CA y la carga crítica a alimentar, estando formado básicamente por un rectificador/cargador de baterías, un banco de baterías de acumuladores, un inversor y eventualmente un conmutador de transferencia. Cuando las potencias son elevadas, cada componente se dispone en un bloque independiente. Generalmente completan el equipo los distintos indicadores de estado y el sistema de control, que incluye la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y tensión inversa.

PARAMETROS QUE DEFINEN UN UPS

Como los equipos electrónicos son cada vez más sensibles y la red de distribución comercial esta cada vez más llena de ruido, por la proliferación de equipos electrónicos, que generan interferencias. Un UPS no solo debe asegurar la provisión continua de energía, sino también acondicionar la alimentación proveniente de la red a los requerimientos del equipo protegido.

Entonces cabe preguntarse qué tipo de parámetros definen la calidad del suministro eléctrico para “equipos críticos”. La forma de onda ideal de tensión en la línea comercial, debería ser una senoide pura, con una tensión y frecuencia

estable, y sin armónicos. Sin embargo en la práctica, la tensión sufre varias perturbaciones de distinta índole, algunas de las cuales se describen a continuación.

PERTURBACIONES EN LA LÍNEA

- Falta tensión (Blackout): Cuando la utilidad del sistema de alimentación desaparece por algunos ciclos o más.
- Tensión nominal: Forma de onda sinusoidal pura, con nivel estándar de tensión.
- Transitorio: Sub y sobretensión no repetitiva.
- Sobretensión: La magnitud de la tensión sobrepasa sustancialmente el valor nominal de tensión, por un tiempo largo o por algunos ciclos.
- Sobretensión transitoria (Surge): Incremento en la tensión de corta duración.
- Subtensión (Brownout): La tensión desciende por un tiempo pequeño o grande, del valor de la tensión nominal.
- Subtensión transitoria (Sag): Disminución de la tensión por corto tiempo.
- Variación de frecuencia: Un cambio en la frecuencia de la tensión de línea por más de 3 Hz.
- Impulso transitorio (Spikes): Impulsos superpuestos a la línea de alimentación normal de 50 ó 60 Hz, que ocurren ocasionalmente, con duración de entre 0.5 a 200 ms. Estos impulsos pueden presentarse en modo común entre líneas o en modo diferencial.
- Ruido (Noise): Pulsos de tensión similar al “Spikes” pero de menor magnitud.
- Ruido en modo común: Ruido manifestado entre el conductor activo “vivo” de la línea y el neutro o entre el vivo y tierra.
- Oscilación transitoria: Interferencia de alta frecuencia que se amortigua en corto tiempo.
- Interferencias electromagnéticas (EMI): Interferencia de alta frecuencia causada por la acción de equipos electromagnéticos.
- Interferencias de Radiofrecuencia (RFI): Interferencia de alta frecuencia causada por equipos radioeléctricos conectados o no a la línea.
- Armónicas: Ondas sinusoidales generalmente de menor amplitud y mayor frecuencia, múltiplo de la fundamental.
- Distorsión armónica: Distorsión en la forma de onda causada por la presencia de armónicos en la red.

Las interferencias y disturbios en la red, definidos anteriormente, se suelen reunir en cuatro grupos.

- Grupo I. Oscilaciones Transitorias, “Spikes”, RFI y EMI.
- Grupo II. Sobretensiones y “Surge”, Subtensiones y “Sag”.
- Grupo III. Falta de tensión.
- Grupo IV. Armónicos en la red.

CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO, PARA EQUIPOS CRÍTICOS

Se transcribe a continuación, los rangos típicos de la calidad de servicio para equipos críticos.¹

¹ Fuente: IIIE 446 “Recomendaciones prácticas para sistemas de alimentación estándar y de emergencia, en aplicaciones industriales y comerciales”

PARÁMETROS	RANGOS
Variación de la tensión en la alimentación	+5%
Disturbios de tensión	
Subtención momentanea	-25 a 30%, menos de 0.5 s
Sobre tensión transitoria	+150 a +200%
Distorsión armónica de la tensión	3 a 5 %
Ruido	No normalizado
Variación de la frecuencia	60 Hz
Promedio de frecuencia en la carga	1Hz/s
Desequilibrio de la tensión de fase	2.5 a 5%
Desequilibrio de la carga	5 a 20%
Factor de potencia	0.8 a 0.9

En los sistemas muy críticos se disponen UPS redundantes, y en tal caso se requiere un sistema especial de sincronismo y protecciones de alta velocidad. Algunos de estos sistemas se construyen en forma de módulos UPS conectables para vincularse en paralelo, pudiendo los distintos UPS conectarse y desconectarse con el conjunto en servicio. De esta manera se forma un sistema de alimentación ininterrumpida ampliable y modificable con módulos en redundancia.

GRÁFICOS DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE LA RED

A continuación se presentan algunos gráficos que dejan ver, algunas perturbaciones en la línea de distribución comercial de energía eléctrica.



Figura 2.1

En las figura 2.2 se muestra un impulso transitorio “Spike” y en la figura 2.3 se muestra el efecto de sobre tensión y “Sag”, lo mismo en la figura 2.4, se muestra un tren de “Sag”.

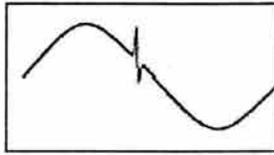


Figura 2.2

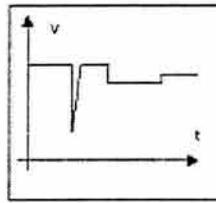


Figura 2.3

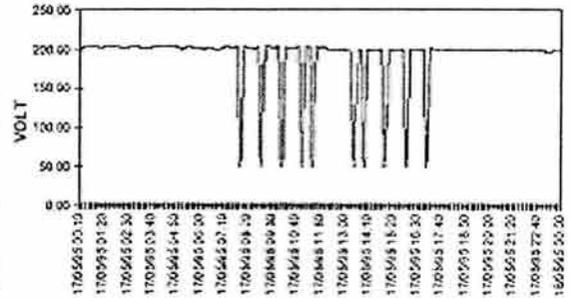


Figura 2.4

Energía Ininterrumpible o no): En un sistema de energía de AC, la potencia o energía entregada a cualquier carga depende de las características de esa carga. Una computadora es un tipo especial de carga que consume potencia en la forma de pulsos que ocurren cada 10 milisegundos o 100 veces en un segundo (carga alineal). De hecho la fuente de alimentación de la computadora contiene dispositivos llamados rectificadores, los cuales desconectan la computadora de la fuente de AC por aproximadamente el 70% del tiempo, mientras la computadora está funcionando.

Comúnmente (y erróneamente) se piensa que la computadora drena y requiere potencia continua (Volts por Ampere) cuando en realidad la potencia se interrumpe 100 veces por segundo. Por lo tanto, las computadoras sólo consumen energía interrumpida. Para ilustrar esta situación, se hicieron algunas medidas de la potencia consumida por una configuración típica de una computadora. Normalmente, estas medidas deberían reportarse en términos de Watts, Volts y Amperes pero estos valores representan promedios de largo plazo e ignoran los detalles de cómo se entrega la potencia en función del tiempo. En esta ilustración, un registro hecho en una configuración real muestra la variación en el tiempo de los Volts, Amperes y Watts consumidos por el sistema en un período de 1/50 de segundo. Nótese que el flujo de potencia es interrumpido (es cero) la mayoría del tiempo que la computadora está operando con la potencia AC normal. Ya que sabemos que la potencia consumida por los circuitos lógicos de la computadora fluye durante todo el tiempo (es corriente continua), se puede inferir correctamente que la computadora debe tener algún medio interno de almacenamiento de energía del cual se alimenta durante los períodos en que la potencia entrante a la computadora es cero.

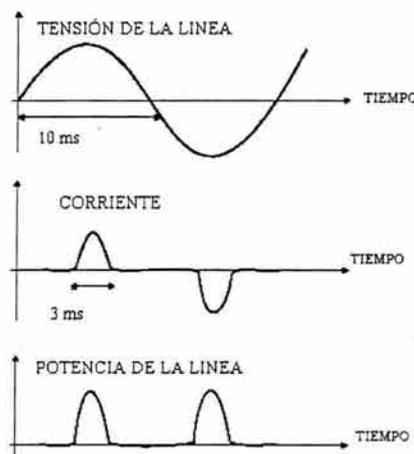


Figura 2.5

Todas las computadoras tienen un dispositivo interno de almacenamiento de energía llamado condensador, que actúa como una batería recargable. Esta batería hace funcionar la computadora durante los instantes en que se interrumpe la potencia de entrada (100 veces por segundo). El condensador tiene una capacidad muy limitada y no puede hacer funcionar el equipo por más de 50 milisegundos sin ser recargado.

Afortunadamente la energía de AC a 50 Hz recarga el condensador con un pulso de potencia cada 10 milisegundos o casi seis veces más rápido de lo que se necesita. Usando un simulador de fallas en la línea de energía, pruebas repetidas mostraron que la computadora típica opera sin potencia de entrada por un período de hasta 65 milisegundos, aún durante operaciones de lectura/escritura en el disco duro.

Entonces no habría problemas en alimentar una carga, como la computadora, con un UPS que conmute como lo hacen las interactivas. Pero aparecen algunas limitaciones importantes:

Esta conmutación no puede demorar mucho tiempo, al contrario debe demorar lo menos posible, se asumen o aceptan tiempos de conmutación del orden de los milisegundos.

Es imperioso reducir al mínimo el tiempo que el sistema de control del UPS necesita para darse cuenta si se esta produciendo un corte de energía y eventualmente tomar la decisión de conmutar, este tiempos se sumará al de la conmutación propiamente dicha.

Las conmutaciones, si bien pueden tolerarse porque no ocurre nada importante desde el punto de vista del flujo de potencias, suelen agregar ruidos y rebotes, propios de los métodos electromecánicos que se utilizan y esto si suele ser una severa dificultad en algunas cargas o instalaciones.

FORMA DE ONDA

Algo de lo que no hemos hablado hasta aquí es de la forma de onda, es decir, qué tipo o clase de onda genera el convertidor DC/AC cuando debe convertir energía de corriente continua (las baterías) en energía de corriente alterna (la que necesita la carga). Tal como siempre hemos mencionado la forma de onda que proviene de la red de suministro eléctrico no es completamente senoidal, depende fundamentalmente de la carga, hay tipos de cargas, situaciones y circunstancias en las cuales se puede generar una onda no senoidal. En general se tiende a generar algo parecido a una senoidal, pero más sencillo de hacerlo. Reproducir una senoidal no es algo técnicamente sencillo ni económico, en cambio hay ondas que resultan más simples y económicas y las desventajas o cualidades que perdemos no son de peso.

Como puede verse en la figura 2.6, se han superpuesto una onda rectangular (llamada cuasi-senoide) y una senoide y ambas ondas tienen parámetros en común, la frecuencia es uno, el voltaje de pico es el mismo y el valor medio también (las áreas encerradas debajo de cada curva son idénticas). Es cierto, difieren en algo importante, la senoide es mono frecuencial, la cuasi-senoide no, es una combinación de un gran número de ondas sinusoidales de distintas frecuencias. El parámetro que las diferencia es la distorsión armónica, en la senoide no existe, en la cuasi-senoide dependerá de cómo se genera, pero alcanza valores elevados. Hay cargas que toleran esto sin problemas, una de esas cargas son las computadoras, al menos las más chicas.

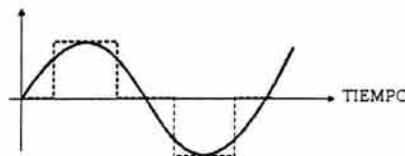


Figura 2.6

El valor de pico de la onda cuasi-senoide se mantiene igual al valor de pico de una senoide y es así porque este valor de voltaje es al cual se cargan los capacitores que almacenan la energía de las fuentes de la computadora, cuando esta alimentada con una senoide. A medida que se descargan las baterías o aumenta la carga conectada al UPS, el valor de pico de la onda cuasi-senoide disminuye, entonces para mantener el valor medio constante y no seguir empeorando la situación, el sistema de control detecta este problema y aumentará el ancho del pulso. A este tipo de regulación de la tensión de salida se la llama modulación por ancho de pulso o PWM.

Hay algunos fabricantes de UPS, que utilizan ondas trapezoidales en lugar de cuasi-senoides, utilizando los mismos principios, pero intentando obtener una reducción en la distorsión armónica, en la figura 2.7 se muestra una de estas

ondas. Por supuesto que hay fabricantes que proveen una onda sinusoidal en UPS interactivas, pero quedan realmente muy pocos.

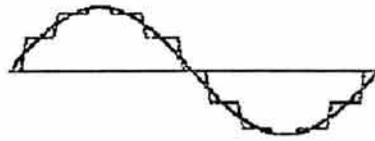


Figura 2.7

SEMICONDUCTORES DE POTENCIA UTILIZADOS EN UPS

La moderna tecnología en semiconductores provee un amplio espectro de semiconductores posibles de ser utilizados en técnicas de conmutación “switching”, esta última muy utilizada en UPS. A los tradicionales tiristores y transistores bipolares, se le suman transistores de efecto de campo FET (Field Effect Transistors) y sus variantes MOSFET (Metal Oxide Semiconductors Field Effect Transistors), tiristores de apagado por puerta GTO, tiristores controlados con tecnología MOS, MCT (Mos Controlled Thyristors) y los IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) transistores bipolares de puerta aislada, presentando un cambio fundamental en las técnicas de conmutación.

En la siguiente tabla se exponen a título informativo, algunos de los semiconductores más utilizados en técnicas de conmutación.

TIPO	TRANSISTOR BIPOLAR	TRANSISTOR DARLINGTON	MOSFET	IGBT	GTO	MCT	UNIDAD
CORRIENTE	500	500	50	3500	6000	100	A
TENSIÓN	1200	1200	500	1800	1500	600	V
FRECUENCIA	10	2 A 5	40	2 a 20	0.3	20	Khz

Los transistores utilizados en la técnica de control de potencia moderna, operan como elementos conmutadores, trabajando en la región de saturación, disipando mucho menos energía que funcionando en la zona lineal. La velocidad de conmutación de los transistores modernos es mucho mayor que la de los tiristores, por lo que se utilizan con mayor frecuencia en convertidores de corriente alterna a corriente continua CA/CC (AC/DC) o en convertidores de corriente continua a corriente alterna CC/CA (DC/AC). No obstante, las especificaciones de tensión y corriente son menores que las de los tiristores, por lo que son utilizados generalmente en aplicaciones de baja y mediana potencia.

Los transistores de potencia pueden clasificarse en cuatro categorías:

- Transistores de juntura bipolar (BJT).
- Transistores de efecto de campo de metal de oxido de silicio (MOSFET).
- Transistores de inducción estática (SIT).
- Transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT).

En la técnica de control de potencia por conmutación, es posible tratar a los cuatro semiconductores anteriormente agrupados, como interruptores ideales. El tratamiento de un transistor como interruptor es mucho más simple que un tiristor interruptor en conmutación forzada.

MOSFET DE POTENCIA

Los transistores bipolares son dispositivos controlados por corriente, donde la corriente de base controla la de colector. Como la corriente de colector depende de la corriente de entrada, es decir, de la base, la ganancia de corriente depende en gran medida de la temperatura de la juntura.

Un MOSFET de potencia es un dispositivo controlado prácticamente por tensión. La velocidad de conmutación es muy alta, con tiempos de conmutación del orden de los nanosegundos. Los MOSFET encuentran cada vez más aplicaciones en los convertidores de alta frecuencia y bajas potencias. Sin embargo, la característica propia de funcionamiento según el efecto de campo eléctrico, le hacen muy susceptible a las descargas electrostáticas, por lo que se deben tomar precauciones adicionales al respecto. Por otro lado, son dispositivos relativamente difíciles de proteger bajo condiciones de corto circuito.

Un MOSFET de potencia utilizado en técnica de conmutación, puede ser considerado como un MOSFET propiamente dicho más el agregado de un diodo en antiparalelo y tres capacitores como se muestra en la figura 2.8

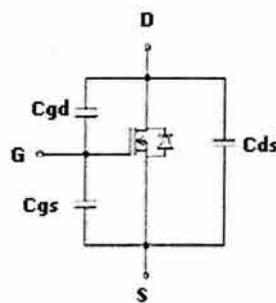


Figura 2.8

El circuito equivalente en conmutación de un MOSFET de potencia se muestra a continuación.

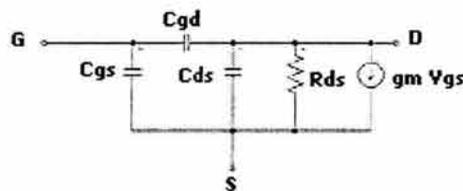


Figura 2.9

En modo de conmutación, las capacitancias parásitas provocan retrasos en la conmutación del MOSFET, denominados comúnmente tiempos de conmutación típicos:

- $t_d(\text{on})$: Retardo de la activación, es el tiempo requerido para cargar la resistencia de entrada a nivel del umbral.
- t_r : Tiempo de crecimiento, es el tiempo de carga de la compuerta desde el nivel de umbral hasta la tensión de entrada total de puerta V_{gsp} , que se requiere para excitar al transistor en la región lineal.
- $t_d(\text{off})$: Tiempo de retardo en la desactivación, es el tiempo necesario para que la capacitancia de entrada se descargue desde la tensión de sobreexcitación de la compuerta hasta la región de estrechamiento.
- t_f : Tiempo de abatimiento, es el tiempo que se requiere para que se descargue la capacitancia de entrada desde la región de estrechamiento hasta la tensión de umbral.

Para V_{gs} menor o igual a V_t , el transistor se desactiva.

Estos transistores son utilizados para realizar la conversión de voltaje (MOSFET de potencia), los cuales presentan una gran capacidad de soportar sobrecorrientes transitorias, muy bajos tiempos de conmutación (y por lo tanto, baja disipación de potencia), la posibilidad de conectar dispositivos en paralelo sin necesidad de equalizar sus corrientes y señales de control de baja potencia.

Excitación de la compuerta.

El tiempo de excitación de la compuerta puede reducirse si se conecta un circuito RC, como se muestra en la figura 2.10, para cargar más rápidamente la capacitancia de puerta.

Cuando se energiza la puerta, la corriente inicial debido a la capacitancia de puerta es:

$$I_g = \frac{V_g}{R_s}$$

Una vez en régimen permanente, la tensión en la puerta se transforma en:

$$V_{gs} = \frac{R_g * V_g}{R_s + R_l + R_g}$$

Donde R_s representa la resistencia interna de la fuente de excitación de la compuerta.

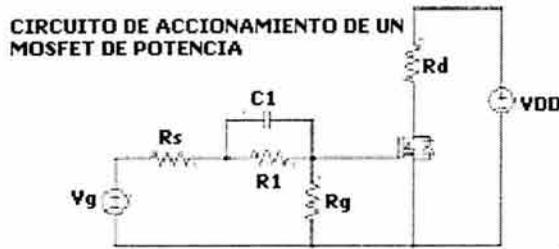


Figura 2.10

A los efectos de disminuir el tiempo de conmutación, del orden de los 100 ns o menos, el circuito de excitación debe presentar baja impedancia de salida y relativamente alta capacidad de proveer o absorber grandes corrientes. Un circuito posible para la excitación puede estar formado por dos transistores, uno PNP y el otro NPN, conectados en "Push-Pull" y en configuración seguidor emisor, que presenta baja impedancia de salida, excitado a su vez por un amplificador operacional.

La firma Siemens presenta una configuración que utiliza un solo circuito integrado de la serie CMOS, tipo 4049B, formado por seis compuertas inversoras conectadas como se muestra en la figura 2.11, las cuatro compuertas en paralelo permiten obtener buena capacidad para operar corrientes importantes, desde o hacia el dispositivo.

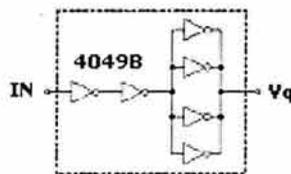


Figura 2.11

SIT

Los SIT (Transistores de inducción estática), pueden ser considerados como válvulas termoiónicas tipo triodo, con una capacidad de manejar altas potencias en altas frecuencias, tiene más interés en aplicaciones distintas a las utilizadas en UPS, como ser; amplificadores de audio o en el campo de las ultra alta frecuencias y microondas, que en técnicas de conmutación.

IGBT

Un IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) Transistor bipolar de compuerta aislada, combina las ventajas de los transistores bipolares TBJ y los MOSFET. Se puede considerar como un “Darlington híbrido” entre un MOSFET y un TBJ. Esto es, un MOSFET que excita un transistor TBJ.

Un IGBT presenta una alta impedancia de entrada, similar a un MOSFET, bajas pérdidas de conducción en el estado activo, como los TBJ, pero sin presentar el problema característico de los TBJ como el fenómeno de la segunda ruptura.

El rendimiento de un IGBT, se aproxima más al de un TBJ que al de un MOSFET. Los IGBT están fabricados por cuatro capas alternativas PNP, similar a un tiristor lo que les confiere una excelente características de disparo. El IGBT es un dispositivo controlado por tensión, como los MOSFET de potencia, presentando menores pérdidas de conducción y conmutación, similar a estos últimos.

Otras características del los IGBT similares a los MOSFET de potencia son: La facilidad de excitación de puerta, la corriente de pico, la capacidad, la resistencia. Un IGBT es relativamente más rápido que un TBJ, pero la velocidad de conmutación del IGBT es menor que la de los MOSFET. En contraste a los transistores bipolares, en los IGBT no es posible controlar el nivel de saturación desde la compuerta como en los TBJ desde la base.

El símbolo de un IGBT se muestra en la figura 2.12. Los electrodos de comando son, Colector, Emisor y Compuerta (Gate).

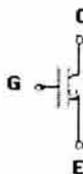


Figura 2.12

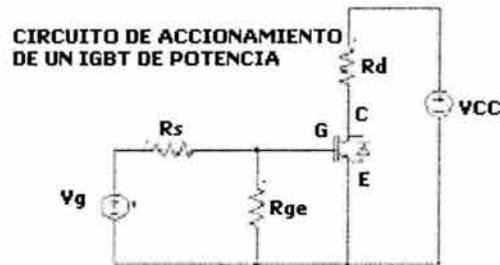


Figura 2.13

Los IGBT se utilizan en equipos electrónicos del orden de los 3 kW, con frecuencias de conmutación de 5 a 20 kHz. La mayor aplicación de los IGBT, se encuentran en sistemas de alimentación ininterrumpidas, UPS, convertidores de frecuencia y en reguladores de velocidad de motores.

DIODOS DE POTENCIA

Los diodos de potencia son similares a los de señal, pero tienen mayores capacidades para el manejo de la energía, la tensión y la corriente, que un diodo de señal ordinario. La respuesta en frecuencia (o la velocidad de conmutación) es baja en comparación con los diodos de señal.

TIEMPO DE RECUPERACIÓN INVERSA

Cuando un diodo real se encuentra en conducción directa y su corriente se reduce a cero (puede ser, debido a las condiciones normales del circuito en el que se encuentra o por la aplicación de una tensión inversa) el diodo no deja de conducir inmediatamente, sino que continúa conduciendo, debido a que los portadores minoritarios de la juntura PN y del cuerpo del semiconductor, que requieren de un cierto tiempo para recombinarse con las cargas opuestas y neutralizarse. A este lapso de tiempo se le conoce con el nombre de tiempo de recuperación del diodo, y se denota generalmente con t_r .

TIPOS DE DIODOS DE POTENCIA

En función de las características de recuperación y las técnicas de fabricación, los diodos de potencia se pueden clasificar en tres categorías:

- 1.- Diodos de uso general.
- 2.- Diodos de recuperación rápida o diodos rápidos.
- 3.- Diodos Schottky.

DIODOS DE USO GENERAL

Los diodos rectificadores de uso general (Standard Recovery Diodes) tienen un tiempo de recuperación inversa relativamente alto del orden de los 25 ns. Se utilizan en circuitos que trabajan en bajas frecuencias, hasta 1 KHz.

LOS DIODOS RÁPIDOS

Los diodos de recuperación rápida o diodos rápidos (Fast Recovery Diodes), tienen un tiempo de recuperación bajo, generalmente menor que 5 ms. Se utilizan en circuitos convertidores DC/AC, donde el tiempo de recuperación inversa es crítico. La corriente de estos tipos de diodos cubren el rango de los pocos Amperes hasta el orden de los 100 Amperes. Con tensiones que van desde los 50 V hasta aproximadamente los 2.5 kV.

DIODOS SCHOTTKY

Los Diodos Schottky presentan una caída de tensión en directa relativamente baja bastante menor que los diodos de uso general. Sin embargo, la corriente de fuga de un Diodo Schottky es mayor que la de un diodo de monojuntura PN. Cuanto menor es la caída de tensión en directa mayor es la corriente de fuga y viceversa. Este es uno de los motivos por el cual la tensión máxima de trabajo se limita a 100 V, mientras que la corriente de fabricación es del orden que va desde el Amper hasta 300 A.

BATERÍAS Y CARGADOR

Este sistema es vital para el buen funcionamiento de la UPS ya que es el encargado de mantener dentro de la batería la energía de reserva. Se utilizan baterías especiales aunque haciendo algunas concesiones se pueden colocar hasta acumuladores de auto. Las baterías más usadas, son las de: Plomo-Acido (Pb-ácido), tipo automovil y las de Níquel-Cadmio (Ni-Cd) Alcalinas.

LA CARGA DE BATERÍA

La carga de una batería se puede realizar en tres etapas:

1. Régimen de carga con corriente constante.
2. Régimen de carga a tensión constante.
3. Régimen de flotación o flote.

RÉGIMEN DE CARGA CON CORRIENTE CONSTANTE

En una primera etapa de carga la intensidad de la corriente de carga es constante y su valor suele estar comprendido entre 10 a 20% de la capacidad nominal, para baterías de Pb-ácido y entre 20 a 40% para baterías de Ni-Cd. La capacidad nominal de una batería se expresa en Amperes/Hora.

La tensión parte de un valor y va creciendo lentamente hasta llegar a $V(t_1)$, ver figura 2.14, denominada tensión de carga profunda. Este valor suele estar comprendido entre 2.4 a 2.7 V por elemento, para baterías de Pb-ácido y 1.6 a 1.7 V por elemento para baterías de Ni-Cd.

RÉGIMEN DE CARGA A TENSIÓN CONSTANTE

Durante el tiempo $(t_2 - t_1)$ ver figura 2.14, de entre tres y 20 horas, dependiendo de la batería, el valor de la tensión de carga $V(t_1)$, se mantiene constante. Durante este intervalo la corriente de carga va decreciendo, hasta el instante t_2 .

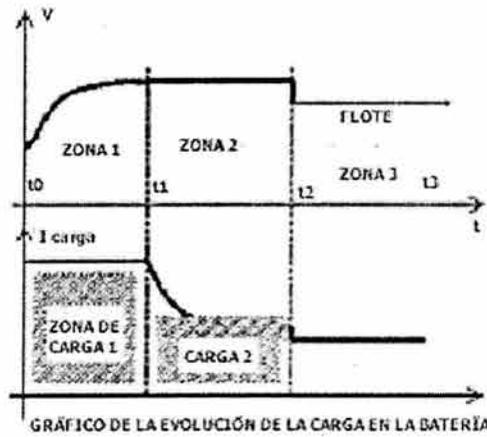


Figura 2.14

RÉGIMEN DE FLOTACIÓN O FLOTE

La tensión de carga se baja, a un valor constante $V(t_3)$. Para las baterías de Pb-ácido el valor de la tensión de flote se toma generalmente en 2.2V por elemento, mientras que para las de Ni-Cd el valor es de 1.4V por elemento.

El régimen de carga a flote no es propiamente un régimen de carga, sino que tiene la función de compensar las fugas propias de la batería y minimizar la sulfatación de las terminales de la batería.

CARGADOR SENCILLO DE BATERIAS

CARGADOR LIMITADO POR RESISTENCIA

Para baterías pequeñas de algunos A/hs, se utiliza el circuito que se muestra en la figura 2.15, donde el diodo D , conduce mientras $V > V_b$; cuando $V < V_b$, el diodo se encuentra polarizado en inversa, por lo tanto no conduce.

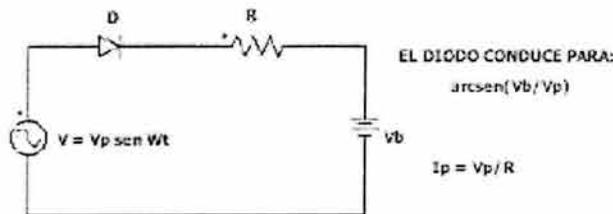


Figura 2.15

Para el caso de un rectificador de onda completa $q = 2$, la corriente media se multiplica por 2.

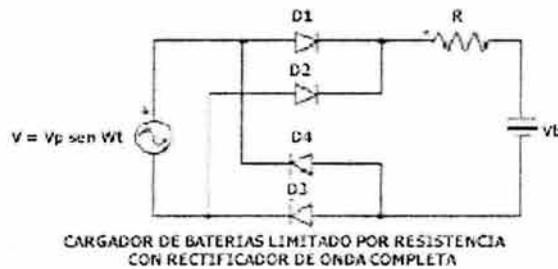


Figura 2.16

Se puede apreciar en la ecuación anterior, como la tensión de la fuente de alterna influye en la intensidad de carga de la batería. Por otro lado, la disipación de calor en la resistencia disminuye el rendimiento de este tipo de cargador.

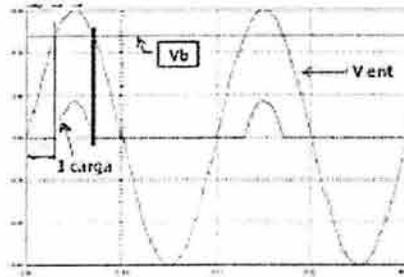
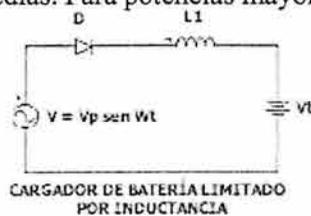


GRÁFICO DE CARGA RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA CON RESISTENCIA LIMITADORA

Figura 2.17

CARGADOR LIMITADO POR INDUCTANCIA

Un cargador de baterías limitado por inductancia (figura 2.18), tiene mejor rendimiento que el limitado por resistencia, se utiliza para potencias medias. Para potencias mayores que 10 kW, los cargadores suelen ser trifásicos.



CARGADOR DE BATERIA LIMITADO POR INDUCTANCIA

Figura 2.18

El diodo permite la circulación de corriente cuando la tensión alterna de entrada t_1 , es mayor que la tensión de la batería V_b .

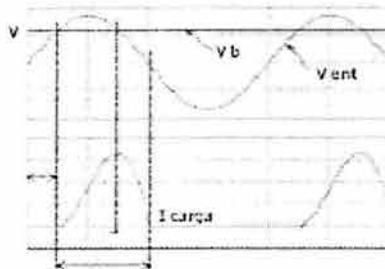


GRÁFICO DE CARGA RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA CON INDUCTANCIA LIMITADORA

Figura 2.19

El valor máximo de la corriente se obtiene en t_2 donde $u(t) = 0$; (la energía almacenada en la inductancia es máxima), la energía almacenada mantiene la conducción de la corriente hasta t_3 .

$$i(t_3) = 0 = \frac{1}{L} \int_{t_1}^{t_3} v dt$$

Del mismo modo que el circuito de carga con resistencia limitadora, el circuito limitador con inductancia, y rectificador de onda completa, es más utilizado porque el “ripple” en la carga es menor y por lo tanto los componentes están más aprovechados.

OTROS CIRCUITOS CARGADORES

Los circuitos presentados hasta ahora tienen aplicación en pequeñas potencias. Para sistemas de potencia mayores o donde es necesario un control total sobre la tensión y la corriente de carga, se utilizan otras configuraciones.

CARGADORES CONTROLADOS POR TIRISTORES

En un circuito rectificador de onda completa, tipo puente de Graetz, se puede reemplazar la totalidad o la mitad de los diodos por tiristores. Para la carga de baterías generalmente se utiliza el circuito mostrado en la figura 2.20, denominado rectificador híbrido o semicontrolado.

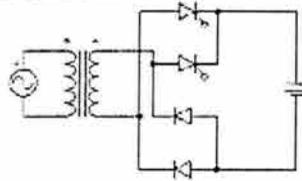


Figura 2.20

También es posible lograr un interesante sistema cargador, utilizando un solo tiristor y antes un puente Graez no controlado como se ilustra en la figura 2.21.

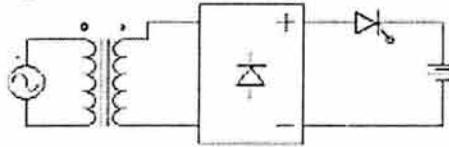


Figura 2.21

CARGADORES CONTROLADOS POR TRANSISTORES

También es posible controlar la carga de una batería con la ayuda de un sistema de alimentación conmutada o “switching”, en configuración reductora o “step-down” o “buck”, donde un transistor actúa como llave de control, con las ventajas de los sistemas conmutados.

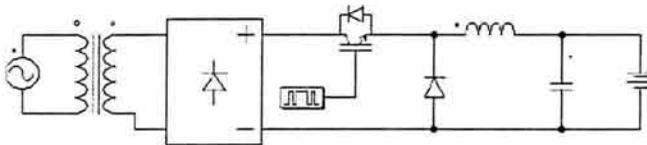


Figura 2.22

La forma de carga correcta es de especial importancia para la vida útil de las baterías. El cargador se debe proyectar de acuerdo con la clase de servicio y las propiedades de los acumuladores.

Las baterías que prestan servicios de conmutación se cargan estando desconectadas de los receptores. Para ello son apropiados los cargadores cuya intensidad disminuye a medida que aumenta la tensión. La cantidad de ciclos de carga/descarga que puede brindar el acumulador varía en forma inversamente exponencial a la energía de cada ciclo.

Para cargar baterías que prestan servicios en paralelo se utilizan cargadores regulados, que proveen una corriente de carga constante hasta alcanzar el límite superior de la tensión admisible para los receptores. A partir de allí mantienen constante dicho valor de tensión, obteniéndose corrientes de carga de valores decrecientes con el tiempo. Este proceso suele demandar muchas horas.

El banco de baterías de acumuladores se constituye en función de la tensión, la corriente y la duración del período de operación (autonomía).

El tipo y la capacidad de los acumuladores a instalar se deben elegir de tal forma que dentro de un tiempo de descarga prefijado, se pueda tomar una corriente determinada sin superar por defecto el límite admisible de la tensión del receptor o del acumulador. Además hay que considerar el envejecimiento de las celdas y debe preverse la ocurrencia de épocas de bajas temperaturas durante su vida útil.

El banco de baterías puede instalarse en un local específicamente habilitado para tal fin, en un gabinete especial, o en los modelos más pequeños, en el mismo conjunto del equipo de alimentación ininterrumpida de energía. En este último caso, obligatoriamente se utilizan baterías libres de mantenimiento.

Dado lo crítico de este subsistema dentro del UPS es importante tener presente algunos puntos sobre el cuidado de las baterías y el uso que cada diseño de UPS da a las mismas. Esto es necesario considerarlo, porque cambiar las baterías de un UPS puede oscilar alrededor del 25% del valor del producto. Además significan un costo extra de parada del UPS y de servicio técnico probablemente especializado.

- El primer punto a considerar es la temperatura de trabajo de la batería. Los procesos que ocurren dentro de una batería a lo largo de su vida útil son muy influenciados por la temperatura de trabajo de esta. Los fabricantes de baterías explicitan que por cada 5° C por encima de los 25° de ambiente se reduce la vida en un 10%. Esto significa dos cosas: que el diseño del UPS debe ser tal que la batería se mantenga fría y que el lugar de operación de la misma sea lo más frío posible. Los sistemas Stand-by de los UPS C-MOS funcionan a temperatura ambiente y cuando es necesario, porque existe un transformador que genera calor y eleva la temperatura interna del UPS, existe un adecuado ventilador que se encarga de mantener la temperatura constante en el interior. La operación en estas condiciones mejora la vida útil de las mismas.
- El segundo punto es el diseño del cargador de batería. La forma en que se le suministra carga a la batería es muy importante y afecta sensiblemente la vida útil de la misma. La vida útil se maximiza cuando son cargadas con cargadores del tipo de flotación. Una batería aumenta su vida útil si está permanentemente mantenida en estado de flotación, pues hay procesos de envejecimiento que son atenuados si se ejecuta esta premisa. De aquí es importante que aunque el UPS se encuentre apagado, pero conectado a la red, este funcionando el cargador. Esto es lo que ocurre en todos los UPS C-MOS Stand-by.
- El tercer punto es que el UPS que tenga la batería de mayor vida útil será la que menor tensión de batería utilice, esto es así porque al colocar baterías en serie para elevar el voltaje y disminuir la corriente de trabajo del inversor interno del UPS, se aumenta el riesgo de falla, pues quedarán en serie un gran número de celdas (cada batería de 12 Volts tiene seis celdas internas) y el resultado de esta serie dependerá de la celda más débil, cuando esta se deteriore se habrá inutilizado toda la serie de baterías. Además se ha demostrado que el envejecimiento de la batería depende del número de celdas en serie que existan.
- El cuarto punto es la frecuencia con la que una batería es sometida a procesos de carga-descarga. Existen aquí dos formas, una pensando en la corriente media de descarga y la otra en la instantánea. La media y generalmente para todas las baterías indica una vida útil de 300 ciclos. La instantánea no se conoce, pues el proceso de descarga con corrientes instantáneas ocurre cuando la batería entrega mucha corriente por períodos de tiempo cortos, estos tiempos son los que ocurren cuando un UPS esta alimentando una carga y se produce a una velocidad del doble de la frecuencia de red (50 ó 60 Hz). Si el UPS somete en forma seguida e innecesaria a las baterías a este proceso se produce un agotamiento rápido de la misma.

Existen muchos UPS en el mercado que no consideran los puntos anteriores dando así por resultado un menor costo inicial del UPS, pero un costo desconocido y escondido de reposición de baterías. A modo de resumen se puede decir que la batería es la parte menos confiable de la mayoría de los UPS. Pero el diseño del UPS puede influir de manera determinante sobre la vida de la batería. Observe los siguientes detalles a la hora de comprar un UPS con respecto a la batería. Elija la que la mantiene cargada en forma de flotación, la que trabaja a menor temperatura, la que tiene menor voltaje de trabajo, la que no hace uso de corriente de ripple.

INVERSORES

Los inversores son equipos capaces de suministrar corrientes alternas a partir de una fuente de corriente continua, debiendo brindar una salida regulada y filtrada. Actualmente, la modulación del ancho de pulso de alta frecuencia y el uso de transistores IGBT aseguran una respuesta rápida ante los cambios de carga. En cuanto a la sección de filtrado cabe señalar que resulta fundamental para determinar la calidad del producto, pues para cumplir con las exigentes normas de contenido armónico, se deben instalar filtros muy elaborados que aumentan el costo del equipo.

Los inversores pueden ser estáticos o rotativos (mecánicos). Actualmente se utilizan casi exclusivamente inversores estáticos, es decir, que no cuentan con partes móviles.

Los inversores estáticos o simplemente inversores, se pueden considerar como el corazón de los UPS, ya que convierten la corriente continua almacenada en un acumulador, en corriente alterna, determinan la calidad de la energía enviada a la carga, fijan la tensión y la frecuencia de esta y controlan la frecuencia y tensión de salida en función de la corriente de carga o en función de la tensión de la batería, entre otros.

Los sistemas inversores se componen de una o más etapas de potencia controladas por semiconductores especiales denominados “de conmutación” o “switching semiconductors”.

Dependiendo de las cargas involucradas, el inversor puede ser de salida monofásica o trifásica, con una configuración de media onda (con diodos y tiristores) o de onda completa (sólo con tiristores).

CONFIGURACIONES DE INVERSORES

Se analizarán los inversores como si trabajasen con interruptores unidireccionales ideales (sin corriente de fuga en circuito abierto ni caída de tensión en circuito cerrado), que se abren y cierran instantáneamente en los momentos requeridos por circuito de control.

INVERSOR CON TRANSFORMADOR DE PUNTO MEDIO

El circuito de un inversor con transformador de punto medio es el presentado en la figura 2.23, donde el polo positivo de la batería permanece conectado al punto medio del transformador (generalmente elevador, para el caso de UPS), mientras que el polo negativo se conecta a los extremos restantes del transformador, vía sendos elementos de conmutación.

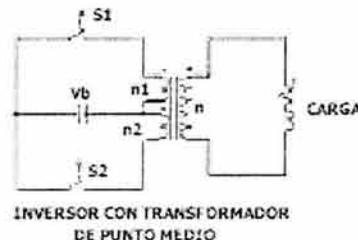


Figura 2.23

Suponiendo que el número de espiras de cada primario sea igual al del secundario, $n_1 = n_2 = n$, la tensión de salida V_s , será igual a la tensión de la batería V_b cuando se cierra uno de los interruptores, por ejemplo, S_2 :

$$V_s = V_b$$

Para una carga resistiva pura, de valor R , la corriente de salida durante un semiperiodo será:

$$i_s = \frac{V_s}{R} = \frac{V_b}{R} = I$$

Mientras que el interruptor abierto queda sometido a una tensión igual a dos veces la tensión de la fuente V_b . Cuando se abre S_2 y se cierra S_1 , la tensión de salida V_s será igual a la tensión de la batería pero de signo contrario.

$$V_s = -V_b$$

Por lo tanto la corriente i_s será:

$$i_s = -\frac{V_b}{R} = -I$$

Del mismo modo, el interruptor S_2 (abierto en este instante) quedará sometido a una tensión que será el doble de la tensión de la batería. En circuitos reales con transistores o tiristores, estos semiconductores quedan sometidos a tensiones inversas mayores que el doble de la tensión de continua, debido a inevitables oscilaciones que tienen lugar en el instante de la conmutación. Por este motivo, los inversores con transformador de punto medio no se utilizan para tensiones altas de batería.

Por otro lado, el transformador con punto medio tiene un bajo grado de utilización en el primario, que se traduce en un bajo rendimiento del sistema, esto hace que no sea aconsejable el uso de esta configuración para potencias mayores de 10 kVA. La tensión de salida será una onda cuadrada de amplitud V_b (en el caso de un transformador con relación 1:1), independiente de la intensidad de la corriente para cualquier tipo de carga. La frecuencia de la onda generada estará determinada por la velocidad de accionamiento alternativo de los interruptores S_1 y S_2 , o de los impulsos de excitación en los semiconductores de conmutación.

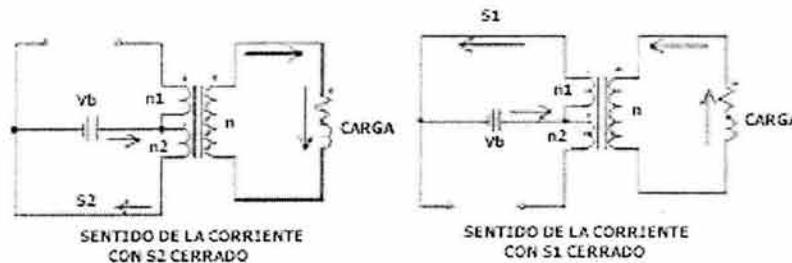


Figura 2.24

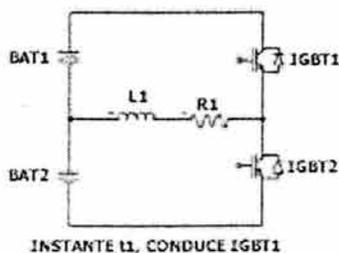
Figura 2.25

INVERSOR CON DOBLE BATERÍA

En esta configuración se emplean dos baterías de igual tensión conectadas como se muestra en la figura 2.26. En esta oportunidad se han reemplazados las llaves por transistores de puerta aislada IGBT.

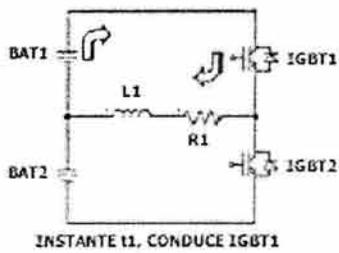
Cuando $IGBT_1$ está excitado y en saturación, la corriente de carga circula en un sentido, mientras que cuando $IGBT_2$ está saturado e $IGBT_1$ al corte (abierto), la corriente circula en sentido opuesto.

El semiconductor que no conduce está sometido a una tensión igual a la de la batería más las sobretensiones que se originan en los circuitos reales. Esta configuración es por lo tanto, más adecuada para tensiones altas de la fuente de corriente continua, que el sistema con transformador de punto medio pero tiene el inconveniente que la tensión en la carga es solamente la mitad de la tensión en la batería.



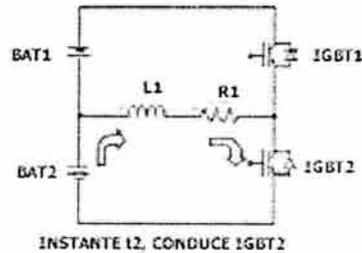
INSTANTE t1, CONDUCE IGBT1

Figura 2.26



INSTANTE t1, CONDUCE IGBT1

Figura 2.27



INSTANTE t2, CONDUCE IGBT2

Figura 2.28

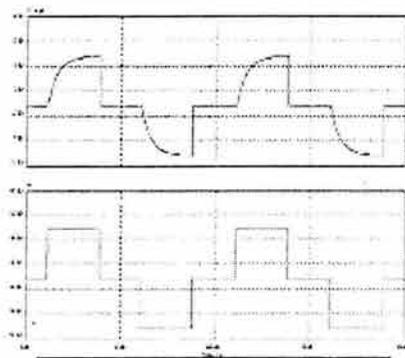
Si cada transistor conduce la mitad del periodo total T o sea T/2, la tensión de cada semiciclo sobre la carga V_0 será $V_b/2$. Se puede obtener la expresión de la tensión RMS de salida de la siguiente ecuación.

$$V_o = \left[\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \frac{V_b}{4} dt \right]^{1/2} = \frac{V_b}{2}$$

Para cargas inductivas la corriente de carga no puede cambiar inmediatamente con la tensión de salida. Donde los diodos conectados en antiparalelo con los transistores cumplen la función de realimentación. Para una carga inductiva pura, un transistor conduce solamente 90° . Dependiendo del factor de potencia de la carga, el periodo de conducción del transistor varía entre 90° y 180° .

CONTROL DEL ANCHO DE PULSO

La regulación de la tensión de salida se puede efectuar de distintas maneras. La forma más sencilla tal vez sea el control del ancho del pulso (PWM), único por semiciclo, como se muestra en la figura 2.29. El control del ancho de pulso está relacionado con la forma de onda obtenida a la salida del inversor y su contenido de armónicos.



FORMA DE ONDA DEL INVERSOR MONOFASICO CON CARGA RL, CON MODULACION DE ANCHO DE PULSO

Figura 2.29

En atención al mejoramiento de la forma de onda obtenida de los circuitos inversores, la regulación de la tensión, entre otros; se utilizan distintas técnicas de modulación de ancho de pulso como son:

1. Modulación de un solo ancho de pulso (PWM).
2. Modulación sinusoidal del ancho de pulso (SPWM).
3. Modulación sinusoidal modificada del ancho de pulso.
4. Control por desplazamiento de fase.
5. Control por modo deslizante.
6. Control por inyección de armónicas.
7. Control por vector de espacio.

MÓDULO TRANSMISOR Y RECEPTOR

Es el encargado de realizar la transmisión bidireccional entre el UPS y la computadora. La comunicación se realiza transmitiendo datos serie a través de un puerto de la PC. El formato del byte transmitido es de ocho bits de datos, sin bit de paridad y un bit de parada. La velocidad de transmisión es de 1200 baudios. Tanto el formato del byte, como la velocidad de transmisión son fijos, pudiéndose seleccionar por software solamente el puerto usado para la comunicación. Mientras esté activado el software de comunicación, el UPS transmite constantemente a la computadora el estado en que se encuentra.

La unidad de control del UPS, apenas detecta un corte en el suministro de energía eléctrica, da la orden de conmutar a la fuente secundaria de energía eléctrica (inversor) y simultáneamente habilitar a los transistores de potencia para conducir cuando está funcionando en inversor, el tipo de onda de tensión presente a la salida del UPS es una cuasi-senoide..

CLASIFICACIÓN DE LOS UPS

Existen diversas maneras de clasificar los UPS, a saber:

Según el tipo de corriente que alimenta la carga:

a) *UPS de corriente continua*: básicamente un rectificador y una batería (energía de reserva), alimentan una carga de corriente continua. Aquí la carga y las baterías están en paralelo y el convertidor debe proveer energía a la carga para sostener cargadas las baterías. Las centrales telefónicas importantes suelen utilizar estos esquemas de alimentación, son de elevadísima confiabilidad, pero la condición indispensable es que la carga debe poder alimentarse con corriente continua, algo muy poco frecuente.

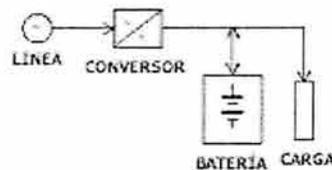


Figura 2.30

En el servicio en paralelo (o a flote), el rectificador mantiene cargadas a las baterías y también provee alimentación a los consumos, conectados en paralelo con aquellas. Si los consumos son de CA se intercala un inversor adecuado. Ante la falla del suministro de la red, las baterías naturalmente pasan a entregar energía a los consumos, sin necesidad de conmutador. Este servicio también se conoce como de doble conversión en línea (CA/CC - CC/CA).

b) *UPS de corriente alterna*: la carga necesita corriente alternada para funcionar. En este caso aparece un nuevo convertidor de CC a AC, figura 2.31. Al igual que en los UPS de CC el convertidor de entrada tiene la función de entregar energía para la cargas y sostener la carga de las baterías y el de salida (también llamado inversor u ondulator) genera la onda de corriente alterna que la carga necesita. Hay muchas configuraciones posibles y de ellas se obtienen una gran diversidad de cualidades, características, precios y tamaños de UPS. La gran mayoría de los UPS son de este tipo.

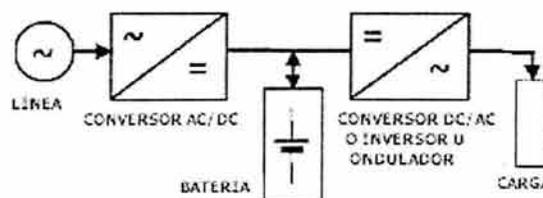


Figura 2.31

Se pueden también clasificar según la forma de generar la energía auxiliar en:

1) **UPS Mecánicos (rotativos):** están formados por un conjunto motor-generador y un volante inercial, solidarios en un mismo eje, figura 2.32. Cuando hay energía de red, está acciona al motor eléctrico, que mueve al volante inercial (reserva de energía) y al generador, y este último alimenta la carga. Cuando se produce el corte de energía, el volante inercial sigue accionando al generador, en ese instante arranca el motor a explosión y luego mediante un embrague (generalmente magnético) se le conecta al eje solidario. Aquí hay dos subgrupos, dependiendo de si el motor eléctrico es de corriente continua o a combustión.

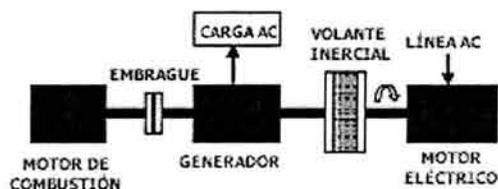


Figura 2.32

Existen varias disposiciones de UPS rotativas como son:

- Con motor de combustión interna.
- Con motor de corriente continua.

a) UPS con Motor de Combustión Interna.

Los UPS mecánicos o rotativos están formados principalmente por un alternador **G** (generador de corriente alterna) acoplado a un motor eléctrico **M₁**, más un motor de combustión interna **M₂**, esto todo solidario en un mismo árbol, que contiene también un volante de inercia, tal como se muestra en el croquis de la figura 2.33.

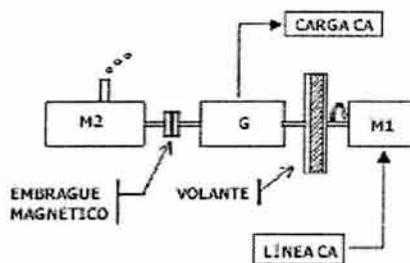


Figura 2.33

Cuando la tensión de la red es normal, el motor **M₁**, generalmente asíncrono, acciona el alternador **G**, que genera la tensión necesaria para alimentar la carga bajo protección. Cuando la energía de la línea cesa, el volante hace que el sistema mecánico continúe girando, por lo tanto, generando, hasta que el motor de combustión interna entre en régimen y siga accionando el sistema. El acoplamiento del motor de combustión interna, generalmente Diesel, se efectúa por medio de un embrague electromagnético, comandado por un cerebro de control.

Para evitar inconvenientes al retorno de la energía en la red, se provee al sistema, de un interruptor en la línea de alimentación del motor **M₁**, con el fin de efectuar las maniobras necesarias.

Asimismo, cuando retorna la energía a la red principal y se desacopla el motor a explosión, este se deja en funcionamiento por un período de aproximadamente 15 minutos, en caso que se vuelva a interrumpir el suministro de energía o para dejar en óptimas condiciones de lubricación, para un nuevo y rápido accionamiento.

b) UPS con Motor de Corriente Continua.

Este sistema de UPS está formado por un motogenerador de corriente continua M/G, una batería B, un motor de corriente alterna M y un generador de corriente alterna G, conectados según la disposición que se muestra en la figura 2.34.

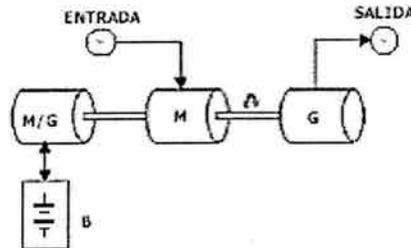


Figura 2.34

En condiciones normales de la red, el motor M acciona al alternador G, que alimenta a su vez la carga crítica, más el motogenerador M/G, que funciona como generador de corriente continua cargando la batería B.

En caso de falta de energía en la red, la batería B pasa a alimentar al motogenerador M/G, que funciona ahora como motor de corriente continua, proveyendo la energía mecánica necesaria para continuar accionando al generador G, que sin interrupción alimenta la carga crítica.

2) UPS Híbridos o Mixtos: Los equipos mixtos son los que utilizan la combinación de distintos sistemas.

- a) Sistema con motor de corriente continua y alternador.
- b) Sistema con motor de corriente alterna y alternador.

a) Sistema con Motor de Corriente Continua y Alternador.

Este sistema utiliza un motor de corriente continua M acoplado mecánicamente a un alternador G y solidario a un volante de inercia, como se ilustra en la figura 2.35.

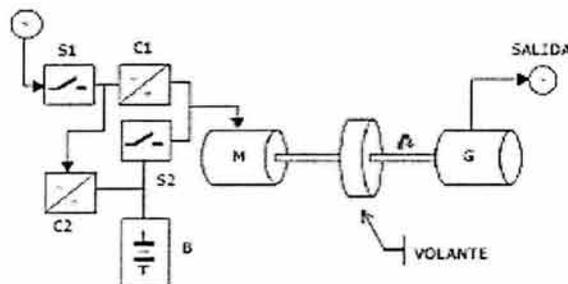


Figura 2.35

En condiciones normales de red, el interruptor S_1 se encuentra cerrado, mientras que S_2 permanece abierto. Vía S_1 fluye energía hacia el motor M desde el rectificador C_1 , éste a su vez acciona el volante de inercia y el generador de alterna G. Mientras que el convertidor C_2 , mantiene cargada la batería B.

Cuando la red principal sale de servicio, el interruptor S_1 se libera y a la vez se cierra el interruptor de continua S_2 , que permite que la batería B, pase a alimentar al motor M que continúa entregando energía mecánica al sistema y por lo tanto al sistema eléctrico protegido.

En sistemas de potencia se utilizan convertidores de CA/CC trifásicos formado por diodos semiconductores (figura 2.36)

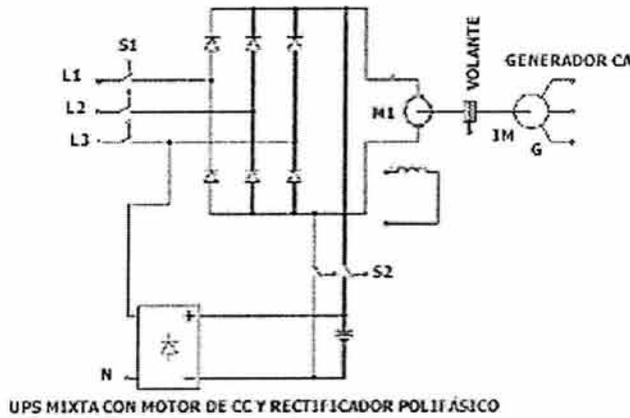


Figura 2.36

El contactor de corriente continua S₂, puede ser reemplazado por un diodo de bloqueo, ver figura 2.37.

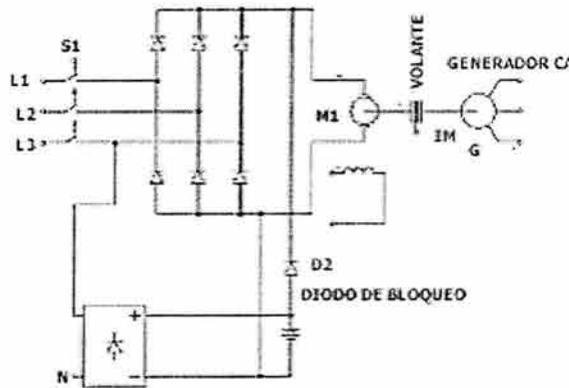


Figura 2.37

b) Sistema con Motor de Corriente Alterna y Alternador.

Esta configuración presenta un caso típico de UPS híbrida, donde se combinan sistemas electrónicos con electromecánicos. La disposición adoptada es la que muestra la figura 2.38.

El motor de corriente alterna M, se encuentra acoplado mecánicamente al alternador G, y es alimentado por un inversor (convertidor de CC a CA) de estado sólido que no solo le provee corriente alterna al motor, sino que también controla la velocidad del mismo, a los efectos de mantener lo más estable posible la frecuencia de la tensión generada por G.

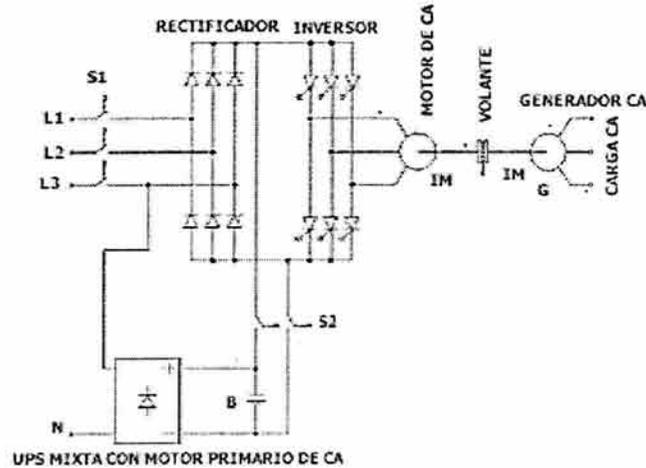


Figura 2.38

El funcionamiento es similar al del caso anterior excepto que el motor de corriente continua es reemplazado por un inversor de estado sólido y un motor de corriente alterna.

Este circuito presenta la ventaja adicional, de poder regular la velocidad del motor primario por medio del inversor, con el fin de corregir la frecuencia de la tensión generada. Principalmente en el instante de transferencia entre la red y la batería.

3) UPS Estáticos (eléctricos o electrónicos): no tienen partes móviles (más allá de las turbinas de ventilación) y todo esta conformado con partes eléctricas y electrónicas. Las UPS estáticas están formadas esencialmente por un rectificador o conversor CA/CC, un acumulador y un inversor o convertidor de CC a CA (CC/CA).

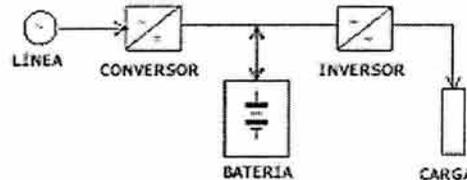


Figura 2.39

En condiciones normales de la red, ésta provee de energía a la carga y a la batería. Cuando la tensión de línea se desactiva por algún motivo, la batería pasa a alimentar la carga vía el convertidor CC/CA.

TOPOLOGIA DE UPS ESTATICAS

Básicamente existen tres tipos de UPS y generalmente se denotan por su terminología en inglés. Según el camino que recorre la energía que alimentará la carga, a saber:

- On-line, en línea
- Off-line, fuera de línea o Stand-by
- Line-interactive, UPS interactiva o paralela.

a) UPS On-line.

Los UPS On-line, están conformados básicamente por un conversor de corriente alterna a continua, que puede ser un rectificador, una batería y un inversor de corriente continua a alterna. En la disposición que se muestra en la figura 2.40.

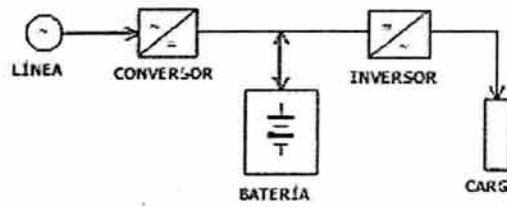


Figura 2.40

En condiciones normales del suministro eléctrico, el convertidor C (ver figura 2.41) de CA/CC, entrega al circuito corriente continua que alimenta a la batería B y al inversor I, que convierte nuevamente la tensión continua en alterna y alimenta la carga crítica.

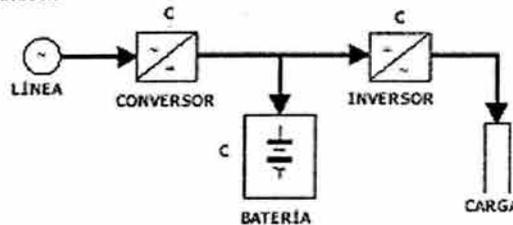


Figura 2.41

Si se produce un fallo en la energía suministrada por la red principal, o algunos de sus parámetros que no son los convenientes para el equipo protegido. El convertidor C deja de funcionar y la batería pasa a alimentar la carga vía el inversor I.

Este tipo de UPS provee energía constante a la carga sin tiempo de transferencia, de ahí que se le suele designar, como UPS real o verdadero UPS. Como suele ocurrir, la tensión de la batería es menor que la tensión de la carga.

En ese caso se le agregan dos transformadores, uno reductor a la entrada T₁ y otro elevador en el sistema inversor T₂, como se muestra en la figura 2.42. Estos transformadores brindan una protección adicional a la carga crítica ya que la aísla de la red.

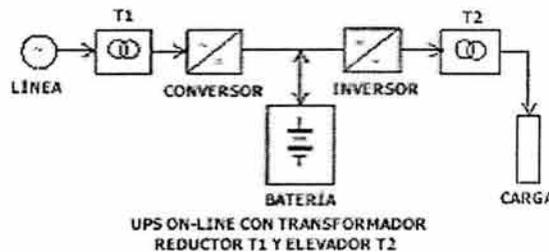


Figura 2.42

En estas UPS, la carga no conoce de donde proviene la energía que la está alimentando, no presentando interrupciones a su salida, salvo los equipos que dispongan de un by-pass estático a línea, como se indica en línea de puntos. Esta configuración de UPS actualmente quedó reducida a una enunciación teórica y actualmente esta configuración mutó a los UPS On-line doble conversión, que para la carga se comportan como On-line pero para el sistema de baterías no, las dejan en Stand-by hasta que haga falta usarlas. Se muestra en la figura 2.48. Aquí la energía de línea ingresa y es acondicionada por el filtro de línea (2) luego el booster (3) la transforma en corriente continua y la divide, una parte la destina a sostener la carga de las baterías y la otra alimentará al ondulator (4), el ondulator genera la onda de salida que alimentará la carga, el booster es el encargado de separar la línea de la carga (una de las características distintivas de los UPS On-line). Se observa la presencia del by-pass (5) que se utiliza para cuando falla el camino de transferencia energética descrito antes. Se observa que el circuito de baterías está en Stand-by esperando que la línea salga de parámetros para comenzar a actuar. Lógicamente todo comandado por un circuito de supervisión y control.

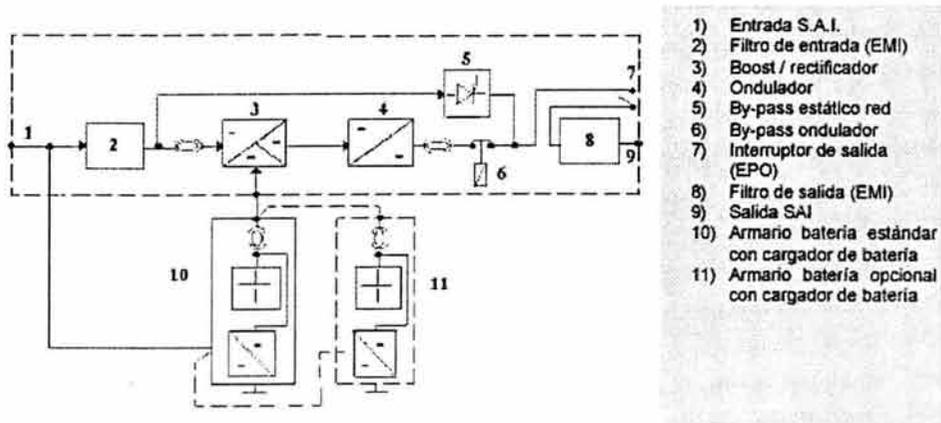


Figura 2.43

b) UPS "Off-line".

Los UPS "Off-line", también denominadas "Stand-by" o "No-Break" son UPS que tal cual lo dicen las palabras, están esperando algún desperfecto en la línea de energía eléctrica para entrar en acción. En estos UPS, mientras la línea, que esta presente tenga parámetros aceptables (o mejor dicho que el UPS pueda controlar), será la energía de línea la que alimente a la PC. El camino principal de la energía no atraviesa las baterías. En esta situación el UPS aporta las siguientes funciones: estabiliza a valores normales el voltaje de entrada (UPS interactivos) o no (UPS Stand-by) y provee filtrados contra transitorios, picos y ruido de RFI/EMI. Se puede decir que en esta circunstancia aumenta la calidad de la energía, recibe una y entrega otra mejorada.

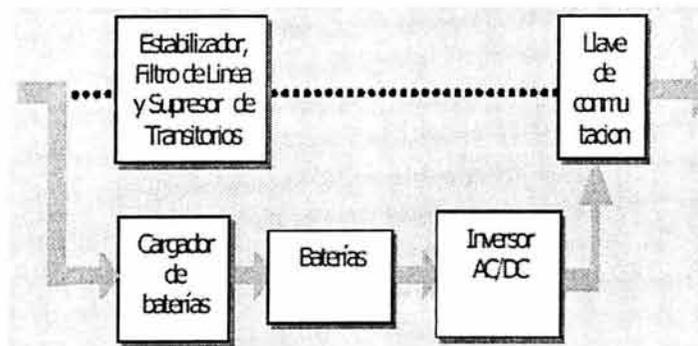


Figura 2.44

Están formadas básicamente por un conversor de corriente alterna a continua, que puede ser un rectificador o cargador de batería, una batería y un inversor de corriente continua a alterna, similar a la disposición On-line, con la diferencia que, en condiciones normales una llave S_1 , que puede ser estática o electromecánica, alimenta la carga directamente de la red (de ahí el nombre de Stand-by), ver figura 2.45.

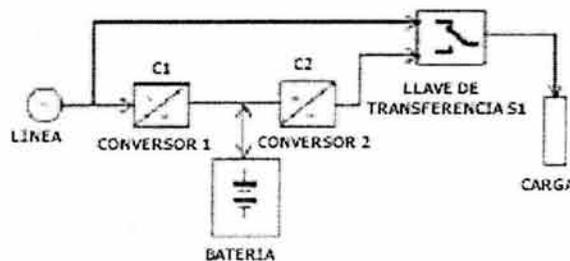


Figura 2.45

El conversor de corriente alterna a continua, cuando hay energía en la red, solo carga la batería, ya que generalmente en estas condiciones el inversor no funciona o funciona en vacío o solo funciona la etapa de control, con el fin de ahorrar energía y efectuar una transferencia en el menor tiempo posible. Ver figura 2.46.

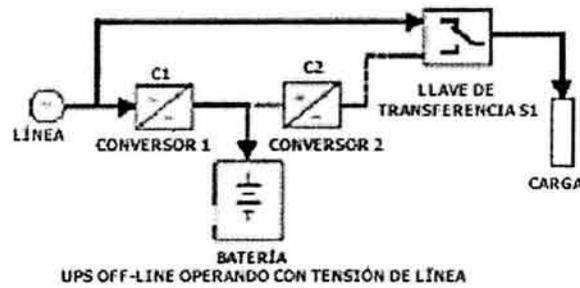


Figura 2.46

Si se produce un fallo en la energía suministrada por la red principal, el convertor 1, C_1 , deja de funcionar y la llave de transferencia S_1 conmuta la carga hacia el convertor 2 que, funcionado como inversor, provee la energía necesaria a la carga crítica desde la batería. Ver figura 2.47.

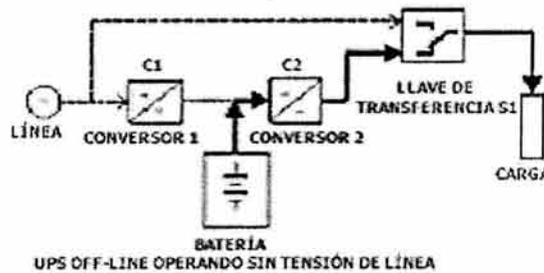


Figura 2.47

Este tipo de UPS, a pesar de presentar un tiempo apreciable en la transferencia de red a línea y de que la carga en condiciones normales de línea, está directamente sometida a las posibles perturbaciones de la red, es uno de los sistemas más utilizados en computadora tipo personales, centrales de teléfono, electromedicina, etc., ya que su costo es apreciablemente menor que una del tipo “On-line”. El peso del equipo es mucho menor, que un UPS “On-line” ya que los transformadores son más pequeños. Como el inversor no se encuentra funcionando permanentemente es mucho más silenciosa que una “On-line”.

Como en condiciones normales la forma de onda es la carga en la correspondiente a la red no necesita filtros especiales como las “On-line”.

A pesar de todas las ventajas de los UPS “Off-line”, para determinados sistemas con cargas, denominadas muy críticas, solamente los UPS “On-line” pueden alimentar sin riesgo de microcorte del suministro eléctrico.

El término “Off-line” y “On-line”, probablemente se refiere a la condición del inversor que trabaja en el primer caso en línea, es decir, siempre funcionando y en el segundo caso, fuera de línea, es decir, a la espera.

c) UPS Interactivo “Line-interactive”.

La topología del UPS interactivo, paralelo o “Line-interactive” se presenta en la figura 2.48. Consta de una llave de transferencia, un convertor reversible y batería.

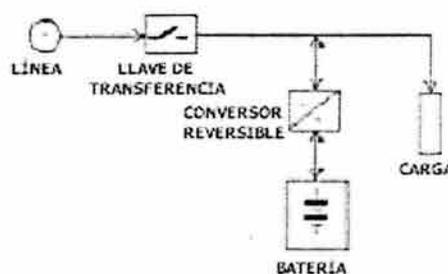


Figura 2.48

En condiciones normales, el interruptor de transferencia, se encuentra cerrado alimentando la carga directamente de la red. El inversor trabaja permanentemente en paralelo con la red, comportándose como rectificador (con condición apropiada de control), suministrando carga controlada a la batería.

Ante un fallo del suministro eléctrico desde la red, la llave de transferencia se abre, y el inversor sin discontinuidad pasa a alimentar la carga. Una vez que retorna la energía el interruptor de transferencia se cierra nuevamente alimentando la carga desde la red, mientras que el convertidor, invierte nuevamente el sentido de transferencia de la energía, cargando la batería.

En algunos equipos se suele incluir una llave más, S_2 , como muestra la figura 2.49, para que en caso que el inversor deje de funcionar por algún desperfecto, se abra S_2 , separando el inversor desde la red hasta que este sea reparado.

Las llaves de transferencia suelen ser de estado sólido, construida con tiristores en antiparalelo o triac.

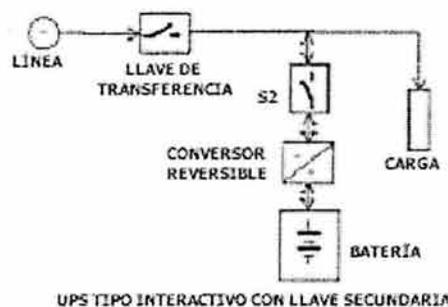


Figura 2.49

La puesta en paralelo del inversor con la red se lleva a cabo intercalando entre ambos una pequeña inductancia limitadora, que puede estar incluida en el circuito de filtro de armónicas.

La tensión del convertidor debe tener la misma frecuencia que la red. La potencia activa suministrada por la red al inversor es proporcional al ángulo de defasaje entre sus tensiones. Si la tensión del inversor está adelantada respecto de la red, la batería entrega potencia a la red. Si la tensión del inversor está atrasada respecto de la red, la batería absorbe potencia, activando entonces el convertidor como rectificador.

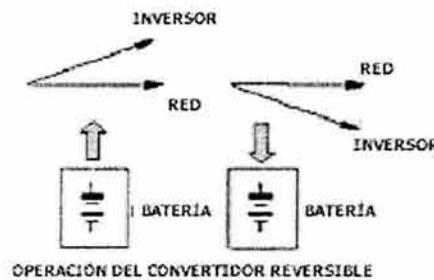


Figura 2.50

La potencia reactiva de este sistema UPS, es proporcional a la diferencia de los valores eficaces de las tensiones de línea y del inversor. Si la tensión del inversor es menor que la tensión de la red, entonces el convertidor consume potencia reactiva, en cambio, si la tensión del convertidor es mayor que la de la red entrega energía reactiva. Por lo tanto, controlando el valor eficaz de la tensión del inversor se puede compensar o sobrecompensar el factor de potencia de la carga.

OTRAS TOPOLOGIAS DE UPS

Existen otras topologías de UPS que combinan algunos de los sistemas vistos anteriormente:

1. Sistema híbrido Stand-by con On-line.
2. Sistema Stand-by-ferro.

1.- Sistema Híbrido Stand-by con On-line.

El sistema híbrido Stand-by con On-line, es una combinación del sistema On-line y el Off-line. Al sistema original Off-line se le agrega un convertidor C_1 , que generalmente es un circuito rectificador, un convertidor C_4 y una compuerta "OR" de diodos. (Ver figura 2.51)

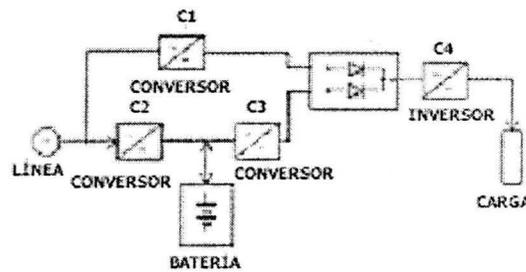


Figura 2.51

Con tensión normal en línea, el sistema funciona vía el convertidor C_1 , puente de diodo y el inversor C_4 . Mientras que la carga de la batería es repuesta por el convertidor C_2 , ver figura 2.52.

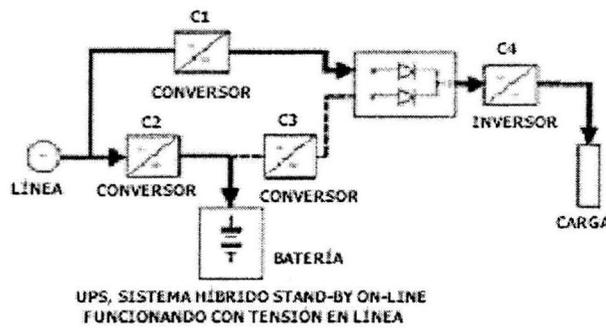


Figura 2.52

La operación sin tensión de línea se muestra en la figura 2.53.

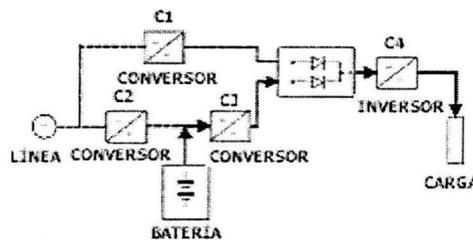


Figura 2.53

2.- Sistema Stand-by-ferro.

Este sistema se basa en la inclusión de un transformador especial, con dos primarios y del tipo ferorrresonante, que provee regulación y acondiciona la tensión directa de línea, como se muestra en la figura 2.54.

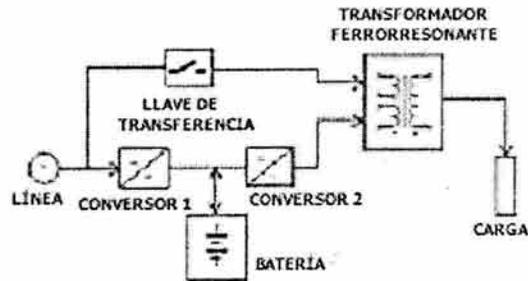


Figura 2.54

Con tensión normal en línea, el sistema alimenta la carga vía la llave de transferencia y el transformador ferroresonante, ver figura 2.56.

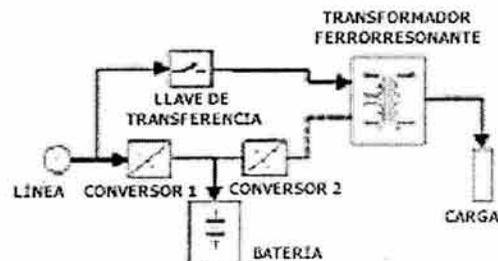


Figura 2.56

La operación sin tensión de línea se muestra en la figura 2.57.

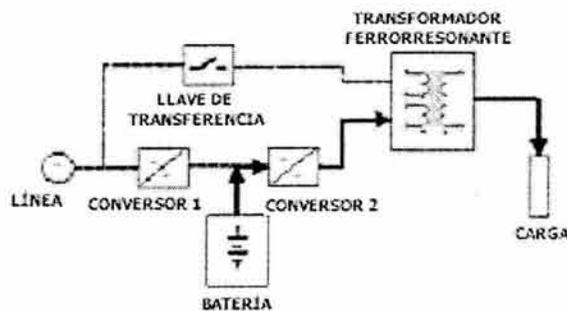


Figura 2.57

Si bien, el transformador ferroresonante no presenta un alto rendimiento, la ventaja de este sistema radica en la posibilidad de incluir prácticamente todas las secciones ferromagnéticas en un solo núcleo, la sección elevadora del convertidor 2 puede estar incluida en el mismo transformador ferroresonante variando el número de espiras del primario del lado del convertidor 2. El transformador del cargador de batería suele estar aparte.

En ciertos modelos de UPS también se incorporan transformadores de ultra-aislamiento con pantalla electrostática, estabilizadores de tensión (ferroresonantes o con autotransformador), corrección del factor de potencia hacia la entrada, salidas de diferentes tensiones, y supresores de armónicos y transitorios de línea.

En los sistemas más modernos, se disponen microprocesadores, rutinas de autodiagnóstico, sistemas de comunicación de datos (RS232/485 - agente SNMP), contactos libres de tensión, pantallas de cristal líquido, interfaces de programación y monitoreo en entorno Windows 9x/NT y apagado automático. Esto brinda una mayor flexibilidad operativa. Puede realizarse un control remoto, programarse para que si detecta que las computadoras de carga se hallan apagadas o si el corte se realiza en horas de la madrugada, no alimente a los suministros para no descargar las baterías en forma innecesaria; o que ponga a funcionar un grupo electrógeno luego de cierto lapso, para evitar arranques innecesarios ante cortes breves; o que mande un mensaje de radiollamada o un e-mail de aviso ante alguna anomalía, etc.

CAPITULO 3 GENERALIDADES DE PLANTAS

GENERADORAS

Las plantas generadoras son dispositivos que aprovechan cierto tipo de energía para producir energía eléctrica. Dicha energía puede provenir de un motor de combustión interna, de los rayos luminosos del sol, de los gases provenientes del subsuelo, del vapor del agua, etc.

De acuerdo al tipo de energía que aprovechan las plantas, éstas se clasifican en:

1. - Hidroeléctricas.
2. - Termoeléctricas.
3. - Geotérmicas.
4. - Nucleoeléctricas.
5. - Maremotrices.
6. - De Combustión Interna.

1.- PLANTA HIDROELÉCTRICA.

Es aquella que aprovecha la energía dinámica de un sistema hidráulico para mover a una turbina y está a su vez a un generador de corriente alterna.

2.- PLANTA TERMOELÉCTRICA.

Es aquella que aprovecha la energía térmica de un combustible para producir vapor a presión, el cual mueve a una turbina y esta a su vez mueve a un generador de corriente alterna.

3.- PLANTA GEOTÉRMICA.

Es aquella que aprovecha la energía dinámica de los gases del subsuelo para mover unas turbinas y éstas a su vez, mueven a un generador de corriente alterna.

4.- PLANTA NUCLEOELÉCTRICA.

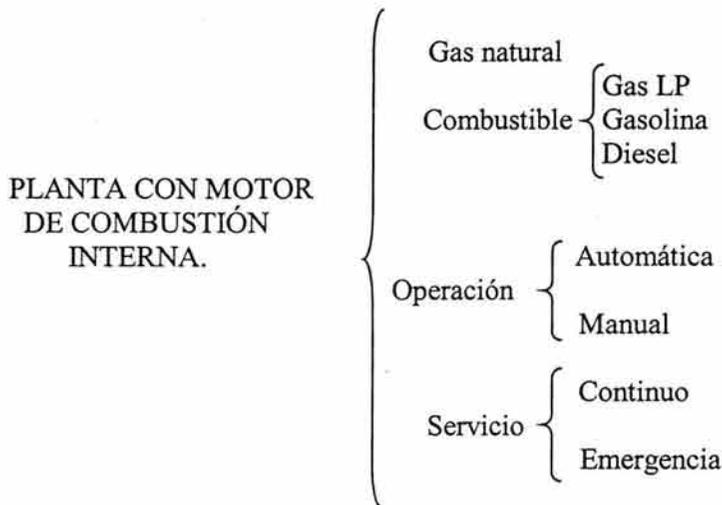
Es aquella que aprovecha la energía calorífica que desprenden algunos materiales al provocarse una reacción nuclear para producir vapor de agua y con este último mover turbinas de vapor que dan movimiento a un generador.

5.- PLANTA MAREMOTRIZ.

Es aquella que aprovecha la energía dinámica de las olas del mar, para mover unas turbinas y éstas a su vez, mueven un generador de corriente alterna.

6.- PLANTA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Es aquella que utiliza la energía térmica desprendida de la combustión para producir un movimiento mecánico a una flecha que está acoplada al rotor de un generador y que por inducción electromagnética va a producir un voltaje en las terminales de este último.



Las plantas con motor de combustión interna generalmente utilizan diesel, por las ventajas que representa con respecto a las que utilizan gasolina o gas.

De entrada, en lo que se refiere a gasto y mantenimiento, el consumo de diesel es inferior, lo que unido a su menor precio es una de las razones por la que son preferidos para el transporte de mercancías. Adicionalmente, la duración de la vida del motor es superior en el diesel, que en el de gasolina (hasta tres veces) y su valor residual es también mayor. Otros puntos favorables son: la facilidad de puesta en marcha a bajas temperaturas, que los gases de escape son menos tóxicos y que el peligro de incendio es menor.

Un motor a gasolina aspira una mezcla de gas y aire, los comprime y enciende la mezcla con una chispa. Un motor diesel sólo aspira aire, lo comprime y entonces le inyecta combustible al aire comprimido. Entonces el calor del aire comprimido enciende el combustible espontáneamente sin necesidad de colocar bujías como en el caso de los motores a gasolina.

Las diferencias mecánicas respecto al motor de gasolina son básicamente tres: la bomba de inyección de alta presión con los inyectores, el turbo y el intercambiador de calor.

Sin embargo, el equipamiento de los motores diesel es más pesado que los motores de gasolina; más caro y su mantenimiento más laborioso. Además el motor diesel, pese a los avances conseguidos, es más ruidoso.

OPERACIÓN AUTOMÁTICA

Se dice que una planta es automática cuando opera por sí sola, realizando cinco funciones:

- a) Arrancar.
- b) Proteger.
- c) Transferir cargo.
- d) Retransferir cargo.
- e) Paro.

OPERACIÓN MANUAL

Son aquellas que requieren para su operación que se opere manualmente un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Normalmente éstas se utilizan en aquellos lugares donde no existe alimentación por parte de alguna compañía suministradora y pueden ser: aserraderos, ranchos, etc.

Se dice que una planta es manual cuando solo PROTEGE.

Las plantas se clasifican por el tipo de servicio que prestan en:

- **SERVICIO CONTINUO.**

Son aquellas que operan por varias horas, entre 300 y 500 horas por año y se utilizan en lugares alejados donde las Compañías Suministradoras no tienen acceso, por ejemplo, en las estaciones receptoras de radio y televisión, en lugares donde se tengan computadoras (centros de cómputo), aserraderos, etc.

- **SERVICIO DE EMERGENCIA.**

Son aquellas que operan hasta 300 horas por año y se utilizan en lugares donde se tienen sistemas de distribución por parte de las Compañías Suministradoras y donde se requiere que nunca falte la energía: Hoteles, Hospitales, Centros Comerciales, Aeropuertos, etc.

Las máquinas están diseñadas para operar con una capacidad en emergencia, si esta misma máquina se quiere operar en servicio continuo se tiene que disminuir la capacidad de servicio de emergencia un 10% aproximadamente.

De la norma NOM-J-467-1989 para plantas eléctricas definimos los siguientes conceptos.

- **PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA (P.G.E.E.E.).**

Es un grupo motor-generator que convierte la energía calorífica de un combustible en energía eléctrica.

- **POTENCIA NOMINAL.**

Es la capacidad en kW obtenidos en las terminales del generador a una altitud del nivel del mar, considerando una temperatura ambiente máxima de 40 °C, en cualquiera de sus aplicaciones y a una velocidad nominal del motor de 1800 r.p.m.

- **STAND BY POWER RATING.**

Es aplicable para proveer energía durante una suspensión de la misma. No existe capacidad de sobrecarga disponible para el rango de Stand-by. Estos motores están disponibles para operar en paralelo.

- **DISPONIBILIDAD.**

Es el tiempo máximo en segundos, necesario para que la P.G.E.E.E. esté en condiciones adecuadas de operación, permitiendo la transferencia y toma de carga.

Existen 5 tipos de disponibilidad:

TIPO 1 : básicamente inmediata de tres a cinco milisegundos.

TIPO 2 : hasta cinco segundos.

TIPO 3 : hasta 15 segundos.

TIPO 4 : más de 15 segundos.

TIPO M : manual (sin límite de tiempo).

SISTEMA DE EMERGENCIA

A continuación se muestran los componentes básicos del sistema eléctrico de una industria con dos alimentaciones.

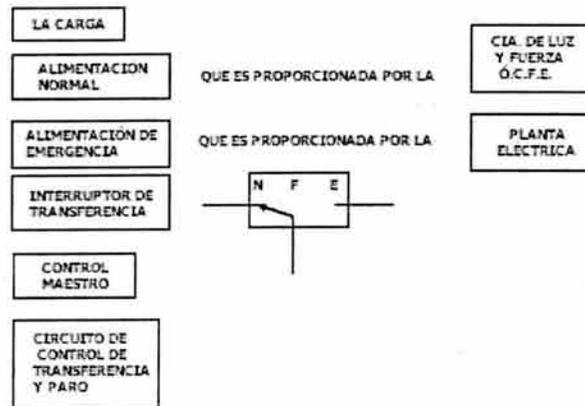


Figura 3.1

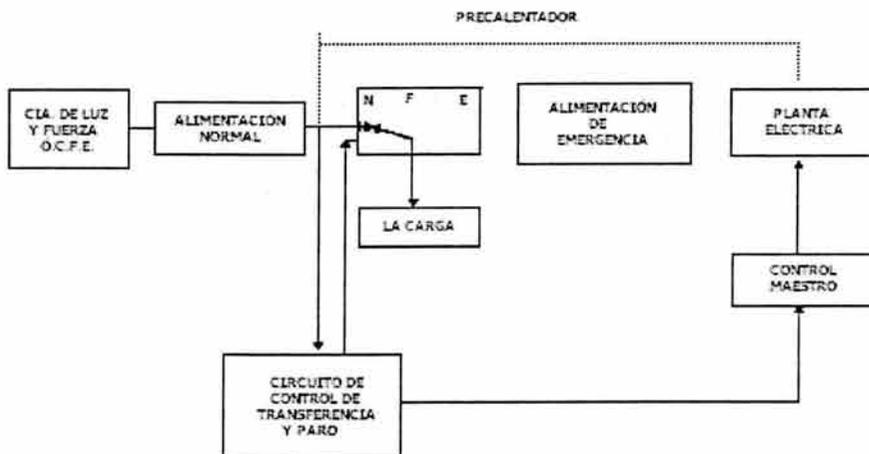


Figura 3.2 Arreglo típico del sistema eléctrico de una industria con dos alimentaciones.

SECUENCIA DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

A.- FALLA ALIMENTACIÓN NORMAL

Instantáneamente el interruptor de transferencia (tipo contactor magnético) sale de la posición normal "N" y pasa a la posición fuera "F".

Al mismo tiempo el circuito de control de transferencia y paro manda señales al:

- Interruptor de transferencia para que este se prepare para pasar a la posición de emergencia "E".
- Control maestro para que éste a su vez, mande la señal de arranque de la planta y lo proteja contra falla de arranque, alta temperatura, baja presión de aceite y sobrevelocidad.

A los tres segundos aproximadamente, la planta genera a toda su capacidad y el interruptor de transferencia se pasa a la posición de emergencia, alimentándose así la carga con la alimentación de emergencia; a esta operación se le denomina transferencia y puede variar de tres a nueve segundos dependiendo de la capacidad y tamaño de la planta.

En el caso de interruptores termomagnéticos y de interruptores electromagnéticos, estos no se desconectan instantáneamente sino que hasta que hay generación de voltaje del generador se desconecta de la posición normal a la de emergencia sin quedar en la posición FUERA en ningún momento. Todas las demás operaciones descritas ocurren igual para todos los interruptores.

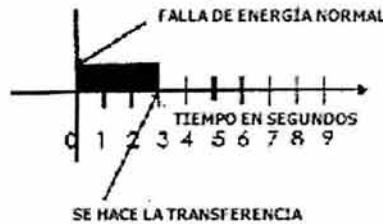


Figura 3.3

B.- SE RESTABLECE LA ALIMENTACIÓN NORMAL

El circuito de control de transferencia y paro detecta la presencia de la alimentación y:

- A los cuatro minutos (tiempo ajustable) manda la señal al interruptor de transferencia para que haga la retransferencia o sea que pase de la posición "E" a la posición "N". Se da este tiempo para dar oportunidad a la alimentación normal de restablecerse completamente, aunque también es variable dependiendo de la zona en que este instalada la planta.
- Cuatro minutos después (tiempo ajustable) manda la señal al control maestro para que éste dé la señal de paro de la planta. Se da este tiempo para dar oportunidad a la unidad para que ésta disipe el calor excesivo, lográndose con ello una mejor conservación del motor.

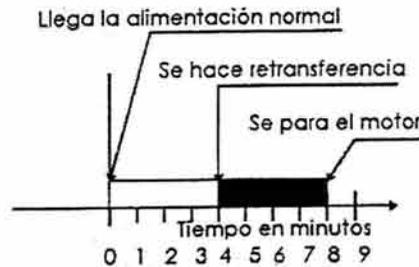


Figura 3.4

EJERCITACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

Existen dos formas de ejercitar la planta una es con carga y la otra sin carga.

La ejercitación de la planta SIN CARGA debe realizarse por lo menos una vez a la semana por un lapso de tiempo de 10 a 15 minutos máximo (generalmente cada fin de semana).

La ejercitación de la planta CON CARGA debe realizarse por lo menos una vez al mes durante 1/2 ó 1 hora máximo (también generalmente el fin de semana).

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (DIESEL)

Un Motor de Combustión Interna (MCI) diesel es una máquina que aprovecha la energía térmica contenida en el combustible diesel para producir un movimiento giratorio a una flecha.

PARTES ESTACIONARIAS DEL MOTOR

MONOBLOCK

Aunque se construye de una sola pieza de hierro fundido y es la parte principal del motor, está formado por diferentes partes o asientos para instalar los demás elementos.

El lugar que ocupan los cilindros se llama block de cilindros, tiene perforaciones para atornillar los demás elementos y venas para la circulación del agua que se utiliza para el enfriamiento del motor. Los puntos de apoyo del cigüeñal se llama bancada.

CABEZAS DE CILINDROS

El diseño de estas cabezas varía según el tipo del motor, pero todas contienen las cámaras de combustión, los agujeros para los inyectores, cavidades de agua que conectan con las venas del monoblock. En algunos motores las cabezas contienen las válvulas y los mecanismos que las hacen funcionar incluyendo pasajes que permiten la entrada de la mezcla o bien la salida de los gases.

DEPÓSITO DE ACEITE

La función del depósito de aceite es mantener el aceite del motor que necesitamos para la lubricación y a la vez de cubierta inferior del bloque de cilindros, generalmente es de lámina de metal, lisa y troquelada.

MÚLTIPLES

En los motores de combustión interna tenemos múltiple de admisión y múltiple de escape.

El múltiple de admisión es un ducto por el cual circula el aire que requiere el motor y el múltiple de escape es el ducto por el cual salen los gases producto de la combustión hasta el tubo de escape que generalmente se fabrica de hierro fundido para soportar las altas temperaturas de estos gases.

PARTES MOVILES DEL MOTOR

CIGÜEÑAL

El cigüeñal o árbol motor es de las partes móviles la principal ya que es la encargada de convertir el movimiento lineal del pistón en movimiento giratorio y transmitirlo, todo esto debido a su forma peculiar. El material del que está hecho es de acero forjado que ha sido calentado al rojo vivo y después prensado para darle la forma adecuada; las partes donde se van a colocar las bielas y donde se van a fijar en el monoblock están trabajados con gran precisión y en sí todo está bien balanceado.

VOLANTE

Es un disco metálico perfectamente bien balanceado que va atornillado en la parte trasera del cigüeñal, su tamaño va a depender del número de pistones que tenga el motor al cual va a ser colocado, ya que para motores de pocos pistones será mayor que para motores con un mayor número de pistones. Su función es mantener girando al cigüeñal debido a la fuerza de inercia.

BIELAS Y PISTONES

Por medio de las bielas se une el pistón al cigüeñal (a estos dos elementos unidos se les conoce como conjunto de fuerza), las bielas están unidas al pistón por medio de pasadores llamados pernos de pistón.

PISTÓN

Los pistones se mueven de arriba hacia abajo dentro del cilindro. Estos elementos son los primeros que reciben el empuje del combustible que se quema, su construcción generalmente es de una aleación a base de aluminio para que sean más ligeros y así reduzcan la pérdida de potencia. La parte superior (donde van los anillos) se llama cabeza y la parte inferior se llama falda del pistón.

ANILLOS DE PISTÓN

La colocación de éstos es en las estrías o ranuras que tiene la cabeza del pistón y su función es la de sellar el espacio entre la pared del cilindro y el pistón para evitar que escapen los gases de la cámara de combustión, regular la cantidad de aceite en las paredes del cilindro y disminuir el calentamiento en las paredes del cilindro.

Un mismo pistón lleva varios tipos de anillos: el de compresión, el de compresión raspador y el de aceite.

ENGRANES DE TIEMPO

En uno de los extremos del cigüeñal (el opuesto al del volante), se localiza un engrane de tiempo y en el extremo frontal del árbol de levas se encuentra otro engrane. El objeto de estos engranes es la transmisión del movimiento del cigüeñal al árbol de levas. El árbol de levas debe girar a la mitad de la velocidad de cigüeñal. Para lograr lo dicho anteriormente el engrane del cigüeñal tiene exactamente la mitad de dientes de los que tiene el engrane del árbol de levas. Estos engranes de tiempo tienen marcas de sincronización para alinearse uno con otro de acuerdo con las especificaciones del fabricante para asegurar la relación necesaria entre la apertura y cierre de las válvulas según la posición del pistón en el cilindro.

ÁRBOL DE LEVAS

Este se localiza en la caja del cigüeñal. Está soportado por tres o cuatro cojinetes. Tiene dos muñones lobulares por cada cilindro. Cuando el árbol de levas gira, los muñones obligan a los elevadores de válvulas a subir en el orden apropiado y en el tiempo correcto. Un engrane que tiene en la parte media se usa para dar movimiento al eje de la bomba de aceite.

VÁLVULAS

Estas se encuentran sobre los orificios de admisión y de escape de cada cilindro. Cada cilindro tiene dos válvulas, la de admisión y la de escape. Como la válvula de escape tiene que soportar altas temperaturas de los gases quemados, en su construcción se utiliza una aleación especial de alta resistencia al calor. La función de estas válvulas es:

- La válvula de admisión permite la entrada del aire a la cámara de combustión.
- La válvula de escape permite la salida de los gases quemados durante la misma carrera de escape, parte de la carrera de potencia y parte de la carrera de admisión.

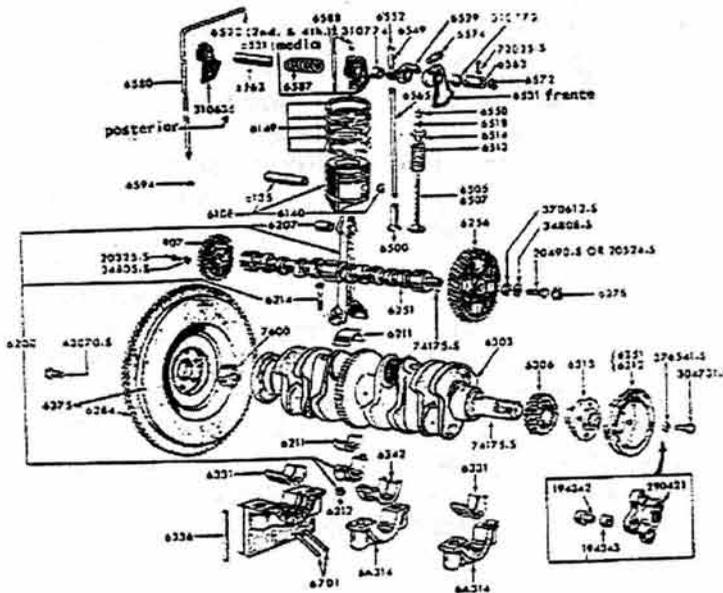


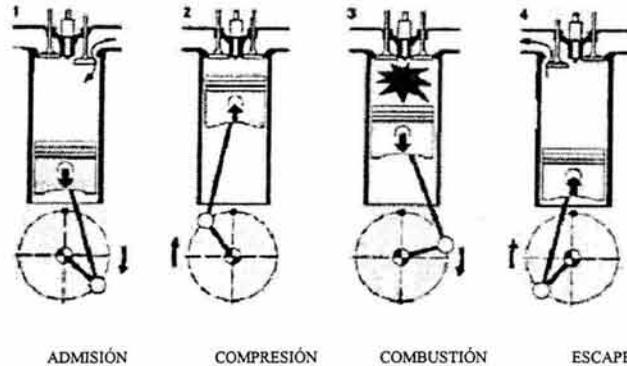
Figura 3.5 Vista interior de un motor diesel

4) ESCAPE

En el transcurso del cuarto tiempo, el tiempo de escape, la carga del cilindro ya quemada es expulsada por la válvula de escape abierta al producirse el movimiento ascendente del pistón. Para el siguiente ciclo de trabajo se aspira otra vez aire fresco.

Un motor de dos tiempos realiza las cuatro etapas en una vuelta del cigüeñal y realiza una etapa de potencia. Es decir, que en 1800 r.p.m. realiza 1800 etapas de potencia.

Un motor de cuatro tiempos realiza las cuatro etapas en dos vueltas del cigüeñal y realiza una etapa de potencia. Es decir, que en 1800 r.p.m. realiza 900 etapas de potencia.



CICLO DE CUATRO TIEMPOS.

Figura 3.7

SISTEMAS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

Un motor diesel da la potencia necesaria para mover un grupo generador y el corazón del motor cuenta con cinco sistemas básicos: aire, escape, combustible, lubricación y enfriamiento.

SISTEMA DE ADMISIÓN

- Filtros de aire.
- Indicador de restricción.
- Turbocargador (compresor).
- Múltiple de admisión.
- Válvula de admisión.
- Postenfriador.

SISTEMA DE ESCAPE

- Válvula de escape.
- Múltiple de escape.
- Turbocargador (turbina).
- Junta de expansión.
- Silenciador.
- Trampa de condensado.
- Escape.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

- Agua.
- Radiador y tapón presurizado.
- Ventilador.

- Bomba de agua.
- Galerías.
- Filtro (DCA'S).
- Precalentador y termostato.
- Mangueras y accesorios.
- Enfriador de aceite.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Lubricante (SAE-15W-40)
- Cáster.
- Bomba de aceite.
- Filtros.
- Galerías.
- Varillas de inspección.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Combustible.
- Tanque de almacenamiento.
- Bomba de alimentación.
- Filtros.
- Bomba de inyección.
- Inyectores.
- Ductos de alimentación y retorno.

SISTEMA ELÉCTRICO

- Sistema de arranque.
- Sistema de carga.

SISTEMA DE ADMISIÓN

Su misión es suministrar aire limpio, fresco y en cantidad suficiente para que el combustible se pueda quemar.

ADMISIÓN

La admisión consiste de una tubería desde una fuente de aire fresco al múltiple de admisión en los motores aspirados naturalmente o al turbocargador en motores turbocargados.

FILTROS

Los filtros son purificadores de aire y pueden ser del tipo baño de aceite o seco.

TURBOCARGADOR

El turbocargador en su fase de admisión es un soplador que aumenta el flujo o circulación de aire hacia los cilindros del motor, esto permite que el combustible se quemara con mayor eficiencia aumentando la potencia del motor. Con el turbocargador se compensa la potencia del motor por altitud.

POSTENFRIADOR

Es el elemento que enfría al aire para que no entre muy caliente a la cámara de combustión y se produzca antes de tiempo esta. Lo anterior lo logra a través de unos serpentines de agua.

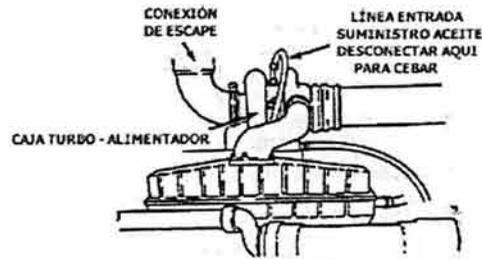


Figura 3.8

MÚLTIPLE DE ADMISIÓN Y VÁLVULAS

El múltiple de admisión es el que recibe el aire y lo manda a cada uno de los cilindros para la combustión, mientras que las válvulas dejan entrar el mismo al cilindro.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

La función del sistema de enfriamiento es disipar al ambiente la parte de la energía térmica que no se convierte en potencia, o pasarla directamente a la atmósfera por los gases del escape o por la radiación de la superficie del motor. Además, dependiendo del tipo de aplicación y diseño, puede requerirse también disipar el calor rechazado de la transmisión, los múltiples de escape enfriados por agua, etc.

Los detalles del sistema de enfriamiento varían ampliamente conforme a la aplicación, pero en todos los casos el sistema varía ampliamente conforme a la aplicación, pero en todos los casos el sistema debe ser diseñado para mantener temperaturas del motor dentro de los límites especificados bajo las condiciones más extremas del ambiente y de operación en que la máquina se pueda encontrar. La energía térmica liberada por la combustión del combustible en un motor diesel es distribuida aproximadamente como sigue:

Un 30% del valor calorífico del combustible consumido en un motor de pistones se recupera como potencia al eje, el 70% restante se rechaza como calor.

Entonces:

- 34 % Potencia.
- 66 % Rechazo como calor.

De este 66 % se distribuiría de la siguiente manera:

- 26 % al agua y aceite.
- 30 % por el escape.
- 10 % radiación de las superficies del motor (al medio ambiente).

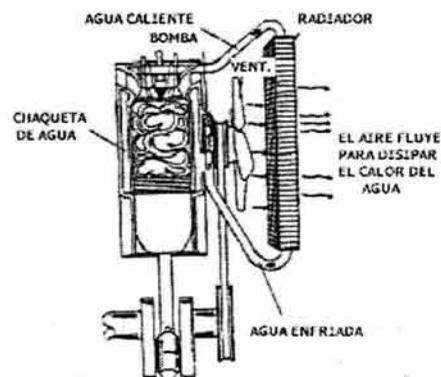


Figura 3.9

El agua es circulada por una bomba para agua del tipo centrífugo, montada en la parte delantera del motor e impulsada mediante correas (bandas) desde el cigüeñal. El agua circula alrededor de las camisas de tipo humedo, por toda la culata de cilindros y alrededor de los manguitos de los inyectores. Los manguitos en los cuales están montados los inyectores, son de cobre para una disipación rápida del calor. El motor tiene uno o más termostatos para controlar la temperatura de funcionamiento del motor. La solución enfriadora es enfriada por un radiador y ventilador o por un intercambiador de calor. El calor que no se transforma en potencia ni se manda directamente a la atmósfera es retirado por el sistema de enfriamiento.

RADIADOR

Enfriamiento por radiador

El sistema de enfriamiento por radiador estándar tiene un radiador montado en el chasis y un ventilador tipo soplador impulsado por el motor. El aire se toma del extremo del generador del grupo electrógeno, pasa a través del motor, y luego es empujado por el radiador. Una brida adaptadora para la conexión de un conducto de aire esta montada alrededor de la rejilla del radiador para permitir la instalación de un conducto de salida de aire.

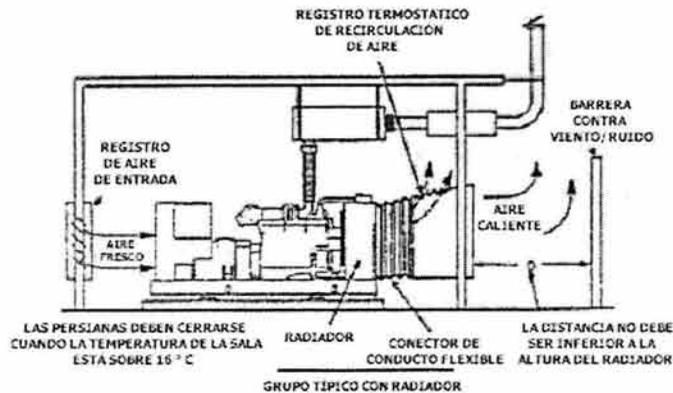


Figura 3.10

Consta de un tanque y aletas para la transferencia del calor del agua al medio ambiente mediante un ventilador.

TAPON PRESURIZADO

El tapon del radiador se presuriza para que aumente el punto de ebullición del agua, es decir, para que el agua no hierva; ya que los sensores de temperatura detectan líquido y no gases calientes.

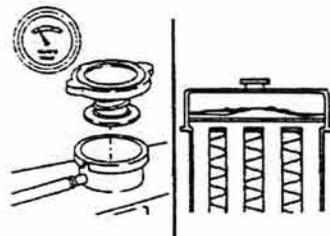


Figura 3.11

TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE

La temperatura normal máxima permisible del aceite lubricante, medida en el riel de presión principal del aceite o en la cabeza del filtro del aceite, es de 107°C. Sin embargo, si el motor nunca llega a trabajar a su velocidad máxima por más de una hora a la vez, la temperatura de aceite permisible máxima (medida en el riel de presión de aceite principal o en la cabeza del filtro del aceite) se puede aumentar a 122°C.

PRECALENTADOR

Los motores para plantas de emergencia van equipados con un precalentador de agua. Este precalentador cumple la función de mantener al motor a una temperatura cercana a la de operación, con la finalidad de que a la señal de arranque, el motor empiece a trabajar sin problemas. El precalentador funciona bajo el principio del termosifón para el calentamiento del agua y la circulación de la misma a través de los conductos del monoblock.

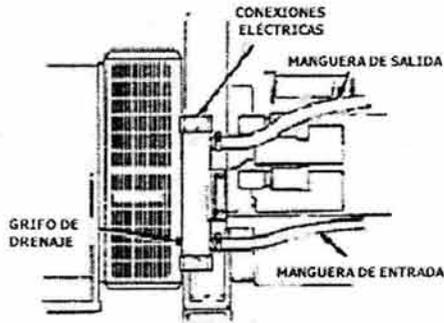


Figura 3.12 Vista de un precalentador

TERMOSTATOS

Son una especie de válvulas térmicas que van abriendo y permiten la circulación del agua al radiador cuando el agua se va calentando. La circulación del agua es por efecto de termosifón.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Los motores diesel son lubricados a presión. La presión es suministrada por una bomba de lubricante del tipo de engranes, colocada dentro del depósito de aceite o en un lado del motor. En la bomba de lubricante está montado un regulador, para controlar la presión del aceite lubricante. La bomba a inyectores se lubrica con el combustible.

El sistema de lubricación es una de las partes más importantes de un motor diesel. El aceite lubricante tiene varias funciones. Lubrica las partes en movimiento y da enfriamiento interno. Mantiene limpio el motor suspendiendo los contaminantes hasta que los filtros de aceite los atrapan o hasta cuando se cambia el aceite. Es un sello para la combustión y protege las partes internas del motor contra óxido y la corrosión.

LUBRICANTE

El aceite lubricante recomendado para los motores diesel turboalimentados es de la clase CC/CD API (Instituto Norteamericano de Petróleo), con un contenido máximo de cenizas sulfatadas del 1.85%. Los aceites de esta clase satisfacen las recomendaciones del fabricante del motor para el funcionamiento satisfactorio bajo casi cualquier condición. Una vez que se selecciona el aceite, no mezclarlo con otros de otra clasificación o marca.

La viscosidad del aceite es la medida de su resistencia al flujo bajo ciertas temperaturas específicas. El aceite que puede satisfacer los requerimientos de flujo de baja (-18°C) y alta (100°C) temperaturas está designado como aceite de grados múltiples o multiviscosidad. El fabricante del motor recomienda el uso de aceite de multiviscosidad que cumple con los requerimientos de la clasificación API. El uso de un aceite de multiviscosidad mejora el control del aceite, el arranque del motor en tiempo frío y el ahorro de combustible, manteniendo una lubricación adecuada.

VARILLA DE MEDICIÓN

Para revisar el nivel de aceite durante los periodos de parada del motor, se tiene una varilla de medición, la cual tiene marcas de nivel alto y bajo para indicar el nivel de aceite en el carter .

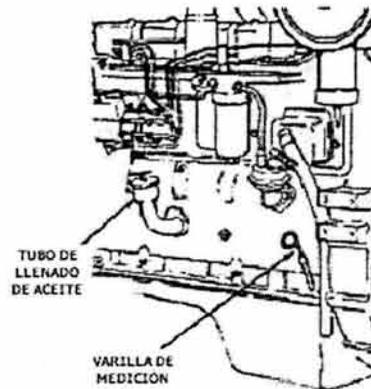


Figura 3.13

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible en el motor diesel tiene la finalidad de suministrar una cantidad precisa de combustible diesel en un momento exacto a una presión muy alta dentro de las cámaras de combustión del motor para producir la combustión en conjunto con el aire caliente que se encuentra en la cámara.

El concepto presión-tiempo (PT), se deriva de las dos principales variantes que afectan a la cantidad de combustible que es introducido por ciclo en el sistema de combustible. "P" se refiere a la presión de combustible hacia la entrada de los inyectores. Esta presión es controlada por la bomba de combustible. "T" se refiere al tiempo disponible que tiene el combustible para fluir al interior de la copa del inyector. El tiempo es controlado por la velocidad del motor a través del árbol de levas y el tren de inyección.

Con respecto al suministro de combustible, no solamente es importante que exista un líquido, sino qué tanto flujo existe en un periodo de tiempo dado. Esto se refiere a un rango de flujo. Esto mide el volumen de líquido que pasa en un punto dado en un periodo de tiempo especificado. Una cantidad familiar para medir un rango de flujo es galones por minuto (litros/segundo en S.I.), y es abreviado como G.P.M.

BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba de combustible está acoplada al tren de engranes. El eje principal de la bomba de combustible gira a la misma velocidad que el cigüeñal e impulsa la bomba (del tipo de engranes) el gobernador y el eje del tacómetro.

BOMBA DE ENGRANES Y AMORTIGUADOR DE PULSACIONES

La bomba de engranes es impulsada por el eje principal de la bomba y contiene un solo juego de engranes que absorben y descargan combustibles en todo el sistema. La entrada a la bomba de engranes está en la parte superior de la bomba. Un amortiguador de pulsaciones montado en la bomba de engranes, contiene un diafragma de acero que absorbe las pulsaciones y suaviza la circulación de combustible por todo el sistema. Desde la bomba de combustible, el diesel pasa por la malla filtrante hasta los gobernadores.

ACELERADOR

El acelerador suministra un dispositivo para que el operador controle la velocidad del motor más allá de la marcha mínima, según las condiciones de velocidad y carga. En la bomba de combustible, el combustible circula a través del gobernador hacia el eje del acelerador. En marcha mínima, circula a través del orificio de marcha mínima en el barril del gobernador, más allá del eje del acelerador. Para trabajar a más de marcha mínima, el combustible circula a través del orificio del barril principal del gobernador hasta el agujero de aceleración en el eje.

Gobernadores

El gobernador normal es accionado por un sistema de resortes y contrapesos y tiene dos funciones:

- 1.- Mantiene suficiente combustible para marcha mínima (en vacío) cuando el acelerador está en la posición de marcha mínima.
- 2.- Corta el paso de combustible a los inyectores cuando se excede de las revoluciones máximas gobernadas.

Durante el funcionamiento entre marcha mínima y la velocidad gobernada, el combustible circula a través del gobernador hacia los inyectores de acuerdo con las necesidades del motor y es controlado por el acelerador y limitado por el tamaño de la cavidad del émbolo de resorte de marcha mínima. Cuando el motor llega a su velocidad gobernada, los contrapesos del gobernador mueven el émbolo buzo y se cierran los conductos para combustible a un grado determinado. Al mismo tiempo, se abre otro conducto y el combustible descarga en el cuerpo de la bomba principal. De esta forma, la velocidad del motor es limitada y controlada por el gobernador, cualquiera que sea la posición del acelerador.

El gobernador VS (Velocidad Variable) se monta en la parte superior de la bomba y funciona en combinación con el gobernador normal para permitir el funcionamiento a una velocidad deseada (casi constante) dentro de la gama del gobernador normal. El ajuste para las diferentes revoluciones se hace con un control de palanca, en la parte superior de la bomba. La velocidad se puede variar con la palanca de control.

El combustible diesel en un motor tiene dos funciones importantes:

1. Proveer la energía para el motor.
2. Enfría y lubrica la bomba de combustible y los inyectores.

SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR DE DIESEL

Los componentes importantes de este sistema son:

- Sistema de arranque.
- Sistema de carga.
- Interruptor centrífugo de arranque y paro por sobrevelocidad.
- Syncro-start.
- Sensor magnético (PICK-UP).
- Control de baja presión de aceite.
- Control de alta temperatura del refrigerante.
- Válvula solenoide de combustible.

Estos componentes sirven para arrancar, proteger y parar el motor de combustión interna.

Este sistema eléctrico se interconecta con el control maestro de la planta eléctrica mandando y recibiendo señales eléctricas a través de tablillas de terminales.

SISTEMA DE ARRANQUE

Los medios puestos a nuestra disposición para arrancar un motor son la marcha, el crank o un medio de remolque. De estos medios, el más común es el motor de arranque o marcha, que es un motor eléctrico de corriente continua que se alimenta con 6, 12 ó 24 Volts.

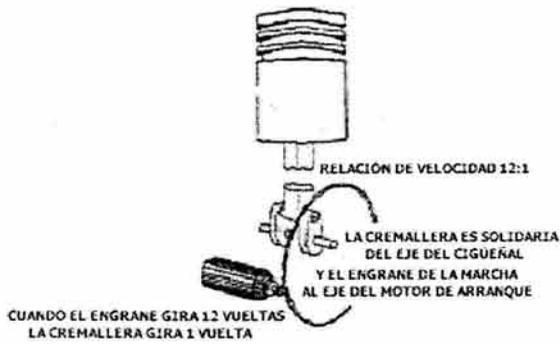


Figura 3.14 Acoplamiento de la marcha con el motor

El motor de arranque necesita:

- que la velocidad del motor de combustión alcance una velocidad entre 100 y 150 r.p.m.
- vencer la compresión en los cilindros, la resistencia debida a la fricción y la inercia de los órganos metálicos del motor.

Por lo tanto, es necesario desacoplar el engrane de la marcha del volante del motor.

Este desacoplamiento podría efectuarse; por ejemplo, dejando retroceder el engrane sobre su eje cuando el motor de combustión interna gire por sí mismo. El engrane retrocede al desenergizar el motor. Esto se hace por medio de un dispositivo llamado solenoide de arranque. Este puede ser colocado en un lugar apartado del motor de arranque. Está formado por una bobina que se conecta a la batería. De igual forma que en el caso anterior, la bobina se conecta al positivo por medio de un interruptor. Al accionarlo, la bobina se energiza y atrae un contacto móvil que se conecta a uno fijo y a través de esto, se energiza el motor de arranque.

La marcha se desacopla al desenergizar el motor cuando se deja de pasar corriente al solenoide y se abre el contacto.

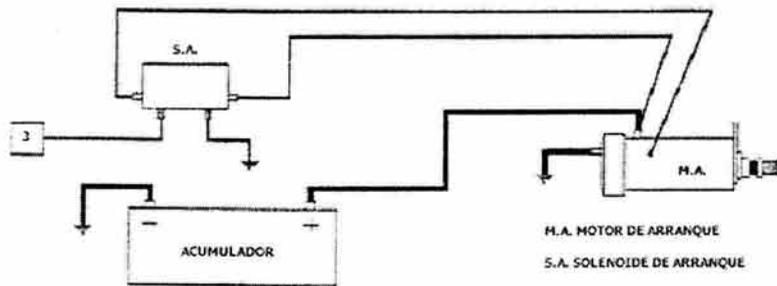


Figura 3.15 Diagrama del sistema de arranque

El sistema electromagnético se forma de:

- palanca de acoplamiento.
- resorte de retroceso.
- eje fijo.
- brazo accionador.
- engrane.

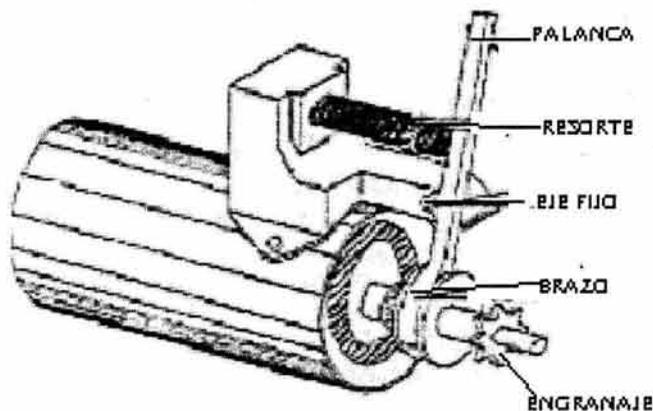


Figura 3.16 Componentes del motor de arranque

ACOPLAMIENTO Y DESACOPLAMIENTO DEL ENGRANE Y LA CREMALLERA

El resorte empuja la palanca que mantiene al engrane en posición "desacoplada".

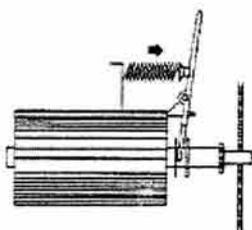


Figura 3.17

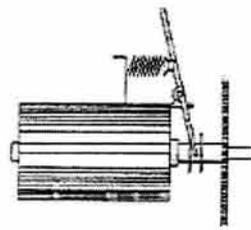


Figura 3.18

Una tracción sobre la palanca comprime el resorte, el engrane y la cremallera quedan en posición "acoplada".

La palanca de acoplamiento es evidentemente accionada a distancia utilizando un electroimán con núcleo normalmente afuera. El paso de una corriente continua en la bobina produce un campo magnético que atrae el núcleo.

Si se cierra el interruptor, el núcleo es atraído por la bobina y el engrane queda acoplado.

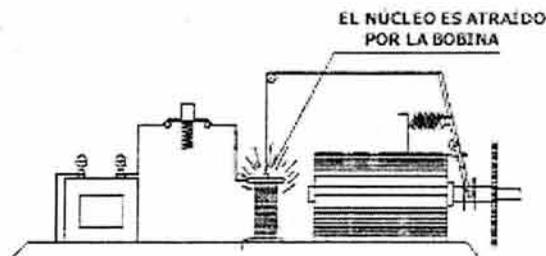


Figura 3.19

En esta forma el motor de arranque queda en posibilidades de hacer girar el motor de combustión interna. Para que se energice la bobina y atraiga el núcleo se requiere un interruptor. Este interruptor puede ser parte de un relevador (caso de plantas), un interruptor de llave (caso de un automóvil) o un interruptor de palanca o botón de resorte.

Estos interruptores sólo se conectan unos cuantos segundos, ya que si el engrane de la marcha es arrastrado por el volante, la marcha se destruiría.

Cuando el interruptor esta abierto el núcleo está fuera de la bobina y el engrane está desacoplado así como la marcha está fuera de servicio.

La corriente es suministrada por la batería y para energizar el motor se utiliza el solenoide de arranque, colocando un contacto de presión mecánica solidario de la palanca.

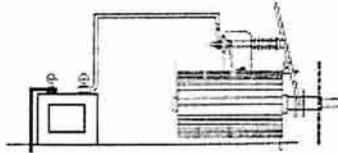


Figura 3.20

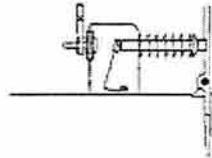


Figura 3.21

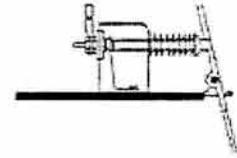


Figura 3.22

El sistema consiste de un solenoide (el mismo que acciona la palanca de acoplamiento) conectado a la batería por medio de un interruptor (circuito de control) y de un contacto que permite se energice el motor de arranque (circuito de fuerza). Al cerrar el interruptor en serie con el solenoide, éste atrae a la palanca de acoplamiento y al mismo tiempo el contacto se cierra para hacer pasar corriente al motor. En posición de reposo la palanca es empujada por el resorte.

Cuando el engrane esta acoplado la palanca empuja una lámina flexible. El contacto se establece y la marcha se pone en servicio.

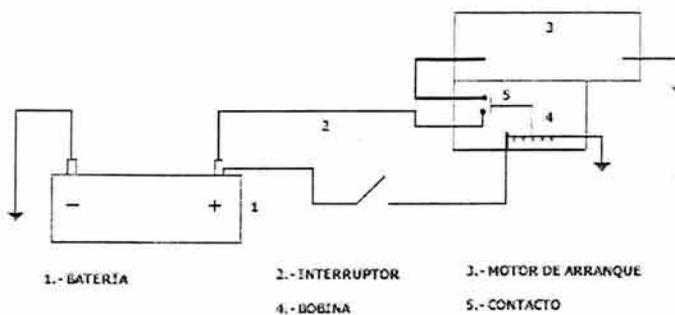


Figura 3.23 Diagrama del sistema

Cuando el motor de combustión interna arranca, el engrane vuelve a su posición de "reposo". Para esto se desconecta el interruptor que está en serie con la bobina. Al conjunto de la bobina, contacto, émbolo de la palanca de acoplamiento y resorte, se le conoce con el nombre de solenoide de arranque.

En la figura siguiente, un motor de arranque seccionado (del tipo de palanca de acoplamiento).

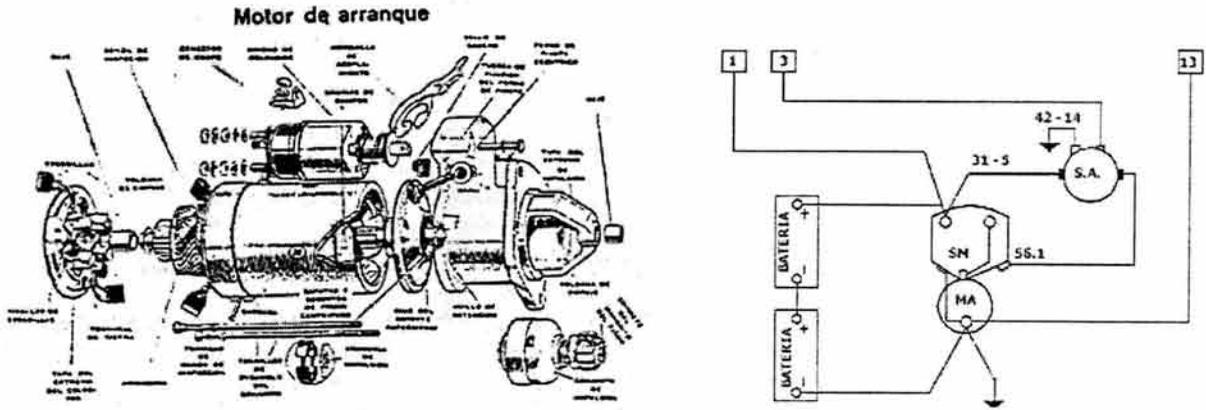


Figura 3.24 Motor de arranque y diagrama de conexiones

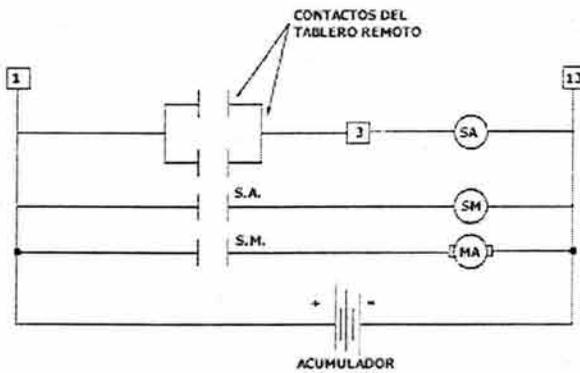


Figura 3.25 Diagrama eléctrico del sistema de arranque

SISTEMA ELÉCTRICO DE CARGA

Desde el momento en que se acciona el selector de operaciones para arrancar una planta eléctrica de emergencia, hay necesidad de una fuente de energía eléctrica para alimentar a varios circuitos. Por ejemplo, el mismo sistema eléctrico de arranque que consume cantidades grandes de energía, válvula solenoide para motores diesel. Para el caso de una planta eléctrica de emergencia, la fuente de energía debe alimentar también una serie de relevadores magnéticos y térmicos que sirven para controlar el arranque, paro y protecciones, alimenta también lámparas indicadoras de falla e inclusive alarmas sonoras.

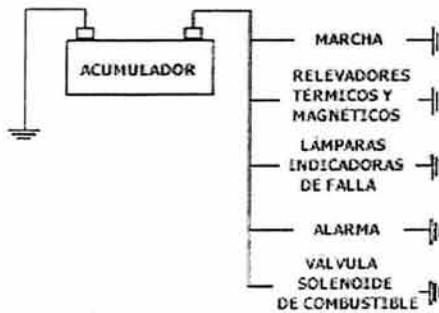


Figura 3.26 Sistema eléctrico de carga

El consumo de energía eléctrica es demasiado grande. Basta decir que el motor de arranque consume corrientes en el orden de cientos de Amperes momentáneamente (dependiendo del motor de combustión interna que se trate), y si

a esto sumamos el consumo de corriente que se tiene permanentemente por mantener energizados relevadores, bobinas, etc.; por lo tanto, tendremos la necesidad de contar con una fuente de energía demasiado eficiente para poder suministrarla en la cantidad y tiempo que se requiera.

La fuente de energía que se utiliza para suministrar la corriente que se requiere es el acumulador. Sin embargo, el acumulador no podría mantener permanentemente toda su energía. Por lo tanto, es requisito que el acumulador se cargue por medio de otra fuente y ésta es el alternador.

La carga al acumulador es controlada por un dispositivo denominado regulador de voltaje.

Estos tres componentes: acumulador, regulador de voltaje y alternador, forman el sistema eléctrico de carga.

ACUMULADOR

El acumulador es una fuente de energía eléctrica de corriente continua (CC o CD) y es fabricado en varios voltajes. Los más comunes son de 6 y 12 Volts, aunque se pueden obtener otros valores conectándolos en serie.

CAPACIDAD DE LOS ACUMULADORES

La capacidad de un acumulador generalmente se expresa en Ampere horas, periodo de descarga específico. Hay varias formas de averiguar si el acumulador está dentro de su capacidad o no.

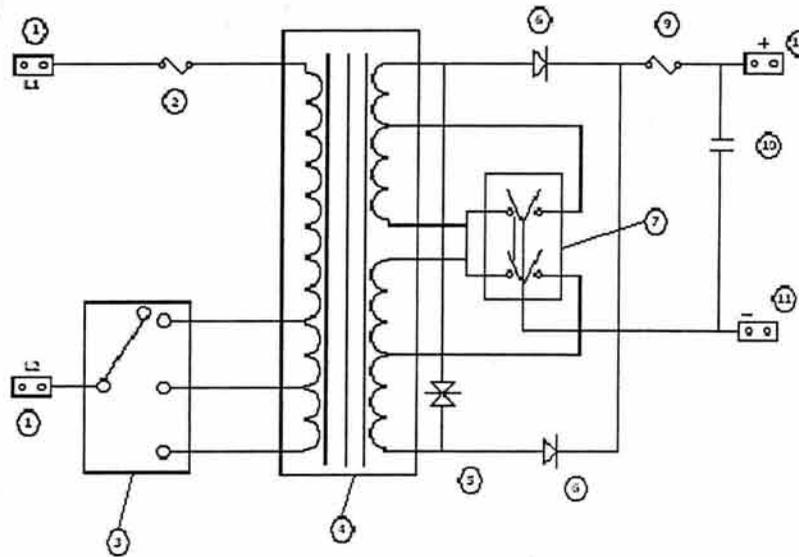
La primera es al medir la densidad del electrolito. El electrolito es una solución de agua bidestilada con ácido sulfúrico. En este momento cabe hacer mención de que todo compuesto tiene un determinado grado de densidad específica.

La densidad específica es el peso por unidad de volumen. Para poder tener un punto de referencia se toma como base la densidad específica del agua. Se dice que la densidad específica del agua es 1 gr/cm^3 a 20°C , esto es, que un centímetro cúbico de agua pesa un gramo conservando una temperatura de 20°C . Así, cada sustancia tiene un cierto peso por unidad de volumen.

El electrolito de un acumulador ($\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) a una temperatura de 80°F (26.7°C) debe tener una densidad específica de 1.260° D.E. Si existe demasiada sulfatación en las placas, la densidad del electrolito baja. Esto quiere decir que la carga del acumulador estará abajo de la que debe estar.

A continuación se anota una tabla donde se observa el estado de carga, de acuerdo a la densidad del electrolito.

LECTURA DEL DENSIMETRO A 27°C DEL ELECTROLITO	ESTADO DE CARGA
1.260° D.E.	100% carga
1.250° D.E.	90 % carga
1.225° D.E.	50 % carga
1.200° D.E.	40 % carga
1.175° D.E.	20 % carga
1.176° D.E.	Descargada



PARTE	DESCRIPCIÓN
1	TABLILLA DE TERMINALES
2	FUSIBLE 2 AMPERES
3	SELECTOR DE CUATRO POSICIONES
4	TRANSFORMADOR
5	RECTIFICADOR DE SELENIO (SUPRESOR)
6	RECTIFICADOR DE SILICIO
7	INTERRUPTOR DE TRES POSICIONES DOS POLOS
8	ELEMENTO TERMICO
9	AMPERMETRO 5 AMP. C.D.
10	CAPACITOR 1 DE 150 VOLTS DE PAPEL
11	BORNES PARA SALIDA DE C.D.

NOTA: USAR CABLE DEL NUM. 14
 PARA 12 VOLTS. USAR PUENTE NUM. 1 Y ELIMINAR PUENTE NUM. 2
 PARA 24 VOLTS. USAR PUENTE NUM. 2 Y ELIMINAR PUENTE NUM. 1

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MANTENEDOR DE CARGA DE BATERIAS
 220 VOLTS C.A. - 60 HERTZ - 12/24 VOLTS C.D. AMP. DE SALIDA

Figura 3.27

ALTERNADOR

El alternador está montado en el cuerpo mismo del motor de combustión interna y es accionado por una polea a la que le da movimiento una banda que se acopla directamente a la polea del eje principal (cigüeñal). Tiene como finalidad suministrar corriente continua al acumulador a su mismo voltaje.

En su interior se compone de un rotor formado por dos piezas polares. Están montadas sobre un eje (flecha principal) y sus dos terminales van soldadas a unos anillos rozantes de cobre que van sólidamente unidos a la flecha. El rotor es el campo inductor y se alimenta con corriente continua del acumulador.

Otra parte interna es el estator, que es un grupo de bobinas montadas sobre un núcleo de hierro laminado.

El embobinado es trifásico, esto es, que tiene una salida de tres fases. El estator es el lugar donde se produce la corriente que alimentará al acumulador posteriormente.

Como en el estator se produce corriente alterna, es necesario rectificarla para obtener corriente continua.

En el exterior, el alternador se forma de dos tapas. La tapa delantera sirve de coraza al cuerpo interior, de apoyo a la flecha, y además por uno de sus extremos se acopla la polea y un ventilador.

La tapa trasera, aparte de servir como punto de apoyo para que gire la flecha y como coraza para el interior del alternador; tiene acoplado un puente rectificador trifásico de onda completa, un capacitor, un portaescobillas y las terminales de alimentación y salida del alternador.

El alternador tiene varias terminales en la tapa trasera que corresponden a:

Dos a la alimentación del rotor por medio de las escobillas y anillos rozantes.

Las otras dos terminales (que son más gruesas), corresponden a la salida del alternador, es decir, la corriente continua que va hacia el acumulador.

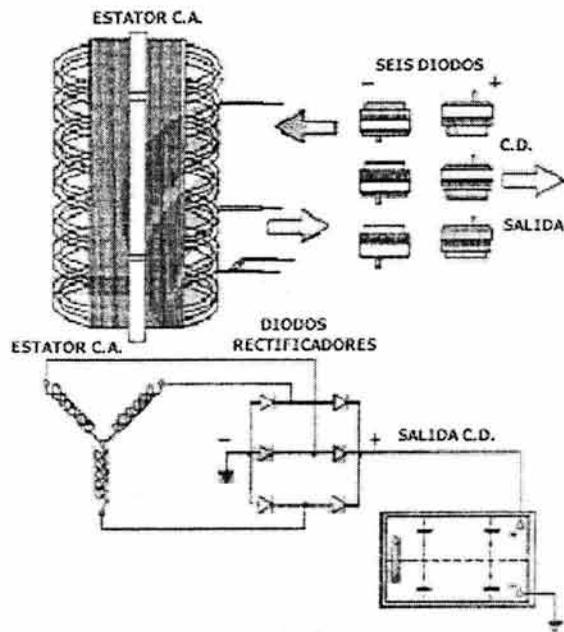


Figura 3.28 Diagrama del alternador

Los alternadores se fabrican en varias capacidades, siendo las más usuales 34 y 55 Amperes a 12 y 24 Volts.

OPERACIÓN DEL CONTROL DEL MOTOR

El control de motor es un circuito electrónico que una vez energizado realiza las siguientes funciones:

Sensa el "valor logico" de sus señales de entrada y si ninguna señal errónea de inicio se encuentra activada envía la señal de apertura de la válvula de combustible y simultáneamente envía un tren de cuatro pulsos para el motor de arranque. El formato del tren de pulsos es el siguiente:



Figura 3.29

Con el envío del primer pulso de arranque se comienza a muestrear el valor de la señal de entrada que indica que el motor diesel ya arrancó (señal de arranque). Al ser activada esta señal inmediatamente se suspende el tren de pulsos de arranque. Si el motor diesel no arranca con el primer pulso, el circuito da la opción de tres pulsos más, si en cualquiera de ellos el motor arranca, inmediatamente se suspenden los pulsos. Si el motor no arrancó en ninguno de los cuatro pulsos el control suspende el tren de pulsos y simultáneamente desactiva la señal de apertura de válvula de combustible, activa una señal de falla (falla de arranque) y una alarma sonora intermitente. Esta señal de falla (así

como las tres fallas siguientes: Presión del aceite, Temperatura del agua y sobrevelocidad, desactiva la lógica del control y queda memorizada todo el tiempo, el tiempo que el control este energizado.

Por lo tanto, para volver a utilizar el control después de la activación de una falla es necesario reiniciarlo mediante una interrupción momentánea de su fuente de alimentación (en un tablero esta operación se realiza cambiando momentáneamente el selector de operación (SO) a su posición "FUERA").

Por otra parte al activarse la señal que comprueba el arranque (señal de arranque) el circuito comienza a contar un tiempo de retardo de 25 segundos, al final del cual se muestra el valor lógico de la señal de entrada de presión del aceite. Si esta señal se encuentra activada, el control simultáneamente desactiva la señal de apertura de válvula de combustible (con lo cual se desopera al motor diesel), activa una señal de falla (falla de presión de aceite) y la alarma sonora de falla.

Si al transcurrir el retardo de 25 segundos, y al muestrear la señal de presión del aceite, está se encuentra desactivada, el circuito pasa a una condición de operación normal (es decir, el motor diesel está en operación). En esta condición el circuito sensa continuamente el valor lógico de la entrada de presión de aceite y si en algún momento esta señal es activada el circuito comienza a contar un tiempo de retardo de 20 segundos, al final del cual muestrea nuevamente el valor lógico de esta señal. Si al muestrearse esta señal se encuentra que esta activada, entonces el circuito cambia a una condición de falla, desactivando la señal de apertura de válvula de combustible (desoperando al motor diesel), activando la señal de falla correspondiente y activando la alarma sonora.

El control de motor cuenta también con otras dos señales de entrada, señal de falla de temperatura del agua y señal de falla de sobrevelocidad, las cuales (al igual que la señal de presión de aceite) provienen del motor diesel. Estas señales se sensan continuamente y son de acción instantánea, es decir, al activarse inmediatamente el control este cambia a su condición de falla con lo cual se desactiva la señal de apertura de válvula de combustible, se activa la señal de falla correspondiente (temperatura del agua o sobrevelocidad) y se activa la alarma sonora.

CIRCUITO DE CONTROL DE TRANSFERENCIA Y PARO

El circuito de Control de Transferencia y Paro es la unidad que se encarga de:

- Sensar el voltaje de alimentación.
- Dar señal de arranque a la planta cuando el voltaje falta, baja o sube de un nivel adecuado.
- Preparar al interruptor de transferencia para que haga su cambio (transferencia).
- Dar señal al interruptor de transferencia para que haga el cambio cuando se normaliza la alimentación (retransferencia).
- Retardar la retransferencia para dar tiempo a la Compañía Suministradora de normalizar su alimentación.
- Retardar la señal de paro al motor para lograr su enfriamiento.
- Mandar la señal de paro al motor a través del Control Maestro.
- Programar el arranque de la planta para ejercitarla (diario o normalmente).
- Mantener cargado al acumulador.
- Permitir un simulacro de falla de la Compañía Suministradora.



Figura 3.30 Vista Física del circuito de control de transferencia y de paro.

INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA

Su función es la de conectar las líneas de energía eléctrica de emergencia a la carga, haciendo el cambio a las primeras cuando se restablece el sistema normal.

Consiste este "transfer" de un interruptor de carga única, operado eléctrica o mecánicamente, que es capaz de manejar toda la energía del generador, así como la de interrumpir la corriente que pasa por la línea en forma continua.

Algunos interruptores de transferencia van equipados con protección térmica y magnética para proteger al generador, como también a las líneas y aparatos, en caso de algún corto circuito o una sobrecarga constante.

OPERACIÓN DEL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA TIPO CONTACTOR MAGNÉTICO

Cuando se cierra el contacto del sensor de voltaje, el IRTT se energiza y cierra su contacto 1RTT. Se energiza 2RC y este cierra su platino (2RC-1) que esta conectado en serie con la bobina del contactor de suministro normal (M_1) y con el platino auxiliar de la bobina del contactor de emergencia (M_{2-4}) que esta normalmente cerrado, permitiendo con esto que la corriente fluya de la línea L_2 del suministro normal a la bobina del contactor, cerrándose el circuito con la línea L_3 hacia el contactor. En este momento se enciende la lámpara verde y los contactos M_{1-1} , M_{1-2} y M_{1-3} se cierran, pasando así el voltaje hacia la carga.

BLOQUEO ELÉCTRICO

El contactor de suministro normal, al energizarse, cierra tres tipos de contactos, los cuales conectan la línea normal a la carga y abre un contacto auxiliar que está conectado en serie con la bobina del contactor de emergencia, asegurando que este permanezca desenergizado.

BLOQUEO MECÁNICO

Al cerrarse los tres juegos de contactos del contactor de suministro normal, éstos accionan una palanca que no permite cerrar los contactos del contactor de suministro de emergencia cuando estos están operando y viceversa.

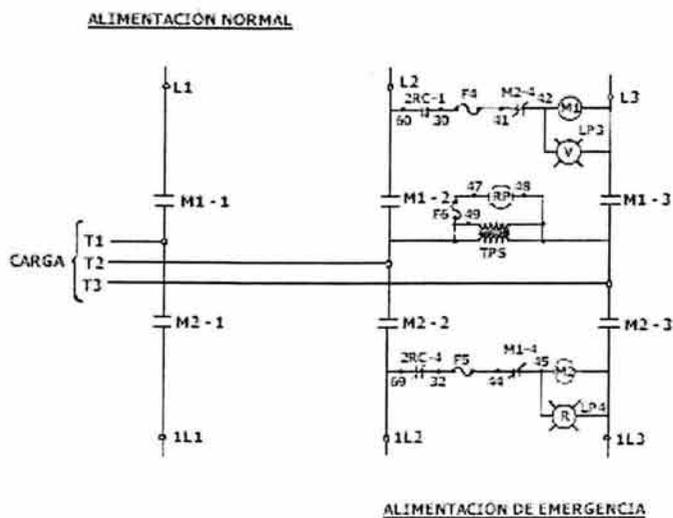


Figura 3.31 Diagrama elemental de un interruptor de transferencia de tipo magnético

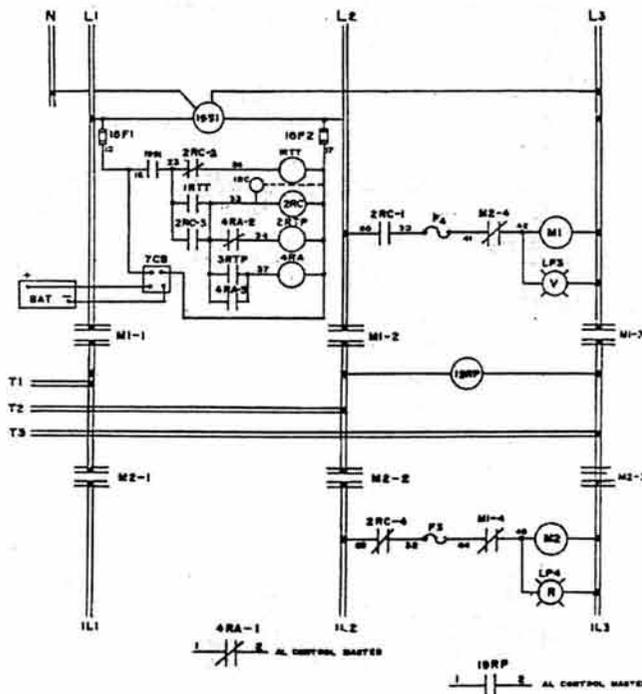


Figura 3.32 Diagrama del circuito de control de transferencia y paro.

FALLA LA ENERGÍA NORMAL

Cuando ocurre una falla de energía normal, el relevador sensitivo se desenergiza, al igual que el 2RC y el contactor del suministro normal. Esto permite que se cierren el contacto auxiliar del contactor de suministro normal (M₁₋₄) y el platino 2RC-4, permitiendo que pase la corriente de la línea L₂ de emergencia, cerrando el circuito con la línea L₃ de emergencia, cuando la planta eléctrica este generando el voltaje requerido.

Al energizarse el contactor del suministro de emergencia, conecta la carga al generador por medio de M₂₋₁, M₂₋₂, M₂₋₃ y abre un contacto auxiliar (M₂₋₄) que no permite que se energice el contacto del suministro normal.

RETORNO DE LA ENERGÍA NORMAL

Cuando retorna la energía normal, los controles dan la orden al interruptor para transferir la carga y al mismo tiempo detienen la planta. La secuencia es la siguiente:

El sensitivo detecta la energía normal y cierra su platino energizando al 2RC. Este al energizarse abre el platino del contactor de emergencia 2RC-4 y cierra el platino del contactor de alimentación normal (2RC- 1), propiciando con esto que el contactor de emergencia se abra y desconecte la carga del generador y que cierre su contacto auxiliar (M₂₋₄) y se energice el contactor de alimentación normal M₁ y conecte la carga a la alimentación normal a través de M₁₋₁, M₂₋₂ y M₂₋₃. Estas operaciones toman menos de 0.050 seg. Y se realizan una seguida de la otra, haciendo que los bloqueos (eléctrico y mecánico) cambien de posición y se encuentren ahora bloqueando el cierre del contactor del suministro de emergencia.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Se entiende por velocidad de operación al tiempo en que el control transfiere cambiando la alimentación del servicio normal (que falló) al servicio de emergencia (planta). El tiempo de interrupción solamente, no tiene mayor importancia, comparado con el tiempo que tarda la planta en arrancar (cinco a 10 segundos). Pero en la retransferencia, este tiempo si puede ser importante.

Existen tableros de transferencia que pueden ser interconectados a una computadora tipo PC, de tal manera que se pueda disponer de la información y controles en forma remota, de acuerdo a las necesidades del usuario. Incluye en

forma estándar, las características que se detallan a continuación para la protección del motor y del generador. De esta manera se pueden, fácilmente reemplazar los reles, de tipo digital o tipo analógico, utilizados comúnmente para la protección de estos grupos. Además, permite realizar el monitoreo (local o remoto) de estas funciones.

Protecciones para el motor:

- Temperatura del refrigerante (baja o alta).
- Presión del aceite (alta o baja).
- Sobre velocidad.
- Falla a la orden de arrancar.

Protecciones para el generador:

- Voltaje en terminales (alto o bajo).
- Frecuencia generada (alta o baja).
- Potencia inversa.
- Pérdida de excitación.
- Sobre corriente.
- Transitorios en la carga (Load surge).

El tablero de transferencia sensa cuando la energía utilitaria es interrumpida y automáticamente arranca el generador. Cuando la energía es restablecida, el panel de transferencia automáticamente regresa a utilizar a la compañía utilitaria, se apaga y queda listo para alguna siguiente interrupción. No se requiere ninguna acción por el propietario.

DESCRIPCIÓN BÁSICA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

MODO DE ENERGÍA NORMAL

Bajo circunstancias normales, cuando la energía utilitaria esta disponible, esta actúa en los contactores del panel de transferencia, y conecta la energía al panel de distribución y después a las cargas de la casa. Un cargador de baterías instalado en el tablero de transferencia mantiene la batería de arranque del generador cargada.

OCURRE EL CORTE DE ENERGÍA

Cuando el voltaje cae a menos del 85% del nominal, o falla por completo, el sistema de potencia iniciará automáticamente su secuencia de arranque para conectar la carga. El tablero de transferencia monitorea constantemente la fuente utilitaria y la del generador. Cuando el control del tablero de transferencia sensa energía utilitaria inaceptable, el control espera tres segundos y después envía una señal para arrancar el motor del generador.

Si la energía regresa antes de haber pasado tres segundos, el generador no arrancara. Cuando la señal de arranque es recibida, el motor arranca y alcanza la correcta velocidad de operación para tener disponible la corriente en el generador. El control del tablero de transferencia sensa, espera tres segundos y transfiere la energía a la vivienda a través de los contactores del panel de transferencia. Esta secuencia de operación usualmente se lleva menos de 10 segundos desde que el corte de energía ocurre hasta que la carga del generador es conectada.

LA ENERGÍA UTILITARIA REGRESA

Cuando la energía utilitaria regresa, el panel de transferencia sensa y verifica que el voltaje sea el adecuado. Después de comprobar esto por cinco minutos, el control del tablero de transferencia envía la señal a los contactores del tablero para transferir la carga a la fuente utilitaria y desconectar al generador. En este momento, el generador esta fuera de línea y trabajará automáticamente otros cinco minutos para enfriarse adecuadamente. Después del ciclo de enfriamiento, el generador se apagará automáticamente y quedará listo en modo Stand-by.

El sistema de emergencia puede tener cuatro modos básicos de operación:

1.- Un grupo generador independiente de la red pública

En este modo, el tablero opera básicamente como un switch de transferencia automático. Al perderse el voltaje de la red pública, arranca el grupo motor-generador y toma la carga. Al retornar el voltaje de la red pública, transfiere la carga a la red pública y detiene el grupo de generación. El usuario, detectará una interrupción del servicio al perderse el voltaje de la red pública y al retornar el voltaje de la red pública.

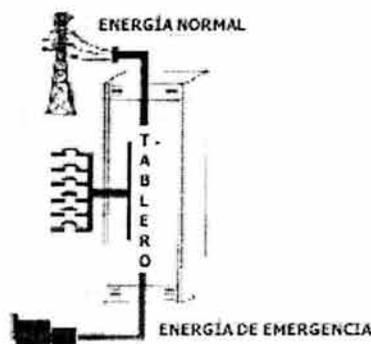


Figura 3.33

2.- Un Grupo generador en paralelo con la red pública

En este caso el grupo puede operar, como en el caso anterior, excepto que al retornar la energía de la red pública, el grupo local se pondrá en paralelo con la red pública, transferirá lentamente la carga a la red pública, y el usuario no notará ninguna interrupción al retorno de la energía.

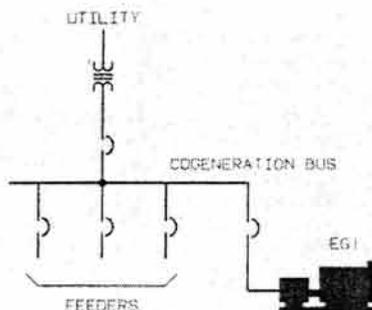


Figura 3.34

La operación no solo puede basarse en la interrupción de la red pública sino se puede ordenar al tablero de acuerdo con el valor de la carga local (valor de carga activa y/o valor de carga reactiva) que el grupo local arranque, se ponga automáticamente en paralelo con la red y abastezca a la carga local, de tal manera que la potencia activa y/o la potencia reactiva que suministra la red pública se mantengan en los valores deseados por el usuario. Fácilmente el tablero puede operar el grupo generador de tal manera que corrija dinámicamente el factor de potencia de la carga y mantenerlo dentro de los límites no penalizados por la empresa proveedora de electricidad. De la misma manera puede mantener dentro de los límites preestablecidos el consumo de potencia activa de la red pública.

3.- Varios grupos generadores independientes de la red pública

El tablero operará de la misma manera descrita en el modo 1, pero simplemente mantendrá operando únicamente los grupos que permitan abastecer la carga, y distribuirá adecuadamente la carga entre los diferentes grupos. Los grupos entrarán en paralelo automáticamente cuando sea necesario. Las reglas de distribución de carga, las determinará el usuario en la forma que él considere la más conveniente. De otro modo se mantendrá operando los grupos a la carga de mayor eficiencia, y únicamente un grupo absorberá las variaciones de carga.

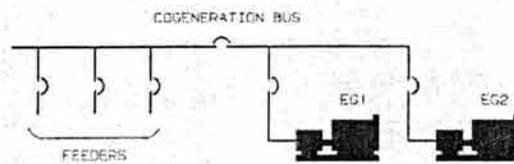


Figura 3.35

4.- Varios grupos generadores en paralelo con la red pública

En este caso los grupos operan en paralelo fijando la potencia activa y/o reactiva que se toma de la red pública. Si la red pública fallare, todos los grupos arrancan, automáticamente se realiza el paralelismo, cuando todos están en paralelo, se abastece a la carga y saldrán del paralelo y se detendrán los grupos que no sean necesarios. El número máximo de equipos que el sistema puede manejar simultáneamente es de seis. Cada grupo requiere un tablero y los demás mantienen una línea de comunicación digital entre ellos. Con este, simplemente se tiene paralelismo automático entre grupos del usuario para absoluto control de la forma en que se abastecerá la potencia activa y reactiva a la carga. Incluye protecciones del motor y generador y opcionalmente monitoreo local o remoto a través de una PC. Con alarmas visual y audible.

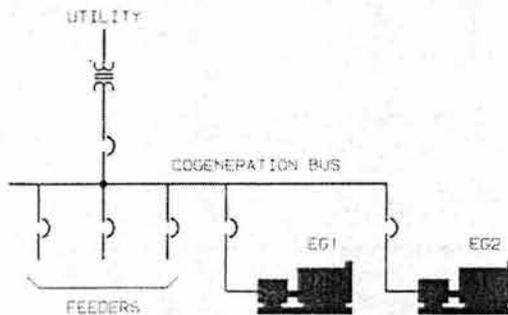


Figura 3.36

MÁQUINAS SINCRONAS

Las máquinas síncronas se denominan así porque su velocidad está directamente relacionada con la frecuencia de la línea. Pueden operar ya sea como motores o como generadores sin ninguna diferencia notable en su construcción o diseño. A una máquina síncrona polifásica que opera como generador se le llama "alternador".

Cuando la máquina funciona como generador el devanado del estator es la fuente de voltaje y de potencia eléctrica y puede operar como una máquina independiente, pero comúnmente es sólo una de tantas máquinas en un sistema de potencia interconectado, en donde opera en paralelo y en sincronismo con otros generadores. Para operar satisfactoriamente bajo tales condiciones, el generador debe permanecer sincronizado con el sistema y debe tomar su parte de la carga.

Como motor, el devanado del estator es el devanado de entrada y opera como un dispositivo síncrono, esto es, gira a una velocidad fija que está determinada por la frecuencia del suministro y el número de polos en su estructura de campo. El motor síncrono mantiene con precisión su velocidad (no existe regulación de velocidad) y de esta forma es muy útil tanto en aplicaciones a velocidad constante como en aplicaciones en las cuales el control de recorridos o posición es importante.

Los rotores de las máquinas síncronas son simplemente electroimanes giratorios, construidos de modo que tengan tantos polos cuantos son los producidos por el devanado del estator. Los polos del rotor se magnetizan por corrientes directas que fluyen en las bobinas de campo que rodean cada polo. El campo magnético que producen los

polos del rotor se une con el campo giratorio del estator, de modo que los campos del eje y del estator giran en sincronismo.

Los rotores de la máquina síncrona son de dos tipos: de polos salientes y cilíndricos. El diseño de polos salientes es deseable (por razones estructurales y económicas), en las máquinas multipolares como los generadores de gran diámetro y baja velocidad usados en las instalaciones hidroeléctricas. Sin embargo, son demasiado débiles mecánicamente y producen demasiada resistencia aerodinámica y ruido. Por otro lado, en las máquinas de diámetro pequeño, bipolares, de alta velocidad, usadas con turbinas de vapor, el diseño del rotor cilíndrico es más apropiado, en donde la geometría del circuito magnético no se afecta por la orientación angular del rotor. Así, las autoinductancias tanto de las bobinas del rotor como del estator son constantes. Las inductancias mutuas entre las bobinas del rotor y del estator son funciones senoidales de los ángulos que formen los ejes de la bobina. Sin embargo, en lo que respecta a la máquina de los polos salientes, la geometría del circuito magnético es una función de la posición angular del rotor.

La autoinductancia del rotor es constante debido a que la geometría de su circuito magnético no es función de la orientación del rotor; pero las autoinductancias de las bobinas del estator, así como las inductancias mutuas son variables. La autoinductancia de una bobina del estator cambia a medida que cambia el ángulo del rotor debido a que la longitud del entrehierro (y por lo tanto la reluctancia del circuito magnético) es una función del ángulo del rotor. La autoinductancia del estator es siempre positiva y será máxima cuando el eje del rotor esté alineado con el eje de una bobina del estator, y mínima cuando el eje del rotor bisecta el ángulo entre ejes de bobinas contiguos. Por tanto, las inductancias del estator contienen una componente de segunda armónica.

Las inductancias mutuas también varían, debido tanto al ángulo entre los ejes de bobinas del rotor y estator como al cambio en la reluctancia del circuito magnético. Para máquinas de rotor cilíndrico las inductancias mutuas varían en forma senoidal puesto que el acoplamiento es una función solamente del alineamiento de ejes; en la máquina de polos salientes la variación de la inductancia no es puramente senoidal debido al efecto aditivo de la reluctancia variable.

En el diseño de un alternador es importante que la distribución del flujo en el entrehierro sea lo más senoidal posible a fin de reducir al mínimo el contenido de armónicas en los voltajes y en las corrientes. El resultado deseado se obtiene de dos maneras: el rotor se diseña para que resulte un entrehierro uniforme (rotor cilíndrico) y se obtiene una fmm senoidalmente distribuida por medio de un espaciado adecuado de los conductores alrededor de la periferia de este cilindro (naturalmente en ranuras); en la otra alternativa, la fmm está concentrada en una bobina solenoide de varias capas ubicada en un polo saliente, y la distribución senoidal del flujo se obtiene conformando la zapata del polo y por tanto variando la reluctancia del entrehierro como una función de su ángulo con el eje del polo.

Los alternadores de 60 Hz que se diseñan para ser movidos por máquinas diesel, frecuentemente tienen 14 polos, porque estas máquinas pueden diseñarse para alta eficiencia a la velocidad correspondiente

Ya que los polos del rotor tienen polaridad constante, se les debe suministrar corriente directa. Esta corriente puede llegar de un generador externo de CD o de un rectificador.

Al eje de simetría de los polos magnéticos norte del rotor se le llama “eje directo” o “eje d”. El de los polos magnéticos sur es el “eje d negativo”. Al eje de simetría en medio de polos adyacentes norte y sur se le llama “eje de cuadratura” o “eje q”. El eje q atrás del polo norte se considera el eje q positivo. El eje de cuadratura se llama así porque está alojado 90° eléctricos del eje directo (un cuarto de ciclo).

Las máquinas de rotor cilíndrico tienen un entrehierro relativamente uniforme. Esto no sucede en una máquina de polos salientes, porque el entrehierro es mucho más grande entre los polos (o sea, a lo largo del eje de cuadratura) que en los centros de los polos (es decir, sobre el eje directo).

Una máquina síncrona opera con un voltaje senoidal aplicado a cada fase de la armadura. Si la máquina opera como dispositivo lineal, entonces para estado permanente la corriente en cada fase también será senoidal pero podrá no estar en fase con el voltaje aplicado, puede ajustarse de manera que proporcione potencia a factores de potencia adelantados, unitarios o atrasados por medio de la excitación adecuada del campo.

Por otra parte, sin una máquina sincrónica está parada con todos los devanados excitados, no existe par de arranque, lo que es más, si existe una velocidad de giro inicial que no sea la velocidad síncrona, no hay tendencia a hacer girar el rotor el cual disminuirá su velocidad hasta pararse. Para proporcionar par de arranque es necesario construir bobinas en circuito corto (tipo de jaula de ardilla) dentro de las caras polares de la estructura (generalmente el rotor) que será excitado por CC. Estas bobinas en circuito corto generalmente están sujetas con una barra que las pone en circuito corto. El motor síncrono se arranca en realidad como un motor de inducción y cuando su velocidad se acerca a la velocidad síncrona, el par de sincronización propio “asegura” al rotor un sincronismo con el campo giratorio.

Cuando la máquina está operando a la velocidad síncrona no existe movimiento del campo magnético con relación a las bobinas en circuito corto, de tal manera que no hay corriente, no hay pérdidas, ni calor. Los devanados de arranque, también llamados devanados de amortiguación, tienden a “matar” o “amortiguar” las oscilaciones mecánicas, o el “penduleo”, que puede ocurrir en este tipo de máquinas.

Los transitorios en el circuito eléctrico que pueden ocurrir en las máquinas síncronas pueden clasificarse como sigue:

- 1.- Cambios en la carga de un alternador.
- 2.- Cambios en la excitación de CC de un motor o alternador.
- 3.- Cambios en la excitación de CA de un motor.

Donde la palabra cambio significa cualquier variación a partir de una condición de estado permanente que se haya logrado anteriormente, y dichas variaciones pueden ser lentas o rápidas, grandes o pequeñas en magnitud, balanceadas o desbalanceadas si ocurren en la parte de CA del sistema.

GENERADOR SINCRONO

Es una máquina que produce corriente alterna, diseñada para acoplarse directamente a un motor de combustión interna estacionario, que la impulsa.

Los controles del generador, así como los instrumentos que se encuentran instalados en un sólo gabinete, independiente del interruptor de transferencia, el cual puede ser de tipo autosoportado o para montar en pared, de acuerdo a las especificaciones requeridas.

CONSTRUCCIÓN

Los generadores síncronos están diseñados y contruídos cuidadosamente, de tal manera que asegure una operación eficaz, facilidad de mantenimiento y una larga vida de servicio.

La carcaza, robusta a prueba de goteo, está fabricada de placa de acero, gruesa, reforzada internamente para darle mayor resistencia. La carcaza y la base forman una unidad integrada que simplifica la instalación de la máquina y su alineamiento con el motor impulsor. Los pernos de ojo instalados en la carcaza, permiten levantar fácilmente al conjunto empleando un montacargas convencional.

El núcleo estator del generador está construido de laminaciones ranuradas aisladas individualmente, hechas de acero al Silicio y comprimidas a alta presión. El núcleo armado se sujeta en la carcaza por medio de guías soldadas a las costillas de refuerzo. Las bobinas del estator devanadas sobre el mismo, están acunadas firmemente en las ranuras

semicerradas del estator y el conjunto completo está impregnado con barníz sintético termofraguante, horneado posteriormente para asegurar la máxima resistencia a la humedad, una alta resistencia dieléctrica y excelentes cualidades de unión.

Las puntas del estator pasan a través de un bloque aislado de terminales y terminan en zapatas conectoras estándar o terminales de carga hechas de cobre. Los polos del campo del generador están montados sobre una flecha de gran diámetro y la jaula del devanado entre los polos, se completa con conexiones soldadas en latón, lo que da excelentes características eléctricas. El conjunto completo del rotor está balanceado estática y dinámicamente para asegurar la operación libre de vibraciones y la máxima vida de las chumaceras.

Los generadores síncronos están diseñados con un sistema de ventilación autocontenido que hace circular el aire de enfriamiento a través de la masa.

Un ventilador unidireccional montado en el extremo impulsor de la flecha del rotor, forza el aire ambiente introduciéndolo en la máquina a través de aberturas de celosía en el extremo de la excitatriz de la máquina. El aire pasa axialmente entre los polos del campo a través del entrehierro, siendo impulsado radialmente hacia los cabezales de la bobina del estator. El aire caliente pasa a la atmósfera por medio de aberturas de rejilla en el extremo de impulso de la carcasa.

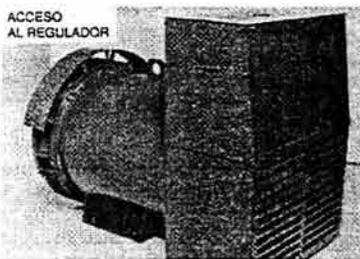


Figura 3.37 Generador Sincrono

CONCEPTOS DE GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

El concepto elemental de la generación de energía eléctrica está basado en la Ley de Inducción de Faraday, que establece lo siguiente:

"Cuando un conductor se introduce en un campo magnético y existe movimiento relativo entre el conductor y el campo, existirá un voltaje inducido en el conductor. Este voltaje es proporcional a la intensidad del campo magnético, a la velocidad relativa y a la longitud del conductor".

Esto se expresa algebraicamente por la fórmula:

$$e = vBl$$

Donde:

e = voltaje inducido.

v = velocidad del conductor.

B = densidad del campo magnético.

l = longitud del conductor.

Para lograr el campo magnético debe hacerse circular una corriente por el arrollamiento, obteniéndose resultados similares a los del imán permanente. Este es el medio más comúnmente usado en las máquinas eléctricas, aunque el primero se utilice en aplicaciones especiales.

También se tendrá un cierto número de polos con una determinada configuración para lograr una mejor distribución del flujo, en lugar de un imán. Desde el punto de vista mecánico, se requerirá una estructura adecuada de soporte de estos elementos, etc.

En un generador comercial de CA generalmente los conductores del inducido, están distribuidos a lo largo del estator dentro de ranuras. El campo magnético inducido se produce en polos colocados en un rotor. Por medio de una máquina impulsora se hace girar el rotor obteniéndose la velocidad relativa entre el inductor y el inducido; bajo estas condiciones, la forma de onda de voltaje generado será senoidal

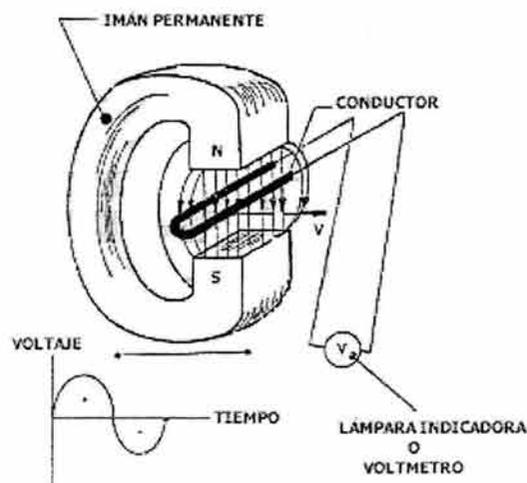


Figura 3.38

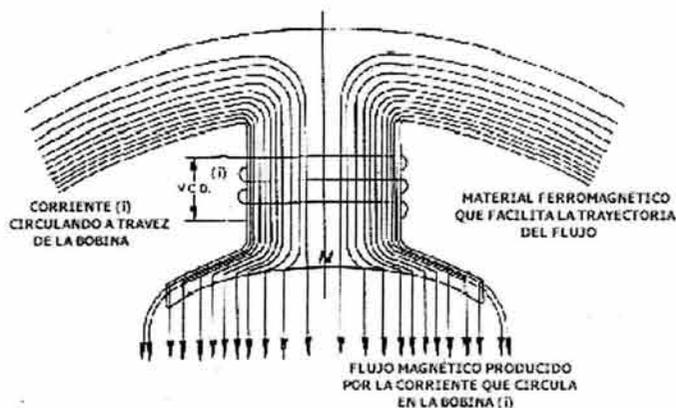


Figura 3.39

SECCION GENERADORA

La parte generadora la constituye el estator generador (INDUCIDO) y el rotor generador (INDUCTOR).

ESTATOR GENERADOR

El núcleo del estator generador se construye de lámina troquelada de acero al silicio, que es un material ferromagnético de excelentes características magnéticas, con el objeto de evitar grandes pérdidas por el efecto de corrientes parásitas y ciclo de histéresis.

El embobinado del estator generador se hace de bobinas, devanadas con alambre magneto, con características eléctricas adecuadas a cada diseño.

El alambre magneto empleado es con doble capa de aislamiento. Este aislamiento es clase F (155 °C). Los aislamientos que se aplican al embobinado también son clase F.

Los generadores normalmente son trifásicos y se construyen con 12 terminales de salida, con objeto de hacerlos versátiles en cuanto a conexiones entre ellos, para obtener diferentes voltajes de salida. A estas terminales se les aplican zapatas para facilitar el cambio de conexión.

ROTOR GENERADOR DE FABRICACIÓN ESTÁNDAR DE CUATRO POLOS

El núcleo de rotor generador también se fabrica con lámina troquelada de acero al silicio de las mismas características mencionadas en el estator del generador.

Para asegurar la rigidez mecánica y una construcción robusta del núcleo, el yugo está formado de una sola pieza continua con la zapata polar, eliminando así el problema de dispersión de flujo por falsos contactos magnéticos que ocasionan los empalmes mecánicos.

Los rotores generadores se construyen con ductos de ventilación y barrenos en la zapata polar para alojar el devanado amortiguador en jaula de ardilla, que está diseñado para reducir armónicas en la forma de onda del voltaje de salida y evitar los movimientos pendulares cuando se acoplen generadores en paralelo.

El rotor gira concéntricamente montado en la flecha del generador a una velocidad síncrona de 1800 r.p.m. (60 Hz).

SECCIÓN EXCITADORA

La sección excitadora es de hecho un segundo generador auxiliar de alta frecuencia en conexión trifásica, en la cual, a diferencia del generador principal, el inductor está en la parte estática y el inducido en la parte rotatoria.

El voltaje de salida en el rotor excitador (INDUCIDO) se rectifica a través de un circuito de rectificación rotatoria con diodos de silicio, cuya capacidad sobrada los hace confiables aparte de ser autoprottegidos contra transitorios de voltaje.

El inductor (ESTATOR EXCITATRIZ) es de ocho polos de 3 a 175 kW y de 14 polos de 175 a 1000 kW: estos son de alta frecuencia.

El núcleo estator excitatriz esta construido con laminación troquelada de acero a bajo carbón, cuya característica es la de retener cierto magnetismo remanente (3 a 5 Volts) lo ideal para este tipo de aplicación.

El rotor excitador (INDUCIDO) es de polos consecuentes construidos con lámina troquelada de acero al silicio de alta permeabilidad magnética.

Los embobinados tanto del estator como del rotor excitatriz están hechos de alambre magneto con doble capa de aislamiento clase F (155° C) y son sometidos a un ciclo de barnizado por inmersión muy rigurosa, como se menciono anteriormente. Este conjunto es el que alimenta de corriente al campo giratorio del generador principal pasado por un circuito de rectificación para alimentarlo en CD.

La corriente de excitación del campo es provista por el regulador de voltaje.

El conjunto rotor excitador, circuito de rectificación y rotor generador se ensamblan en la misma flecha.

SECCIÓN CONTROL

En la parte de control que es el regulador electrónico de voltaje automático de estado sólido se puede decir que está el cerebro del generador de CA sin escobillas.

COMPONENTES MECÁNICOS

FLECHA

La flecha de los generadores sirven para evitar fallas por esfuerzos mecánicos, así como la debida selección del material; por lo tanto, se fabrican de acero rolando en caliente.

VENTILADOR

Todos los generadores están provistos de un sistema de ventilación, para lo cual es necesario un ventilador de alto rendimiento y es de fundición de aluminio en generadores pequeños y fabricado en lámina para generadores grandes.

BALEROS

La mayoría de los generadores de 75 kVA llevan baleros de bolas con doble sello. Este tipo de rodamientos se engrasan en fábrica, y en general pueden ser utilizados por varios años sin engrasarse de nuevo.

La mayoría de los generadores POTENCIA de mas de 75 kVA llevan baleros de bolas reengrasables o de ser necesario, baleros reengrasables de rodillos. En este tipo de aplicaciones, los alojamientos de baleros cuentan con válvulas para el llenado y vaciado de grasa.

EXCITATRIZ ROTATORIA SIN CARBÓN ES COMBINADA CON UNIDAD RECTIFICADORA ROTATORIA

La excitatriz rotatoria sin escobilla o carbones, con unidad rectificadora rotatoria, se usa para suministrar corriente de excitación al campo rotatorio de los generadores síncronos. Esta unidad de excitación es, en efecto, un refinamiento de la excitatriz convencional conectada directamente que usa carbones y conmutador. El diseño mejorado de la unidad sin carbones, simplifica el mantenimiento del equipo, eliminando las partes sujetas a desgaste normal, asegurando así periodos prolongados de operación eficaz y sin problemas.

La unidad de excitación completa consiste de dos conjuntos de componentes básicos: un generador de corriente alterna, del tipo de armadura rotatoria trifásico y un puente trifásico rectificador de onda completa, compuesto de seis diodos semiconductores, montados sobre dos bastidores de aluminio fijos a un mamelón de aislamiento moldeado.

La armadura de la excitatriz y el conjunto del puente rectificador se montan sobre la flecha del rotor en el generador síncrono y están interconectadas eléctricamente entre sí para los devanados del campo del generador. El estator de una excitatriz, sin carbones consiste en bobinas de campo devanadas sobre una cabeza que está adosada al generador síncrono.

La unidad de excitación completa esta protegida por una cubierta removible o está dentro de la caja de control de la máquina síncrona.

Durante la operación del generador síncrono, la potencia trifásica generada en la armadura rotatoria de la excitatriz se aplica directamente al conjunto rotatorio del rectificador. Los tres diodos de polaridad positiva montados en uno de los bastidores del rectificador y los tres diodos de polaridad negativa montados en el otro bastidor, están conectados de forma que constituyen un puente rectificador de onda completa que rectifica la corriente alterna suministrada por la armadura de la excitatriz. La salida de corriente continua del puente rectificador, a su vez, se aplica al campo rotatorio del generador síncrono, por medio de conductores canalizados a través de un paso taladrado en la flecha del rotor. En esta forma, los tres conjuntos (armadura de la excitatriz, rectificador rotatorio y campo del generador síncrono), forman una sola unidad rotatoria, permitiendo efectuar conexiones eléctricas sin usar carbones, anillos colectores o conmutadores.

La corriente de excitación para las bobinas estacionarias del campo de la unidad de excitación es suministrada por el generador síncrono a través del regulador automático de voltaje típico estático, que se usa junto a la instalación. El regulador de voltaje compara continuamente el voltaje de salida del generador síncrono con un voltaje estable de referencia.

La diferencia entre los dos voltajes constituye una señal de error que indica un voltaje de salida superior o inferior al punto de ajuste del generador. Esta señal de error se amplifica y se usa para controlar la salida de corriente continua del regulador de voltaje, que se aplica a las bobinas de campo de la excitatriz.

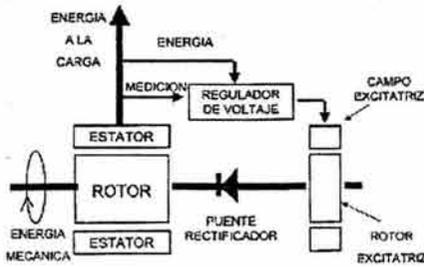


Figura 3.40 Diagrama del generador

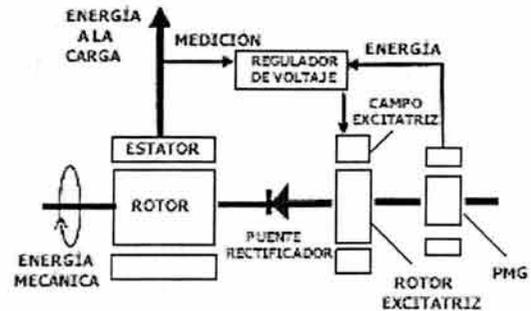


Figura 3.41 Diagrama del generador PMG

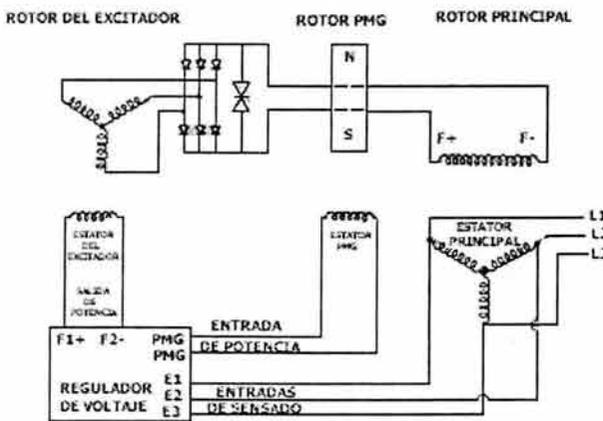


Figura 3.42 Diagrama de sistema típico

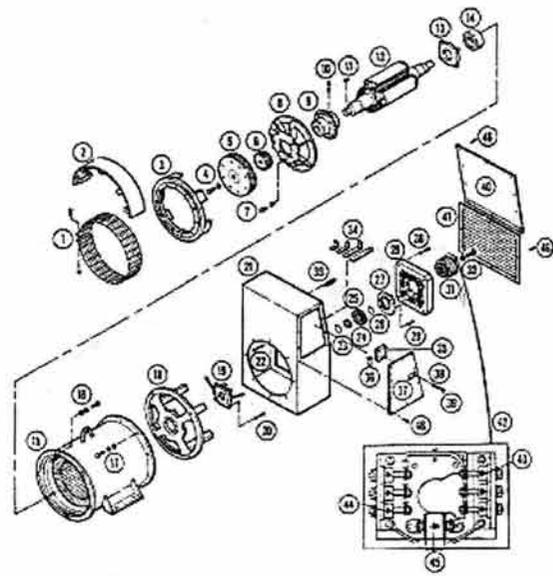


Figura 3.43 Descripción de las partes del generador

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
1	Ensamble
2	Ensamble de cubierta de goteo (opción)
3	Adaptador
4	Fijadores para montaje de disco
5	Discos impulsores
6	Espaciadores
7	Fijadores para montaje del ventilador
8	Ventilador
9	Cubo
10	Tornillo opresores para cubo impulsor
11	Chaveta para cubo impulsor
12	Ensamble rotor principal con devanados
13	Tapa del cojinete delantero
14	Cojinete delantero de bolas
15	Ensamble cuerpo principal
16	Fijadores de montaje del adaptador
17	Fijadores de montaje para soporte
18	Soporte delantero
19	Tapa del cojinete PMG
20	Fijadores de la tapa del cojinete
21	Caja de conducto
22	Fijadores de montaje de la cara de conducto
23	Anillo de resorte - interior
24	Resorte cargador
25	Rotor PMG
26	Anillo de resorte - exterior
27	Estator PMG
28	Fijadores de montaje del estator PMG
29	Estator del excitador
30	Fijadores del estator del excitador
31	Ensamble del rotor del excitador
32	Fijadores del rotor del excitador
33	Ensamble de clavija a tierra
34	Ensamble de barra colectora
35	Regulador de voltaje
36	Capacitor (condensador)
37	Paneles laterales
38	Fusible
39	Tapa de portafusible
40	Cubierta enteriza
41	Cubierta con rejillas
42	Ensamble rectificador excitador
43	Diodo de polaridad estándar (directa)
44	Diodo de polaridad inversa
45	Supresor de impulsos (sobretensión)
46	Tornillo para montar cubierta

CAPITULO 4 RS-485 Y MODBUS

Actualmente existe un conjunto de normas encargadas de asegurar la compatibilidad entre las unidades proporcionadas por los diversos fabricantes utilizados para la comunicación, pero a su vez para permitir la transferencia de datos en distancias especificadas y/o proporciones de los mismos. Por ejemplo, la Asociación de Industria de Electrónica (EIA) ha producido las normas para RS-485, RS-422, RS-232, y RS-423 relacionadas a la comunicación de datos. En estas normas se marca previamente el prefijo "RS" para indicar la norma recomendada; sin embargo, dichas normas se indican generalmente como "EIA". Mientras las normas traen la uniformidad a las comunicaciones de datos, no se cubren muchas áreas específicamente y permanecen como "áreas grises" para que el usuario las descubra solo (normalmente durante la instalación).

La interfaz RS-485 es una especificación eléctrica destinada a sistemas multipunto que utiliza líneas equilibradas. En tanto, el documento (TIA / EIA-485-A) define las características eléctricas de la línea, sus drivers y receptores. Una red de RS-485 puede tener 32 unidades, con una carga de la unidad equivalente a una impedancia de entrada de 12 kΩ. Con los receptores de alta impedancia, puede tener tantos como 256 nodos. Un eslabón de RS-485 puede extenderse hasta 4000 pies y transferir los datos a 10 Mbps, pero no ambos al mismo tiempo. Para una longitud de 4000 pies la transmisión se realiza a 90 kbps, para 400 pies; 1 Mbps y para 50 pies; 10 Mbps. Aunque la norma de RS-485 no dice nada sobre los protocolos, la mayoría de los eslabones usan protocolos asíncronos apoyados por el UART en PC'S y otras computadoras.

ESPECIFICACIONES		RS232	RS423	RS422	RS485
MODO DE OPERACIÓN		SINGLE ENDED	SINGLE ENDED	DIFERENCIAL	DIFERENCIAL
NÚMERO TOTAL DE DRIVER Y RECEPTORES EN UNA LÍNEA (UN DRIVER ACTIVO EN UN TIEMPO PARA REDES RS 485)		1 DRIVER 1 RECEPTOR	1 DRIVER 10 RECEPTORES	1 DRIVER 10 RECEPTORES	32 DRIVER 32 RECEPTORES
LONGITUD MÁXIMA DEL CABLE.		50 ft.	4000 ft.	4000 ft.	4000 ft.
VELOCIDAD MÁXIMA DE LOS DATOS (40ft. - 4000ft. PARA RS422/RS485)		20 kb/s	100 kb/s	10 Mb/s - 100 kb/s	10 Mb/s - 100 kb/s
VOLTAJE DE SALIDA MÁXIMO EN EL DRIVER		+/-25 V	+/-6 V	-0.25 V a +6 V	-7 V a +12 V
NIVEL DE LA SEÑAL DE SALIDA EN EL DRIVER (Loaded Min.)	<i>CARGADO</i>	+/-5 V a +/-15V	+/-3.6 V	+/-2.0 V	+/-1.5 V
NIVEL DE LA SEÑAL DE SALIDA EN EL DRIVER (Unloaded Max)	<i>DESCARGADO</i>	+/-25 V	+/-6 V	+/-6 V	+/-6 V
IMPEDANCIA DE CARGA DEL DRIVER (Ohms)		3 k a 7 k	>= 450	100	54
CORRIENTE MÁXIMA EN EL DRIVER EN ESTADO Z ALTO	<i>ENCENDIDO</i>	N/A	N/A	N/A	+/-100 uA
CORRIENTE MÁXIMA EN EL DRIVER EN ESTADO Z ALTO	<i>APAGADO</i>	+/-6 mA y +/-2v	+/-100 uA	+/-100 uA	+/-100 uA
Slew Rate (Max.)		30 V/uS	Ajustable	N/A	N/A
RANGO DE VOLTAJE DE ENTRADA EN EL RECEPTOR		+/-15 V	+/-12 V	-10 V a +10 V	-7 V a +12 V
SENSIBILIDAD DE ENTRADA DEL RECEPTOR		+/-3 V	+/-200 mV	+/-200 mV	+/-200 mV
RESISTENCIA DE ENTRADA DEL RECEPTOR (Ohms), (UNA CARGA ESTANDAR PARA RS 485)		3 k a 7 k	4 k min.	4 k min.	>= 12k

RS-232

Esta interfaz estándar fue diseñada para dos aparatos de comunicación, cada uno de los cuales usan una fuente de datos y un destinatario. Para la transferencia de datos, son necesarios tres conductores, un conductor de envío (Tx), un conductor de recepción (Rx) y una base común. Las señales de RS-232 son bipolares. Un cero lógico '0' es representado por un voltaje de +12 Volts, un uno lógico '1' por -12 V. La relación de transformación de señales y la interferencia son, por lo tanto, perceptiblemente más grandes que en una interfaz paralela. Esto permite transferir datos sobre grandes distancias sin grandes interferencias. No son recomendables cables de más de 20 metros de largo.

RS-422

Este estándar se utiliza para la comunicación entre un emisor y un receptor. Se requieren cuatro conductores, dos emisores y dos receptores, que se utilizan alternativamente. En este cable, un uno lógico '1' es representado por 5 V en el cable superior (Tx + o Rx +) y 0 V en el cable inferior (Tx - o Rx -), un cero lógico '0' representa lo contrario.

Se usa en situaciones donde se requiere de distancias largas, puede transmitir a una distancia de 1200 m, 100kbit/s, utiliza un driver diferencial, un cable de cuatro conductores, y son diez los receptores que pueden estar en una red multipunto o bus. RS-423 es una variante del driver.

ESQUEMA DE UNA RS-485

En RS-485 se transmite exactamente lo mismo que en una RS-232, por lo que existen en el mercado adaptadores entre las dos normas.

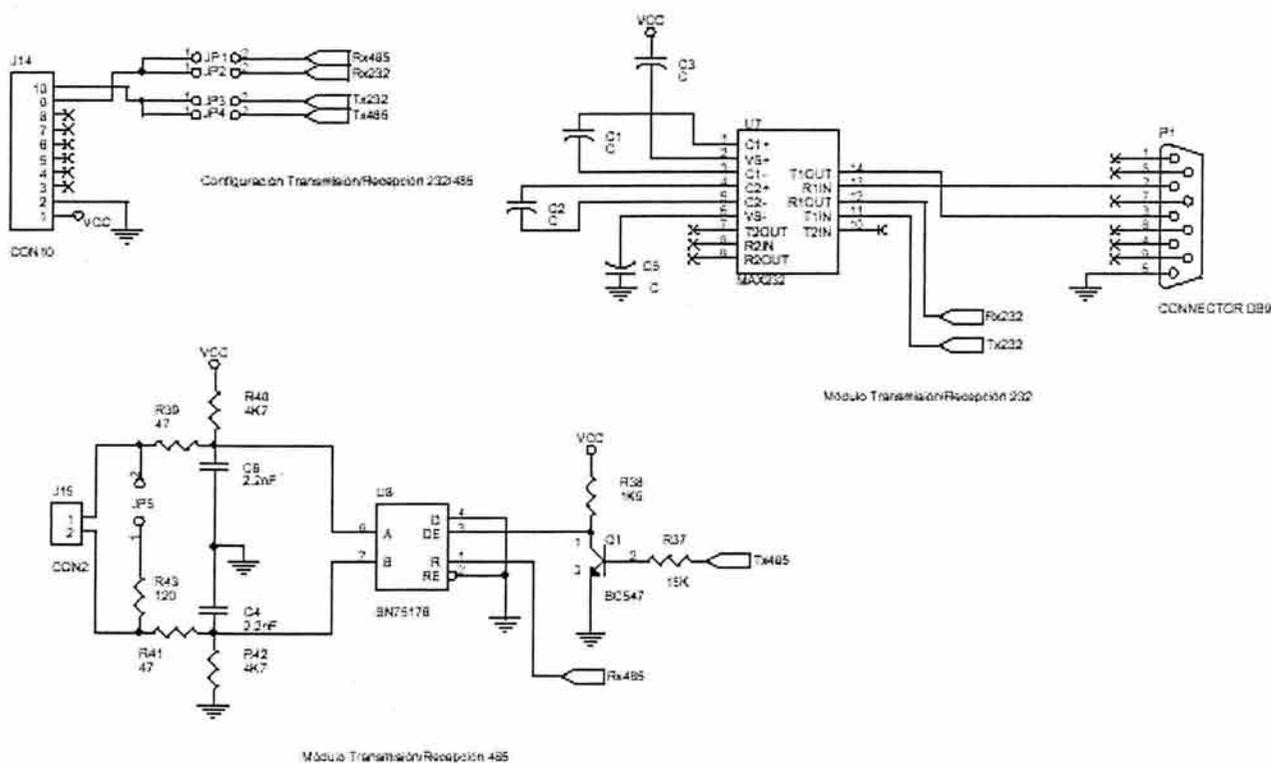


Figura 4.1

Los conductores en esta interfaz se utilizan en operaciones de movimiento recíproco como en RS-422; sin embargo, sólo se necesitan dos cables que funcionan en modo half-duplex. Además, permite el uso de más de un emisor o receptor gracias a un protocolo, así como cables de hasta 1.2 km y transmite a una frecuencia de hasta 1 MBit/s.

RS-485 es como RS-422, donde esta última permite simplemente un driver con receptores múltiples, en tanto que la primera también apoya a los drivers múltiples y receptores, permitiendo a 32 receptores o transmisores en una red multipunto o bús. Los dispositivos son half-duplex (es decir, envía o recibe, pero no ambos al mismo tiempo). Para más nodos o distancias largas, se pueden usar repetidores para regeneran los signos y empezar una nueva línea de RS-485.

Varias normas han evolucionado para reemplazar la norma de RS-232 apoyando los datos más altos, tasa e inmunidad, mayor a la interferencia eléctrica y oferta.

PARÁMETRO	LÍMITE Y UNIDADES
VOLTAJE DEL DRIVER EN CIRCUITO ABIERTO	$\leq 6.0 \text{ V} $
VOLTAJE DE SALIDA EN EL DRIVER CARGADO	$\geq 1.5 \text{ V} $
VOLTAJE DE OFFSET DEL TRANSMISOR	$\leq 200 \text{ mV} $
VOLTAJE DE OFFSET MÁXIMO EN EL DRIVER	3.0 V
TIEMPO DE TRANSICIÓN EN EL DRIVER	$\leq 30\%$
CORRIENTE DEL DRIVER EN CIRCUITO CORTO	$\leq 250 \text{ mA} $
ENTRADAS DEL RECEPTOR	$\pm 200 \text{ mV}$
CORRIENTE DE ENTRADA MÁXIMA EN EL BUS	$\leq 1.0 \text{ mA} / \leq 0.8 \text{ mA}$
UNIDAD MÁXIMA DE CARGAS	32

BÚS RS-485 Y CONTROL DE LA TRANSMISIÓN

El bus RS-485 presenta un gran número de ventajas respecto a RS-232:

- Permite comunicaciones multipunto de hasta 256 nodos, a diferencia de la comunicación punto a punto de RS-232 que sólo permite comunicar dos estaciones.
- Permite aumentar la distancia de comunicación hasta más de 1000 metros (dependiendo de la velocidad de transmisión).
- Permite velocidades de comunicación mucho más altas que RS-232, llegando hasta 10 Mbits/s.
- Mayor inmunidad al ruido.

El medio físico consiste en un par trenzado (apantallado o no) cuyos hilos se denominan 485+/485- (aunque también se suelen denominar $T_x +/T_x -$ o A/B). Un uno lógico '1' se traduce en el bus en una diferencia de potencial positiva entre 485+ y 485 - mayor de 0.2 V (típicamente 1.5 V), y de forma recíproca, un cero lógico '0' establece una diferencia de potencial negativa entre 485 + y 485 -. Este bús es un medio compartido half-duplex en el que las estaciones no pueden transmitir y recibir datos al mismo tiempo. Los nodos deben habilitar sus drivers de transmisión solamente cuando han de transmitir datos, y deshabilitarlos posteriormente para dejar el bús libre y que el resto de los nodos puedan transmitir. La señal que controla la habilitación de la transmisión es el Request To Send o RTS.

En la naturaleza, la transmisión de las líneas es diferencial. Hay dos líneas "A" y "B", siendo el driver quien genera los voltajes complementarios en A y B. como se muestra la Figura 4.2a. V_{0A} es bajo, V_{0B} es alto; cuando el primero es alto, el último es bajo. La mayoría de las partes físicas también tienen la habilidad de tristate en ambos A y B. Los signos A y B son complementarios, pero esto no implica que un 1 en el signo, es un retorno actual para el otro (A y B a veces son etiquetado como "-" y "+").

Los drivers y receptores deben compartir una tierra común. Los receptores se diseñan para que respondan a la diferencia entre A y B. V_0 es el voltaje diferencial. Los receptores deben ser sensibles a 200 mV diferencia entre

V_{0A} y V_{0B} . Algo menor de 200 mV es indeterminado. La proporción de los datos debe comercializarse fuera de la longitud del cable. La actuación variará dependiendo del tipo del cable, la terminación, drivers y receptores usados.

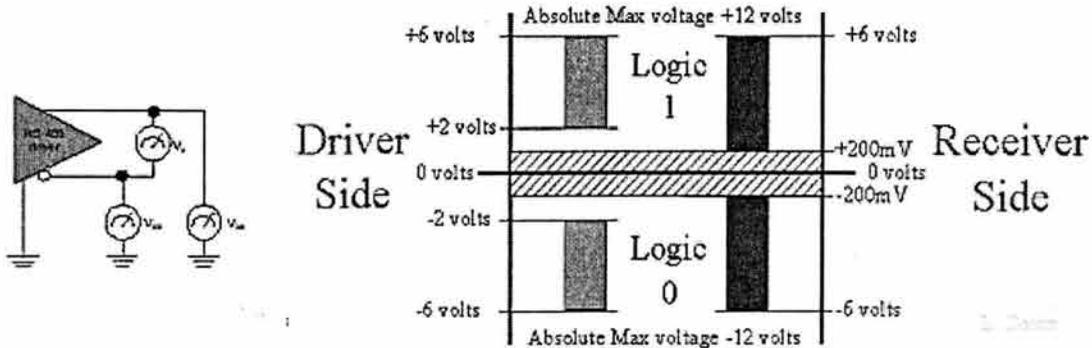


Figura 4.2a

Figura 4.2b

RS-485 es usada para comunicaciones multipunto, más dispositivos pueden conectarse a un solo cable señalado, similar a las redes ETHERNET que usa cable coaxial. La mayor parte de los sistemas RS-485 usan arquitectura Maestro/Esclavo donde cada unidad de esclavo tiene una única dirección y solamente responde a paquetes dirigidos a esta unidad. Estos paquetes son generados por el maestro (por ejemplo una PC), que periódicamente registra los votos de todas las unidades esclavo conectadas.

CARACTERÍSTICAS DEL PUERTO RS-485 Y SUS FORMAS DE CONEXIÓN

RS-485 define un método de transmisión y recepción de información en el que varios dispositivos comparten el mismo cable. Existen dos variantes en la implementación de RS-485.

- Cuatro hilos: En esta variante existe un nodo o equipo "maestro" y todos los demás son considerados "esclavos", en cuanto a que sólo pueden responder al nodo maestro.
- Dos hilos: Cada nodo (equipo conectado) tiene la misma jerarquía. Puede recibir y transmitir información desde y hacia cualquier otro nodo. Para lograr esto, el transmisor y el receptor comparten el mismo cable de comunicación.

La transmisión se hace en modo diferencial, esto es; el receptor opera midiendo la diferencia de potencial entre dos cables. Si esta diferencia es positiva, se considera que hay un uno lógico '1', mientras que si es negativa se considera que hay un cero lógico '0'.

Para asegurar una señal limpia, el estándar RS-485 especifica resistencias de terminación en ambos extremos del cable que une los nodos. En teoría, el valor de la resistencia de terminación debe ser igual al valor de la impedancia característica del cable de comunicación empleado. En la práctica casi siempre se utilizan resistencias de terminación de 100 ohms (valor que de cualquier manera está cerca de la impedancia típica de un cable trenzado), debido a que no son críticas para su operación a baja velocidad. Para entender esto hay que considerar que el estándar RS-485 está definido para operar hasta 10 Megabits por segundo.

Otro factor a considerar es que en una red RS-485 de dos hilos sólo puede haber como máximo un nodo transmitiendo a la vez y frecuentemente no hay ninguno. En este caso, las resistencias de terminación obligan a que en ambos cables de comunicación exista el mismo voltaje, quedando los receptores en un estado indeterminado, ya que la diferencia de voltaje que reciben es cero. Para evitar esto existen dos enfoques:

- Polarizar la línea de comunicación forzando una diferencia de potencial cuando no hay ningún transmisor habilitado en la red.
- Utilizar un circuito de detección que indique si hay actividad en la red, y solo si tal circuito lo indica, aceptar la información recibida. En caso contrario, la información se desecha.

El enfoque de polarización, se da en dos variantes:

1. Polarización en un solo punto: Para este caso se elige un nodo conectado a la red como el nodo polarizador. En este nodo se habilitan dos resistencias con un valor típico de 560 ohms que fuerzan en el cable positivo un potencial más alto que en el negativo.
2. Polarización multipunto: En este caso cada nodo posee resistencias de polarización, aunque éstas son típicamente de 4.7 kΩ, un valor más alto que en la variante anterior. Para polarizar correctamente una red con este valor de resistencia se requiere de un mínimo de ocho nodos.

Hay que hacer notar que normalmente los diferentes enfoques y variantes son compatibles entre sí. Es posible mezclar equipos con detector de actividad (sin polarizar) con equipos que polarizan el cable (lo único que pasa es que el circuito detector estará permanentemente habilitado). De forma similar es posible mezclar equipos con polarización de un solo punto y multipunto, aunque en este último caso habrá que realizar un cálculo para determinar la resistencia efectiva de polarización.

RS-232 está desequilibrado mientras RS-422/RS-485 no lo están. Un signo desequilibrado se representa por un solo alambre señalado, donde un nivel de voltaje en ese alambre enviado por el transmisor/receptor como binario, '1' y '0'; esto puede ser considerando un empujón al driver señalado. Por otro lado, un signo equilibrado se representa por un par de alambres dónde una diferencia de voltaje es enviada al transmisor/receptor como información binaria. Para abreviar, en el voltaje desequilibrado los cambios del signo son nivelados más lentamente y más cortos que un signo de diferencia de voltaje equilibrado.

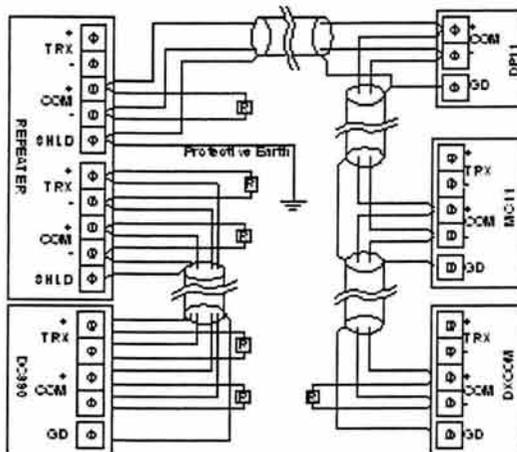


Figura 4.3 Detalles del alambrado para RS-485

Los signos en los dos alambres de un sistema equilibrado están idealmente opuestos.

TRANSMISIÓN DE DATOS NORMAL

El estándar RS-485 permite una línea de transmisión equilibrada a ser compartida en una línea o modo multipunto. Tantos como 32 pares de driver/receptor pueden compartir una red multidrop. El rango del voltaje de modo común V_{cm} , que el driver y el receptor pueden tolerar esta extendido de +12 V hasta -7 V. Desde entonces, el driver puede ser desconectado o tristated² de la línea, debe de resistir este rango de voltaje de modo común mientras este en la condición del tristate. La figura 4.4 muestra una red multipunto típica de dos alambres.

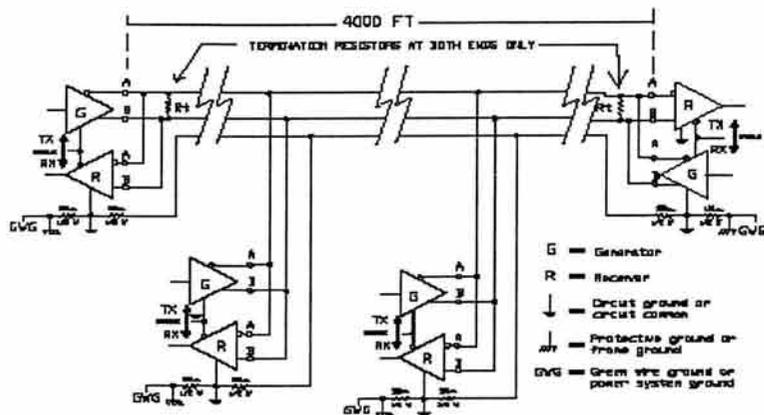


Figura 4.4 Red multipunto de dos alambres

Una red de RS-485 también puede ser conectada en un modo de cuatro alambres como lo muestra la figura 4.5. En una red de cuatro alambres es necesario que un nodo sea el maestro y todos los demás sean esclavos. La red se conecta para que el nodo maestro comunique a todos los nodos esclavos. Todos los nodos esclavos solamente se comunican con el nodo maestro. Esta red tiene algunas ventajas con equipo de comunicaciones que utilizan protocolo mixto. Desde los nodos esclavos, no se escucha la respuesta de otro esclavo hacia el maestro, un nodo esclavo no puede responder incorrectamente a otro nodo esclavo.

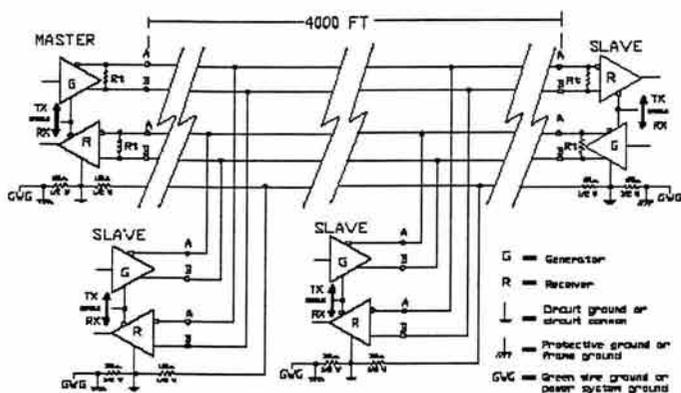


Figura 4.5 Red multipunto de cuatro alambres

LOS DRIVERS DE LA LÍNEA EQUILIBRADOS

En un sistema diferencial equilibrado, el transmisor genera un voltaje entre 2 y 7 V (aprox.) entre las salidas A y B. Si bien el transmisor y receptor están conectados también con un alambre como tierra (GND), nunca es usado para determinar los niveles de lógica en los alambres de AB. Esto implica la tolerancia mencionada anteriormente de

² : El término de "tristate" viene del hecho que hay un tercer estado de rendimiento de un driver de RS-485, además de los estados de rendimiento de "1" y "0".

diferentes posibles tierras para el transmisor y el receptor. Los transmisores RS-485 tienen una habilitación en la entrada, que permiten poner los rendimientos al estado de impedancia alta, además de varios dispositivos para compartir un solo TP. El nivel de voltaje de la mayoría de los transmisores del mercado es 0 y 5 V. Cuando esta en ocio, hay +5 V en el punto B y 0 V en A.

Los receptores de RS-422/485 reaccionan entre la diferencia de voltaje en la terminal A y entradas de B. Si V_{AB} es mayor que 200 mV, un nivel de la lógica se define en el rendimiento del receptor. Para V_{AB} menor de 200 mV, el nivel de la lógica está opuesto.

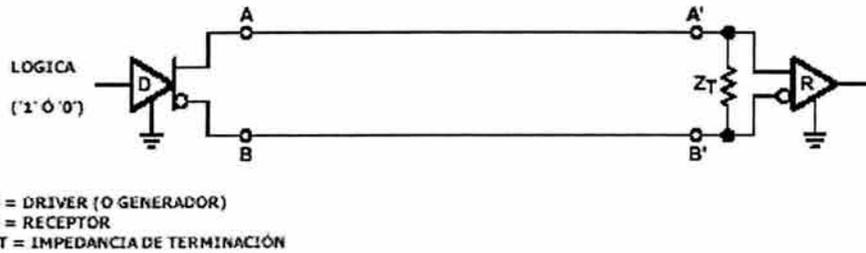


Figura 4.6 Transmisión de datos equilibrados

RECEPTORES DE LÍNEA EQUILIBRADOS

Un receptor de línea diferencial equilibrado proporciona el estado de voltaje de la línea de transmisión a través de dos líneas de entrada señaladas, A y B. Además tiene una tierra señalada (c), que es necesaria, haciendo la conexión de la interfaz propia. La Figura 4.7 es un símbolo esquemático para un receptor de línea diferencial equilibrada. A la vez, muestra los voltajes que son importantes para el receptor de línea equilibrado. Si el voltaje de entrada diferencial V_{AB} es más grande que +200 mV el receptor tendrá un estado lógico específico en la terminal de salida. Si el voltaje de entrada esta invertido a menos de -200 mV el receptor creará un estado lógico opuesto en la terminal de salida. El rango de 200 mV a 6 V, es requerido para permitir la atenuación en la línea de transmisión.

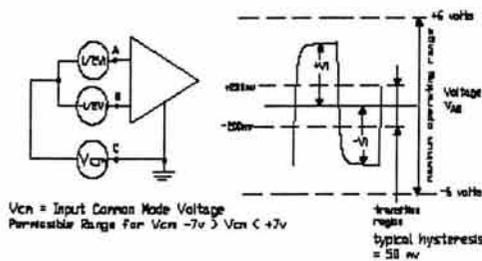


Figura 4.7 Receptor de línea equilibrado

TRANSMISOR Y RECEPTOR

La red más simple es un transmisor y un receptor, figura 4.8. En este ejemplo, una resistencia de terminación se muestra en el extremo del transmisor del cable. Aunque innecesario aquí, probablemente es un hábito bueno para diseñar en ambas resistencias de terminación. Esto permite mover el transmisor a otras situaciones en el extremo lejano y agregar transmisores adicionales a la red si es necesario.

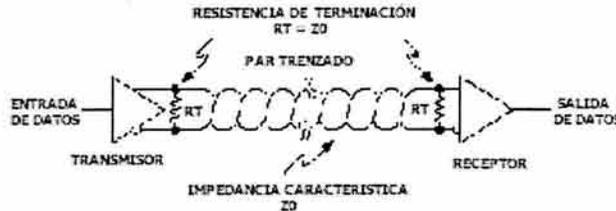


Figura 4.8

UN TRANSMISOR Y MÚLTIPLES RECEPTORES

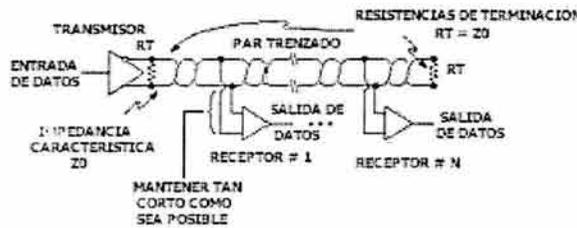


Figura 4.9

Aquí, es importante que exista una distancia pequeña entre el par trenzado y los receptores.

DOS TRANSCPTORES

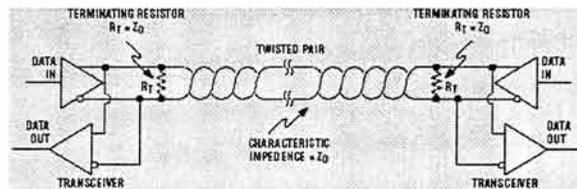


Figura 4.10

MÚLTIPLES TRANSCETORES

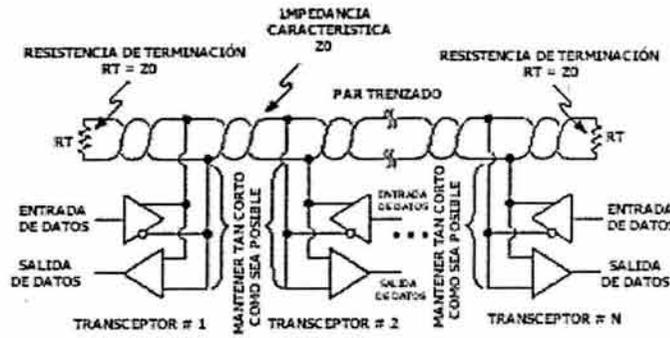
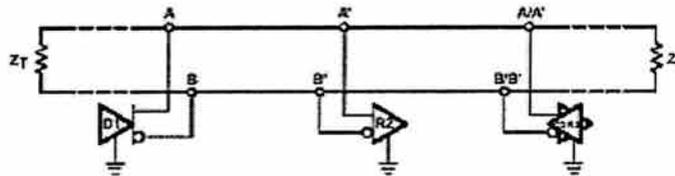


Figura 4.11

Como en el caso de un transmisor y múltiples receptores, es importante mantener una distancia corta entre el par trenzado y los receptores.



- A D1 = DRIVER
- B D3/R3 = TRANSCETPOR
- C R2 = RECEPTOR
- D ZT = IMPEDANCIA DE TERMINACIÓN
- E HASTA 32 ULS (RECEPTOR, DRIVER (ESTADO APAGAO), TRANSCETPOR)

Figura 4.12 Circuito de

interfaze digital con voltaje balanceado.

CONTROL DE TRISTATE DE UN DISPOSITIVO DE RS-485 QUE USA RTS

Un sistema de RS-485 debe tener un driver que pueda ser desconectado de la línea de transmisión cuando un nodo particular no este transmitiendo. En una RS-232 se utiliza un conversor de RS-485, esto para que el RTS pueda llevar a cabo el control del signo de un puerto serie asíncrono, habilitando el driver de RS-485. La línea de RTS se conecta al driver de RS-485 que habilita con un alto ('1' lógico) el estado de este último. Poniendo el RTS en bajo ('0' lógico) pone al driver en la condición de tristate. Esto en efecto desconecta al driver del bus, mientras que permite a otros nodos transmitir en el mismo alambre. Cuando se vaya a usar el mando de RTS, es importante que este en alto antes de que el dato se envíe. También, la línea de RTS debe ponerse en bajo después de que el último pedazo de los datos se envíe. Esto cronometrado se hace por medio del software quien controla el puerto serie y no por el conversor.

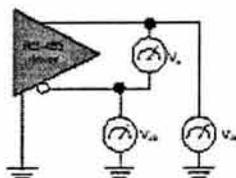
Cuando una red de RS-485 se conecta en dos alambres multipunto, el receptor se conectará a cada nodo de la línea. El receptor puede configurarse a menudo para recibir un eco de su propia transmisión de los datos. Esto es deseable en algunos sistemas, y molesto en otros.

Oficialmente la especificación de RS-485 permite sólo 32 nodos (dispositivos) en LAN. Sin embargo, los fabricantes I.C. han desarrollado drivers de RS-485 capaz de permitir de 128 a 255 nodos en una RS-485 LAN.

Cuando la necesidad de una red es transferir bloques pequeños de información en distancias largas, RS-485 es a menudo una interfaz de opción. Los nodos de la red pueden ser PC's, microcontroladores, o cualquier dispositivo capaz de realizar comunicaciones serie asíncronas. Comparado a Ethernet y a otras redes de interfaces, el hardware de RS-485 y los requisitos protocolares son más simples y más baratos.

La norma de RS-485 es bastante flexible para proporcionar una opción de drivers, receptores y otros componentes dependiendo de la longitud del cable, datos a transmitir, número de nodos, y la necesidad de poder conservar las entradas.

Dos maneras de agregar RS-485 a una PC es mediante una tarjeta de expansión o un conversor de RS-485 a un puerto existente. Los conversores para RS-232 están extensamente disponibles y viceversa. Se puede conectar un transceptor de RS-485 a cualquier puerto serie asíncrono.



The relationship between V_1 , V_2 , V_3 , and V_4 is carefully spelled out in TIA/EIA-485-A.

Figura 4.12

TIPOS DE CABLES

Al escoger una línea de transmisión para RS-485, es necesario examinar la distancia requerida del cable y los datos del sistema.

SELECCIÓN DEL CABLE PARA RS-485

La selección en un sistema de RS-485 no es difícil, sin embargo, debe tenerse el cuidado, porque los problemas intermitentes causados por el cable marginal pueden ser muy difíciles de arreglar.

Más allá de los rasgos obvios, como el número de conductores y medida del alambre, las características técnicas del cable incluyen un manojó de condiciones menos intuitivas.

- *Impedancia característica* (Ohms): valor basado en conductancia inherente, resistencia, capacitancia e inductancia de un cable que representa la impedancia de un cable infinitamente largo. Cuando el cable se corta a cualquier longitud y termina con esta impedancia característica, las dimensiones del cable serán idénticas a valores obtenidos del cable de longitud infinita. Es decir, que la terminación del cable con esta impedancia da la apariencia de ser la longitud infinita al cable, mientras no permite ninguna reflexión del signo transmitido. Si la terminación se requiere en un sistema, el valor de la impedancia de terminación debe emparejar la impedancia característica del cable.

- *Desviación Capacitiva* (pF/ft): cantidad de capacitancia equivalente a la carga del cable. Uno de los factores que limitan la longitud del cable total es la carga del capacitor. En los sistemas de longitudes largas benefician usar el cable de capacitancia baja.

- *Velocidad de la propagación* (% de c): velocidad a la que viajan las señales eléctricas en el cable. El valor dado típicamente debe multiplicarse por la velocidad de luz (c) para obtener unidades de metros por segundo.

La especificación de RS-422 recomienda 24AWG cable de par trenzado con una desviación capacitiva de 16 pF por pie y 100 ohms de impedancia característica. Mientras la especificación de RS-485 no especifica un cable.

Puede ser difícil cuantificar si se requiere el blindaje en un sistema particular o no, hasta que los problemas se levanten.

Hay muchos cables disponibles en las recomendaciones de RS-422 y RS-485. Otra opción es el cable, normalmente llamado categoría 5, definido por la especificación EIA/TIA/ANSI 568. Es extensamente disponible y muy barato, tiene una capacitancia máxima de 17 pF/ft (14.5 pF típico) e impedancia característica de 100 ohms.

La categoría 5 está disponible como par trenzado blindado (STP) así como UTP y generalmente excede las recomendaciones para RS-422 que le hace una opción excelente para RS-422 y sistemas de RS-485.

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE

Al escoger una línea de la transmisión para RS-422 o RS-485, es necesario examinar la distancia requerida del cable y la velocidad de los datos del sistema. El estándar EIA 422-A presenta una curva empírica que relaciona la longitud del cable a una velocidad de los datos para un cable telefónico par trenzado 24 AWG que tiene una desviación capacitiva de 16 pF/ft y es terminada en 100 ohms (vea Figura 4.14). Esta curva esta basada en los requerimientos de calidad señalados de:

- a) velocidad señalada y el tiempo de caída igual a, o menor que, un medio intervalo unitario que es aplicable a la velocidad de modulación.
- b) La pérdida máxima de voltaje entre driver y carga de 6 dB.

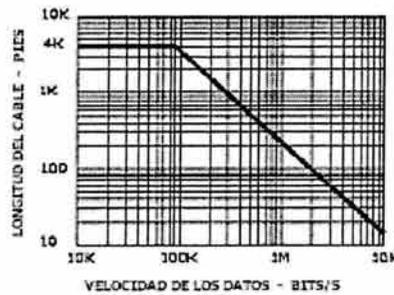


Figura 4.14

Las pérdidas en una línea de transmisión son una combinación de pérdidas de CA (el efecto superficial), pérdida del conductor de DC, goteo, y pérdidas de CA en el dieléctrico. En el cable de alta calidad, las pérdidas del conductor y las pérdidas del dieléctrico están en el mismo orden de magnitud. La figura 4.15 muestra la atenuación contra la frecuencia para tres cables diferentes de Belden.

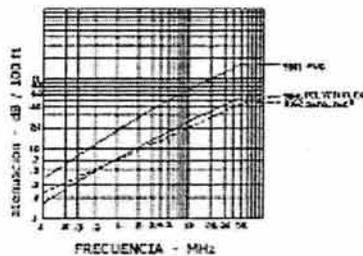


Figura 4.15

La selección del cable para sistemas RS-422 y RS-485 es a menudo abandonada. La atención a unos detalles en el proceso de selección puede prevenir la perspectiva costosa de retirar miles de pies de cable.

TOPOLOGÍAS

RS-485 permite conectar los nodos de la red multipunto a un solo cable. El cable debe instalarse para pasar cerca de cada nodo. Los talones (cables que unen el nodo al cable) o estrellas no se permiten. Si se requieren talones o estrellas entonces debe instalarse un repetidor para manejar el talón o segmento de la estrella.

La longitud máxima de una sola carrera del cable es 1200 metros.

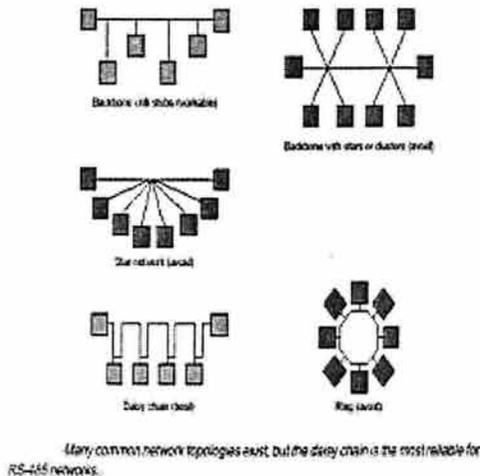


Figura 4.16

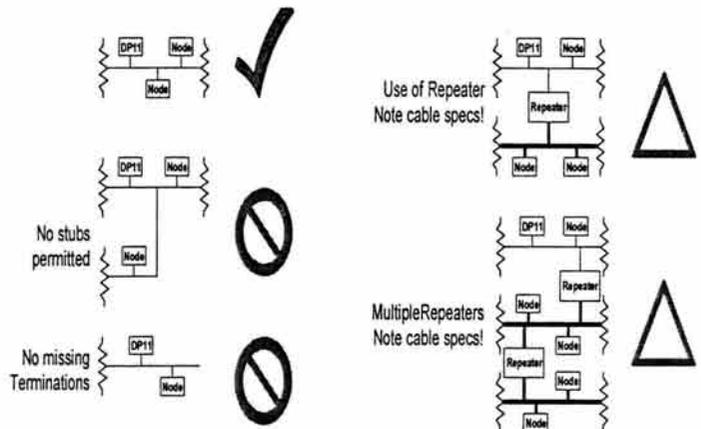


Figura 4.17

TERMINACIÓN

La terminación se usa para emparejar la impedancia de un nodo con la impedancia de la línea de transmisión a usar. Cuando la impedancia no es igual, el signo transmitido no se absorbe completamente por la carga y una porción se refleja atrasada en la línea de transmisión. Si la fuente, línea de transmisión e impedancia de carga son iguales estas reflexiones se eliminan. Hay desventajas de terminación también. La terminación aumenta la carga en los drivers, incrementando complejidad en la instalación, cambios que forzan requisitos y más dificultades en la modificación de sistema realizado.

La decisión de usar o no la terminación se basan en la longitud del cable y la proporción de los datos usados por el sistema. Por ejemplo, en un sistema con 2000 pies de línea de datos, el retraso de la propagación puede calcularse multiplicando la longitud del cable por la velocidad de propagación del cable.

Hay varios métodos de terminar las líneas de datos. Una resistencia se agrega en paralelo con el receptor y las líneas "A" y "B", en orden para emparejar la línea de datos con la impedancia característica especificada por el fabricante del cable (120 ohms. es un valor común). Este valor describe la impedancia intrínseca de la línea de la transmisión y no es función de la longitud de la línea. Una resistencia de terminación menor de 90 ohms no deben usarse. Sólo deben ponerse las resistencias de la terminación a los extremos de la línea. Este tipo de terminación agrega DC que carga al sistema y cargar excesivamente el puerto RS-232 a los conversor de RS485. Otro tipo de terminación, el CA acopló la terminación, agrega un condensador pequeño en la serie con la resistencia de la terminación, elimina la DC del efecto cargante. Aunque este método elimina la DC, la selección del condensador es muy dependiente en las propiedades del sistema.

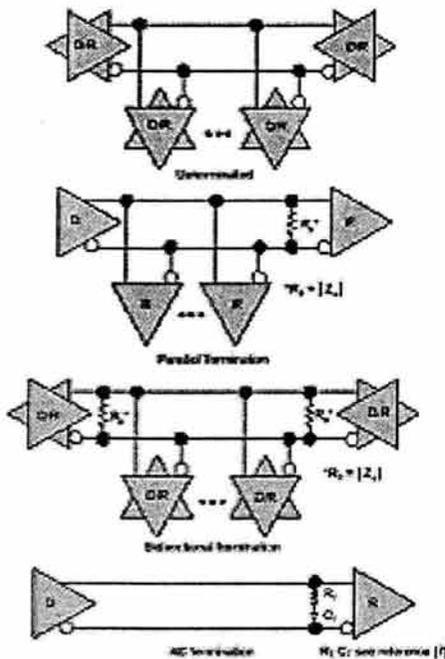


Figura 4.18 Tipos de terminación de redes con RS-485

EL AISLAMIENTO DEL CABLE

El cable de comunicación no debe correrse en bandejas de cable que llevan la instalación eléctrica de poder ni en la proximidad íntima para impulsar la instalación eléctrica. Las ondas actuales en la instalación eléctrica de poder pueden causar daño al equipo.

TIERRA Y CONEXIONES DE TIERRA

El conectando con tierra y las conexiones del aterrizado en RS-485 proporcionan dos funciones separadas. El primero se relaciona a la seguridad y el segundo para establecer un voltaje de referencia.

SEGURIDAD

RS-485 cablegrafía que la pantalla deba unirse en un momento dado sólo al sistema de tierra proteccionista de un edificio.

La pantalla del cable debe ser eléctricamente continua a lo largo de la carrera del cable.

VOLTAJE DE REFERENCIA

La pantalla del cable de RS-485 establece un voltaje de referencia para RS-485. Por esta razón el escudo del cable debe conectarse a la referencia para cada nodo en la red.

Desde un punto de vista de la red, las estaciones del esclavo no tienen ningún medio de empezar la comunicación sin un riesgo de colisión, ellos necesitan ser asignados para transmitir por la estación del "amo". La asignación se hace centralmente vía agrupar, donde la central (amo) periódicamente les pregunta a todos los esclavos si ellos tienen datos a transmitir. En ese caso, la estación cuestionada envía los datos inmediatamente. Por otra parte, sólo contesta con un paquete de confirmación, o no contesta en absoluto. Este método es bueno para los sistemas de multipunto con el número más pequeño de estaciones de esclavos (aprox. 100). Para más estaciones, la contestación sería demasiado lenta. Claro esta, que los requisitos del sistema individuales necesitan ser considerados.

En sistemas donde el "amo" no tiene ninguna función de prioridad debido a otros factores (por ejemplo, el número grande de estaciones con la frecuencia baja de traslados de los datos), pueden usarse los métodos de acceso

diferentes. Por ejemplo, el método de acceso de azar ALOHA. Aquí, cualquier estación envía sus datos sin tener en cuenta el estado de cauce de traslado. Si ocurre una colisión, la estación no recibe una confirmación y repite la transmisión. Con RS-485, los transmisores pueden "escuchar" al mismo tiempo el estado del cauce, el método de ALOHA puede mejorarse por un "portador". En este caso, las estaciones empiezan solo la transmisión si el cauce está ocioso. Ambos métodos requieren un protocolo de traslado esencialmente con el descubrimiento del error.

En cualquier transmisión de datos, incluso en RS-485, no hay ninguna garantía que un paquete transmitido sea recibido con éxito. Las colisiones pueden ocurrir; la interferencia, la longitud del cable, etc., causan también los errores. Es aconsejable para el software de comunicación tener en cuenta tales situaciones. En el método de la asignación central es útil para las estaciones del esclavo enviar un paquete de la contestación con la información del último paquete que recibió. Están disponibles varias opciones, la opción depende del uso individual.

PROTOCOLO MODBUS RTU

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc. Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos. No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

ESTRUCTURA DE LA RED

MEDIO FÍSICO

El medio físico de conexión puede ser un bus half-duplex; RS-485 o fibra óptica o dúplex; full- duplex, RS-422 o fibra óptica.

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19,200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

ACCESO AL MEDIO

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra. Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: Una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento).
- Mensajes difundidos: Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

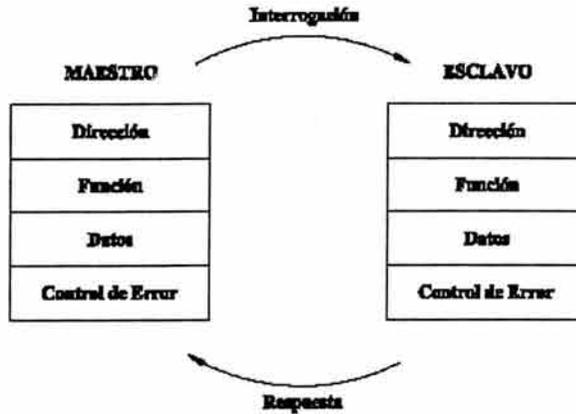


Figura 4.19

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura 4.20. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16. Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:

(3AH)	Nº ESCLAVO (00-3F H)	CÓDIGO DE OPERACIÓN	SUBFUNCIONES DATOS	LCR (15) L H	CR	LF
-------	----------------------	---------------------	--------------------	-----------------	----	----

CODIFICACIÓN ASCII

Nº ESCLAVO (00-3F H)	CÓDIGO DE OPERACIÓN	SUBFUNCIONES DATOS	CRC(15) L H
----------------------	---------------------	--------------------	----------------

CODIFICACIÓN RTU

Figura 4.20

Número de esclavo (un byte):

Permite direccionar máximo 63 esclavos con direcciones que van del 01H hasta 3FH. El número 00H se reserva para los mensajes difundidos.

Código de operación o función (un byte):

Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:

- Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
- Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.)

La tabla 4.1 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

MODO ASCII

Cuando los controladores se configuran para comunicar en una red Modbus según el modo ASCII (American Standard Code for Information Interchange), cada byte (ocho bits) en un mensaje se envía como dos caracteres ASCII. La principal ventaja de este modo es que permite intervalos de tiempo de hasta un segundo entre caracteres sin dar lugar a error.

El formato para cada byte en modo ASCII es:

- **Sistema de codificación:** Hexadecimal, caracteres ASCII 0-9, A-F. Un carácter hexadecimal contenido en cada carácter ASCII del mensaje.
- **Bits por byte:** un bit de arranque.
siete bits de datos, el menos significativo se envía primero.
un bit para paridad Par o Impar; ningún bit para no paridad.
un bit de paro si se usa paridad; dos bits si no se usa paridad.
- **Campo de Comprobación de error:** Comprobación Longitudinal Redundante (LRC).

MODO RTU

Cuando los controladores son configurados para comunicar en una red Modbus usando el modo RTU (Remote Terminal Unit), cada byte de 8 bits en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de carácter permite mejor rendimiento que el modo ASCII para la misma velocidad. Cada mensaje debe ser transmitido en un flujo continuo.

El formato para cada byte en modo RTU es:

- **Sistema de codificación:** Binario ocho bits, hexadecimal 0-9, A-F. Dos dígitos hexadecimales contenidos en cada campo de ocho bits del mensaje.
- **Bits por byte:** un bit de arranque.
ocho bits de datos, el menos significativo se envía primero.
un bit para paridad Par o Impar; ningún bit para no paridad.
un bit de paro si se usa paridad; dos bits si no se usa paridad.
- **Campo de Comprobación de error:** Comprobación Cíclica Redundante (CRC).

Modo ASCII					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
:	2 bytes	2 bytes	N x 2 bytes	2 bytes	CR + LF

Modo RTU					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
Tiempo de 3 bytes	1 bytes	1 bytes	N x 1 bytes	2 bytes	

Figura 4.21

TRAMA ASCII

En modo ASCII, los mensajes comienzan con un carácter (:) 'dos puntos' (ASCII 3A hex) y terminan con un par de caracteres (CRLF) 'Retorno de Carro + Avance de Línea' (ASCII 0D hex y 0A hex). Los caracteres a transmitir permitidos para todos los demás campos son 0-A, A-F hexadecimal. Los dispositivos conectados en red monitorizan el bus de red continuamente para detectar un carácter 'dos puntos'. Cuando se recibe, cada dispositivo decodifica el próximo campo (el campo de dirección) para enterarse si es el dispositivo direccionado.

Pueden haber intervalos de hasta un segundo entre caracteres dentro del mensaje. Si transcurre más tiempo entre caracteres, el dispositivo receptor asume que ha ocurrido un error.

Se muestra debajo una trama de mensaje típica.

ARRANQUE	DIRECCIÓN	FUNCIÓN	DATOS	COMPROBACIÓN LRC	FINAL
1 CARÁCTER	2 CARACTERES	2 CARACTERES	N CARACTERES	2 CARACTERES	2 CARACTERES CRL

Figura 4.22 Trama de mensaje ASCII

TRAMA RTU

En modo RTU, los mensajes comienzan con un intervalo silencioso de al menos 3.5 tiempos de caracter. Esto es, implementado más fácilmente como un múltiplo de tiempos de caracter a la velocidad de transmisión configurada en la red (mostrado como T₁-T₂-T₃-T₄ en la figura 4.23).

El primer campo transmitido es entonces la dirección del dispositivo destinatario.

Los caracteres a transmitir permitidos para todos los campos son 0-A, A-F hexadecimal.

Los dispositivos conectados en red monitorean el bus de red continuamente incluso durante los intervalos ‘silenciosos’. Cuando es recibido el primer campo (el campo de dirección), cada dispositivo lo decodifica para enterarse si es el dispositivo direccionado. Siguiendo al último caracter transmitido, un intervalo de al menos 3.5 tiempos de caracter señala el final del mensaje. Puede empezar un nuevo mensaje después de este intervalo. La trama completa del mensaje debe ser transmitida como un flujo continuo. Si tiene lugar un intervalo silencioso de más de 1.5 tiempos de caracter antes de completar la trama, el dispositivo receptor desecha el mensaje incompleto y asume que el próximo byte será el campo de dirección de un nuevo mensaje.

De forma similar, si un nuevo mensaje comienza antes de que transcurran 3.5 tiempos de caracter después de un mensaje previo, el dispositivo receptor lo considerará una continuación del mensaje previo. Esto dará lugar a un error, ya que el valor en el campo final CRC no será válido para el mensaje combinado. Debajo se muestra una trama de mensaje típica.

ARRANQUE	DIRECCIÓN	FUNCIÓN	DATOS	COMPROBACIÓN CRC	FINAL
T1-T2-T3-T4	8 BITS	8 BITS	N*8 BITS	16 BITS	T1-T2-T3-T4

Figura 4.23 Trama del mensaje RTU

CAMPO DE SUBFUNCIONES/DATOS (N BYTES)

Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

Palabra de control de errores (dos bytes).

En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación (‘checksum’) del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo mostrado en la figura 4.21.

FUNCIONES BÁSICAS Y CÓDIGOS DE OPERACIÓN.

FUNCIÓN	CÓDIGO	TAREA
0	00 B	CONTROL DE ESTACIONES ESCLAVAS
1	01 B	LECTURA DE n BITS DE SALIDA
2	02 B	LECTURA DE n BITS DE ENTRADA
3	03 B	LECTURA DE n PALABRAS DE SALIDA
4	04 B	LECTURA DE n PALABRAS DE ENTRADA
5	05 B	ESCRITURA DE 1 BIT
6	06 B	ESCRITURA DE UNA PALABRA
7	07 B	LECTURA RAPIDA DE 8 BITS
8	08 B	CONTROL DE CONTADORES
9	09 B	NO UTILIZADO
10	0A B	NO UTILIZADO
11	0B B	CONTROL DE CONTADORES
12	0C B	NO UTILIZADO
13	0D B	NO UTILIZADO
14	0E B	NO UTILIZADO
15	0F B	ESCRITURA DE n BITS
16	10 B	ESCRITURA DE N PALABRAS

Tabla 4.1

Función 0:

Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de programas de usuario del autómat. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bytes del campo de datos. La trama resultante es la representada en la figura 4.22 y la interpretación de los códigos de subfunción se especifica en la tabla 4.2.

CODIGO SUBFUNCIÓN		DATOS SUBFUNCIÓN		TAREA
SPO	SF	D0	D1	
00 H	00 H	00 H	00 H	PARO DEL ESCALVO SIN INICIAR
00 H	01 H	00 H	00 H	MARCHA DEL ESCLAVO SIN INICIAR
00 H	02 H	00 H	00 H	MARCHA E INICIALIZACIÓN DEL ESCLAVO
00 H	03 H	00 H	XX H	LECTURA DE SECUENCIA XX
00 H	04 H	YY H	XX H	CARGA DE UNA SECUENCIA DEL PROGRAMA

Tabla 4.2

CONTENIDO DEL CAMPO DE DATOS

El campo datos se construye utilizando conjuntos de dos dígitos hexadecimales, en el rango de 00 a FF hexadecimal. Pueden formarse a partir de un par de caracteres ASCII o desde un carácter RTU, de acuerdo al modo de transmisión serie de la red.

El campo datos de los mensajes enviados desde un maestro a un esclavo, contiene información adicional que el esclavo debe usar para tomar la acción definida por el código de función. Esto puede incluir partes como direcciones discretas y de registros, la cantidad de partes que han de ser manipuladas y el cómputo de bytes de datos contenidos en el campo.

Por ejemplo, si el maestro solicita a un esclavo leer un grupo de registros mantenidos (código de función 03), el campo de datos especifica el registro de comienzo y cuántos registros han de ser leídos. Si el maestro escribe sobre un grupo de registros en el esclavo (código de función 10 hexadecimal), el campo datos especifica el registro de comienzo, cuántos registros escribir, el cómputo de bytes de datos que siguen en el campo datos y los datos que se deben escribir en los registros. Si no ocurre error, el campo datos de una respuesta desde un esclavo al maestro contiene los datos solicitados. Si ocurre un error, el campo contiene un código de excepción que la aplicación del maestro puede utilizar para determinar la próxima acción a tomar.

El campo datos puede ser inexistente (de longitud cero) en ciertos tipos de mensajes. Por ejemplo, en una petición de un dispositivo maestro a un esclavo para que responda con su anotación de eventos de comunicación (Código de función 0B hexadecimal), el esclavo no requiere ninguna información adicional. El código de función por sí solo especifica la acción.

CONTENIDO DEL CAMPO COMPROBACIÓN DE ERROR

Dos tipos de métodos de comprobación de error son utilizados para las redes Modbus estándar. El contenido del campo Comprobación de Error depende del método que esté siendo utilizado.

ASCII

Cuando el modo ASCII es usado para trama de carácter, el campo Comprobación de Error contiene dos caracteres ASCII. Los caracteres de comprobación de error son el resultado de un cálculo Comprobación Longitudinal Redundante (LRC) que es realizado sobre el contenido del mensaje, excluyendo los 'dos puntos' del comienzo y los caracteres CRLF de finalización.

Los caracteres LRC son añadidos al mensaje como el último campo que precede a los caracteres CRLF.

RTU

Cuando el modo RTU es usado para trama de carácter, el campo Comprobación de Error contiene un valor de 16 bits implementado como dos bytes de ocho bits. El valor de comprobación de error es el resultado de un cálculo Comprobación Cíclica Redundante (CRC) realizado sobre el contenido del mensaje. El campo CRC es añadido al mensaje como último campo del mensaje. La forma de hacerlo es, añadir primero el byte de orden bajo del campo, seguido del byte de orden alto. El byte de orden alto del CRC es el último byte a enviar en el mensaje.

CÓMO SON TRANSMITIDOS LOS CARACTERES EN SERIE

Cuando los mensajes son transmitidos sobre redes Modbus serie estándar, cada carácter o byte es enviado en este orden (izquierda a derecha):

Bit Menos Significativo (LSB)... Bit Más Significativo (MSB).

Con trama de carácter ASCII, la secuencia de bit es:

CON CONTROL DE PARIDAD										
INICIO	1	2	3	4	5	6	7	8	PARIDAD	PARO
SIN PARIDAD										
INICIO	1	2	3	4	5	6	7	8	PARO	PARO

Figura 4.24 Orden de bits (ASCII)

Con trama de caracter RTU, la secuencia de bit es:

CON CONTROL DE PARIDAD										
INICIO	1	2	3	4	5	6	7	8	PARIDAD	PARO
SIN PARIDAD										
INICIO	1	2	3	4	5	6	7	8	PARO	PARO

Figura 4.25 Orden de bits (RTU)

MÉTODOS DE COMPROBACIÓN DE ERROR

Las redes Modbus serie estándar utilizan dos tipos de comprobación de error. La comprobación de paridad (par o impar) puede ser aplicada opcionalmente a cada carácter. La comprobación de la trama (LRC o CRC) es aplicada al mensaje completo. Ambas comprobaciones, de carácter y de trama de mensaje son generadas en el dispositivo maestro y aplicadas a los contenidos del mensaje antes de la transmisión. El dispositivo esclavo comprueba cada carácter y la trama del mensaje completo durante la recepción.

El maestro es configurado por el usuario para aguardar durante un tiempo de espera predeterminado antes de abortar la transacción. Este intervalo es establecido para ser lo suficientemente largo para que cualquier esclavo responda normalmente. Si el esclavo detecta un error de transmisión, el mensaje no será tenido en cuenta. El esclavo no construirá una respuesta para el maestro. Así el tiempo de espera expirará y permite al programa del maestro tratar el error. Observe que un mensaje direccionado a un dispositivo esclavo inexistente también causará un error de tiempo excedido time out.

CONTROL DE PARIDAD

Los usuarios pueden configurar los controladores para Control de paridad Par o Impar, o Sin Control de paridad. Esto determinará cómo será iniciado el bit de paridad en cada carácter. Si se especifica cualquier control de paridad Par o Impar, se contabilizará la cantidad de bits que tienen valor '1' en la porción de datos de cada carácter (siete bits de datos para modo ACSII, u ocho para RTU). Al bit de paridad habrá de darse valor '0' ó '1', para que se obtenga finalmente un número par o impar, respectivamente, de bits con valor '1'.

Por ejemplo, estos 8 bits de dato forman parte de una trama de carácter RTU:

1100 0101

La cantidad de bits de valor '1' en el dato es cuatro. Si se utiliza Control de Paridad Par, el bit de paridad de la trama debe establecerse a valor '0', haciendo que la cantidad de bits de valor '1' siga siendo un número par (cuatro). Si se utiliza Control de Paridad Impar, el bit de paridad deberá tener valor '1', resultando una cantidad de bits de valor '1', impar (cinco).

Cuando el mensaje es transmitido, el bit de paridad es calculado y aplicado a la trama de cada carácter. El dispositivo receptor cuenta la cantidad de bits de valor '1' y establece un error si no coincide la paridad con la configurada para ese dispositivo (todos los dispositivos en la red Modbus deben ser configurados para usar el mismo método de Control de paridad).

La comprobación de paridad sólo detecta si un número impar de bits se han alterado en una trama de carácter durante la transmisión. Por ejemplo, si se utiliza control de paridad impar y dos bits de valor '1' de un carácter que tiene en origen tres bits con valor '1', han quedado falseados (pasan a valor '0') durante la transmisión, el resultado es todavía un cómputo impar de bits de valor '1' (y por lo tanto, el error no es detectado por este método). Si se especifica control No Paridad, no se transmite bit de paridad y no se hace comprobación de paridad. Se transmite un bit de paro adicional para rellenar la trama de carácter.

COMPROBACIÓN LRC

En modo ASCII, los mensajes incluyen un campo de comprobación de error que está basado en un método de Comprobación Longitudinal Redundante (LRC). El campo LRC controla el contenido del mensaje, a excepción de los ':' del comienzo y el par CRLF. Es aplicado con independencia de cualquier método de control de paridad utilizado para los caracteres individuales del mensaje.

El campo LRC es un byte, conteniendo un valor binario de ocho bits. El valor LRC es calculado por el dispositivo emisor, que añade el LRC al mensaje. El dispositivo receptor calcula el LRC durante la recepción del mensaje y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo LRC. Si los dos valores no son iguales, resulta un error.

El valor LRC se calcula sumando entre sí los sucesivos bytes del mensaje, descartando cualquier acarreo y luego complementando a dos el valor resultante. Se realiza sobre el contenido del campo de mensaje ASCII excluyendo el carácter ':' de inicio del mensaje y excluyendo el par CRLF al final del mensaje.

COMPROBACIÓN CRC

En modo RTU, los mensajes incluyen un campo de comprobación de error que está basado en un método Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC). El campo CRC controla el contenido del mensaje completo. Se aplica con independencia de cualquier método de control de paridad utilizado para los caracteres individuales del mensaje.

El campo CRC es de dos bytes, conteniendo un valor binario de 16 bits. El valor CRC es calculado por el dispositivo emisor, que añade el CRC al mensaje. El dispositivo receptor calcula el CRC durante la recepción del mensaje y compara el valor calculado con el valor recibido en el campo CRC. Si los dos valores no son iguales, resulta un error.

Para calcular el valor CRC Modbus se precarga un registro de 16 bits, todos ellos a '1'. Luego comienza un proceso que toma los sucesivos bytes del mensaje y los opera con el contenido del registro y actualiza éste con el resultado obtenido. Sólo los ocho bits de dato de cada carácter son utilizados para generar el CRC. Los bits de arranque y paro y el bit de paridad, no se tienen en cuenta para el CRC.

Durante la generación del CRC, se efectúa una operación booleana OR exclusivo (XOR) a cada carácter de ocho bits con el contenido del registro. Entonces al resultado se le aplica un desplazamiento de bit en la dirección de bit menos significativo (LSB), rellenando la posición del bit más significativo (MSB) con un cero. El LSB es extraído y examinado. Si el LSB extraído fuese un '1', se realiza un XOR entre el registro y un valor fijo preestablecido³. Si el LSB fuese un '0', no se efectúa un XOR.

³ El valor preestablecido es A001 hex., correspondiente al polinomio generador CRC16 'Inverso', que es el que se aplica al CRC Modbus.

Este proceso es repetido hasta haber cumplido ocho desplazamientos. Después del último desplazamiento (el octavo), el próximo byte es operado XOR con el valor actual del registro y el proceso se repite con ocho desplazamientos más, como se ha descrito más arriba y así con todos los bytes del mensaje. El contenido final del registro, después de que todos los bytes del mensaje han sido procesados, es el valor del CRC. Cuando el CRC es añadido al mensaje, primero se añade el byte de orden bajo seguido del byte de orden alto.

En la lógica de programación de controladores, la función CKSM calcula el CRC en base al contenido del mensaje.

DIRECCIONES EN LOS MENSAJES MODBUS

Todas las direcciones en los mensajes Modbus son referenciadas a cero. La primera unidad de cada tipo de dato es direccionada como parte número cero. Por ejemplo:

La bobina conocida como 'bobina 1' en un controlador programable y es direccionada como bobina 0000 en el campo de dirección de un mensaje Modbus.

La bobina 127 decimal es direccionada como bobina 007E hex. (126 decimal).

El registro mantenido 40001 es direccionado como registro 0000 en el campo de dirección de un mensaje Modbus. El campo código de función ya especifica una operación sobre un 'registro mantenido'. Por lo tanto, la referencia '4XXXX' está implícita.

El registro mantenido 40108 es direccionado como registro 006B hex. (107 decimal).

CAMPOS CONTENIDOS EN LOS MENSAJES MODBUS

La figura 4.27 muestra un ejemplo de un mensaje de petición Modbus. La figura 4.28 es un ejemplo de una respuesta normal. Ambos ejemplos muestran los campos contenidos en hexadecimal y también cómo estaría distribuido en la trama, un mensaje en modo ASCII o en modo RTU.

La petición del maestro es una solicitud de Lectura de Registros Mantenedidos, al dispositivo esclavo con dirección 06. El mensaje solicita datos numéricos de tres registros mantenidos, 40108 al 40110.

Observe que el mensaje especifica la dirección de comienzo como 0107 (006B hex.).

La respuesta del esclavo replica el código de función, indicando que esto es una respuesta normal.

El campo 'Cómputo de Bytes' especifica cuántas unidades de datos de ocho bits se devuelven.

Muestra la cantidad de bytes de datos que vienen a continuación, bien ASCII o RTU. En el modo ASCII, este valor representa la mitad del cómputo real de caracteres ASCII en el dato, ya que en este modo, cada dígito hexadecimal de cuatro bits requiere un carácter ASCII y por lo tanto, debe haber dos caracteres ASCII para contener cada unidad de dato de ocho bits. Por ejemplo, el dato 63 hex. se envía como un byte (ocho bits) en modo RTU (0110 0011).

El mismo valor, enviado en modo ASCII requiere dos caracteres ASCII, el ASCII '6' (011 0110) y el ASCII '3' (011 0011). El campo 'Cómputo de bytes' contabiliza este dato como un solo dato de ocho bits, con independencia del método de trama de carácter (ASCII o RTU).

CÓMO USAR EL CAMPO CÓMPUTO DE BYTES

Cuando se construyan respuestas en buffer, se pone en el campo correspondiente al Cómputo de Bytes un valor igual a la cantidad de bytes de datos contenidos en el mensaje (2 x n° de datos a enviar, byte alto y byte bajo de cada dato).

La figura 4.26 muestra cómo se implementa el cómputo de Bytes en una respuesta típica

PETICIÓN	DATOS DEL EJEMPLO (HEX)	CAMPOS 8-BITS RTU
NOMBRE DEL CAMPO		
CABECERA		NINGUNO
DIRECCIÓN DEL ESCLAVO	6	000 0110
FUNCIÓN	3	0000 0011
DIRECCIÓN COMIENZO ALTO	0	0000 0000
DIRECCIÓN COMIENZO BAJO	0B	0110 1011
Nº DE REGISTROS ALTO	0	0000 0000
Nº DE REGISTROS BAJO	3	0000 0011
COMPROBACIÓN DE ERROR		CRC (16 BITS)
TERMINACIÓN		NINGUNA
TOTAL DE BITS		8

Figura 4.26 Petición del maestro con trama ASCII/RTU

RESPUESTA	DATOS DEL EJEMPLO (HEX)	CAMPOS 8-BITS RTU
NOMBRE DEL CAMPO		
CABECERA		NINGUNO
DIRECCIÓN DEL ESCLAVO	6	000 0110
FUNCIÓN	3	0000 0011
COMPUTO DE BYTES	6	0000 0110
DATO ALTO	2	0000 0010
DATO BAJO	2B	0010 1011
DATO ALTO	0	0000 0000
DATO BAJO	0	0000 0000
DATO ALTO	0	0000 0000
DATO BAJO	63	0110 0011
COMPROBACIÓN DE ERROR		CRC
TERMINACIÓN		NINGUNO
TOTAL DE BYTES		11

Figura 4.27 Respuesta de un esclavo con trama ASCII/RTU

RESPUESTAS DE EXCEPCIÓN

Excepto para mensajes tipo difusión, cuando un dispositivo maestro envía una petición a un dispositivo esclavo, espera una respuesta normal. Uno de cuatro posibles eventos pueden ocurrir desde la petición del maestro: Si el dispositivo esclavo recibe la petición sin error de comunicación y puede manejar la petición normalmente, devuelve una respuesta normal.

Si el esclavo no recibe la petición debido a un error de comunicación, no hay devolución de respuesta. El programa del maestro eventualmente procesará una condición de tiempo excedido (timeout), para la petición.

Si el esclavo recibe la petición, pero detecta un error de comunicación (paridad, LRC, o CRC), no hay devolución de respuesta. El programa del maestro eventualmente procesará una condición de tiempo excedido (timeout), para la petición.

Si el esclavo recibe la petición sin error de comunicación, pero no puede manejarla (por ejemplo, si la solicitud es leer una bobina o registro inexistente), el esclavo devolverá una respuesta de excepción informando al maestro de la naturaleza del error.

El mensaje de respuesta de excepción tiene dos campos que lo diferencian de una respuesta normal.

CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN

En una respuesta normal el esclavo replica el código de función de la petición original en el campo del código de función de la respuesta. Todos los códigos de función tienen el bit más significativo (MSB) a '0' (sus valores están por debajo de 80 hexadecimal). En una respuesta de excepción, el esclavo establece el MSB del código de función a '1'. Esto hace que el código de función en una respuesta de excepción resulte 80 hexadecimal más alto de lo que sería para una respuesta normal.

Con el MSB del código de función activado, el programa de aplicación del maestro puede reconocer la respuesta de excepción y puede examinar en el campo de datos el código de excepción.

CAMPO DE DATOS:

En una respuesta normal, el esclavo puede devolver datos o estadísticas en el campo de datos (cualquier información que fuera solicitada en la petición). En una respuesta de excepción, el esclavo devuelve un código excepción en el campo de datos. Esto define la condición del esclavo que causó la excepción.

La figura 4.28 muestra un ejemplo de una petición del maestro y una respuesta de excepción de un esclavo. Los campos del ejemplo se muestran en hexadecimal.

PETICIÓN		
BYTES	NOMBRE DEL CAMPO	DATOS DEL EJEMPLO (HEX)
1	DIRECCIÓN DEL ESCLAVO	0A
2	FUNCIÓN	1
3	DIRECCIÓN COMIENZO ALTO	4
4	DIRECCIÓN COMIENZO BAJO	A1
5	Nº DE BOBINAS ALTO	0
6	Nº DE BOBINAS BAJO	1
7	LCR	4F
RESPUESTA DE EXCEPCIÓN		
BYTES	NOMBRE DEL CAMPO	DATOS DEL EJEMPLO (HEX)
1	DIRECCIÓN DEL ESCLAVO	0A
2	FUNCIÓN	81
3	CÓDIGO DE EXCEPCIÓN	2
4	LCR	4F

Figura 4.28 Petición del maestro y respuesta de excepción del esclavo

NIVEL DE APLICACIÓN

Como se ha dicho a nivel general de buses de campo, el nivel de aplicación de MODBUS no está cubierto por un software estándar, sino que cada fabricante suele suministrar programas para controlar su propia red. No obstante, el nivel de concreción en la definición de las funciones permite al usuario la confección de software propio para gestionar cualquier red, incluso con productos de distintos fabricantes.

CAPITULO 5 DISEÑO DE LA RED

Cuando falla la energía comercial, siempre existe un tiempo de no energía, es decir, mientras arranca la planta y se hace la transferencia de cinco a 10 segundos. Si nuestro caso fuera el de equipos como computadoras, que no pueden tolerar una interrupción "tan prolongada" se deberá de complementar al equipo automático una unidad de continuidad, con la que se puede reducir la interrupción de energía hasta 0.017 segundos, que es poco menos de un ciclo en 60 Hz, por lo que es necesario que cuando se requiera la energía de emergencia esta funcione correctamente y al estar monitoreando algunas variables significativas disminuirémos las posibilidades de que falle el sistema de emergencia constituido por un UPS y un motor de emergencia.

Debido a la estandarización del puerto serie en las PC'S, y su incremental uso en sistemas supervisores y controladores, los equipos de campo, tales como PLC, controladores, registradores, etc., han tenido que proveerse de puertos de comunicaciones para compartir datos entre ellos.

El puerto serie de la PC fue normalizado finalmente por la EIA y denominado RS-232-C, esta norma regula el protocolo de la transmisión de datos, el cableado, las señales eléctricas y los conectores en los que debe basarse una conexión RS-232. En las computadoras personales este dispositivo es programado a través de los registros de la UART, que no es más que un chip (5058 o actualmente el 50u58) utilizado para la entrada y salida de caracteres y, sobre todo, para la conversión de palabras de datos en las correspondientes señales del puerto serie. Esto se debe a que la transmisión no es más que un bus serie, todos los datos son transmitidos por un único hilo, por lo que alguien debe administrar esta conversión.

Para el uso industrial se dispone de otras normas más sólidas y seguras como: transmisión en TTL, RS-423, RS-422, RS-449, RS-485, X.21, X.21 bis y Lazo de corriente.

La comunicación realizada con el puerto serie es una comunicación asincrónica. Para la sincronización de la comunicación se precisa siempre de una línea adicional a través de la cual el emisor y el receptor intercambian la señal del pulso. Pero en la transmisión serie a través de un cable de dos líneas esto no es posible ya que ambas están ocupadas por los datos y la masa. Por este motivo se intercalan antes y después de los datos informaciones de estado según el protocolo RS-232-C, RS-422 y RS-485. Esta información es determinada por el emisor y receptor al estructurar la conexión mediante la correspondiente programación de sus puertos serie (UART). Esta información puede ser la siguiente:

- 1) **Bit de paridad.-** Con este bit se pueden descubrir errores en la transmisión. Se puede dar paridad par, impar o sin paridad. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits '1' enviados sea par.
- 2) **Bit de parada.-** Indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.
- 3) **Word Length.-** Es el ancho de la palabra que se transmite, es decir, la cantidad de bits que componen los datos. Este parámetro puede programarse desde cinco hasta ocho.
- 4) **Baud Rate.-** Es la velocidad de transmisión de bits. Este parámetro puede variar de 50 a 115200 bps.

En el uso de comunicaciones industriales se pueden dividir, aunque esta división se hace cada vez más difusa, en una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real, o por lo menos con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, por lo que puede suponerse como tiempo real, siendo sumamente crítico para el primer nivel de enlace.

Para la comunicación a nivel de campo no existe una norma de comunicaciones para esta transmisión de datos en tiempo real que haya alcanzado un alto grado de difusión, esto hace que en algunos casos resulte técnicamente

difícil integrar equipos de distintos fabricantes, más aún, en algunos casos puede resultar técnico-económicamente desaconsejable.

Mediante la ubicación de placas en el bus de la PC se puede integrar la misma, con su sistema SCADA contenido, en esta red de campo, y cualquier norma lo permite.

Sobre la red de control de procesos la seguridad viene dada no sólo por el acceso a la variedad de datos que se manejan, como en las redes administrativas, sino que también se asocia con la disponibilidad de los datos en tiempo real, y la inmunidad del sistema a fallas de algún componente.

En las instalaciones se establece un nivel controlador y un nivel supervisor-controlador, donde este control no está asociado a variables rápidas desde el punto de vista de la velocidad de actualización entre ambos niveles. Es por eso que se recurre generalmente a comunicaciones seriadas en RS-XXX.

Las redes de comunicaciones con norma RS-XXX se establecen en una configuración maestro-esclavo/s (a diferencia de los buses de campo que manejan una tecnología de token) cumpliendo el modelo ISO/OSI, aunque los distintos niveles pueden no verse nítidamente.

Así, la comunicación estará comandada por un equipo que se denomina maestro, y uno o varios equipos denominados esclavos. La función del maestro es organizar las comunicaciones y establecerlas. La función de los esclavos es contestarle al maestro cuando identifica que el mensaje va dirigido hacia él, en realidad se pueden distinguir dos tipos de comunicaciones entre el maestro y sus esclavos: Consulta/Respuesta y Broadcast/no response.

TIPOS DE TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Un sistema de adquisición de datos, como su nombre lo indica, describe los productos y/o procesos utilizados para adquirir información, ya sea para caracterizar o para analizar algún fenómeno. En su forma más simple, el registro de temperatura en un motor, es adquirir datos. Como la tecnología ha progresado, este tipo de procesos se ha simplificado y se ha hecho más exacto, versátil y confiable a través de equipamiento electrónico. Los equipos van desde registradores simples hasta sofisticados sistemas de computación. Los productos de adquisición de datos sirven como punto focal en un sistema, relacionando una gran cantidad de productos tales como, sensores, transductores que indican temperatura, flujo, nivel o presión.

Un sistema de adquisición de datos o sistema interfaz de computadora permite introducir datos desde el mundo real al computador. Captura las señales producidas por sensores de temperatura, presión, flujo, etc..., y las convierte a una forma tal que la computadora las puede comprender. Con un sistema de adquisición se puede usar la computadora para capturar, monitorear, mostrar y analizar los datos. Si el sistema de adquisición tiene posibilidades de salida, la computadora también se puede usar para controlar cuidadosamente el proceso, con el fin de obtener una máxima eficiencia. Las computadoras personales tienen la mayor participación en la adquisición de los datos. Dependiendo del nivel de conocimiento del usuario, y los productos, la computadora puede jugar varios roles.

Las dos maneras de clasificar los sistemas que relacionan a la computadora con la adquisición de datos, es hablar de sistemas de tarjeta incorporada (plug-in) y de sistemas externos o comunicados externos (stand-alone), Figura 5.1. Los primeros se refieren a las tarjetas que se incorporan directamente en una ranura de expansión de la computadora (slot), mientras que los segundos se refieren a aquellos que son remotos, permanecen alejados del computador, ver figura 5.2, y se comunican con él mediante un puerto de comunicaciones. En ambos casos, se requiere de software específico necesario para instruir a la computadora de cómo manejar los datos.

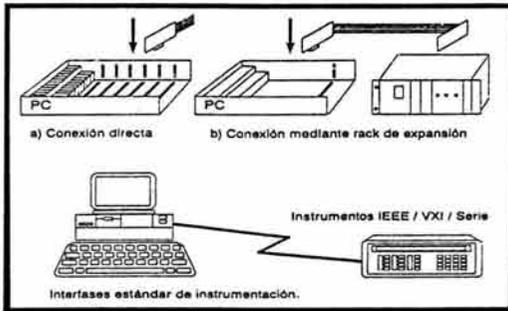


Figura 5.1 tarjetas internas y externas

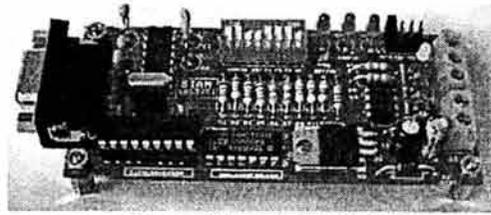


Figura 5.2 tarjeta RS-485 externa

PLACAS INTERNAS

Un sistema de tarjeta incorporada es exactamente eso, una tarjeta incorporada dentro de un slot libre de la PC. Debido a que se introduce dentro del computador, éstas se diseñan para un tipo específico de computador, tal como la PC IBM o compatibles, o de la serie Apple II. Las tarjetas incorporadas tienen una terminal externa, es decir, que sale del computador, unido a ella donde se hacen las conexiones a termopares, a los otros sensores y a las salidas. Estas tarjetas son sistemas completos, pues traen un menú de demostración que permite seleccionar cada tipo de entrada, rango, escalamiento en las unidades adecuadas, capacidades de entrada y salida digital, registradores remotos y control. Se pueden expandir rápida y fácilmente, basta poner otra tarjeta. Dependiendo del sistema, se pueden tener hasta 240 entradas análogas por PC IBM.

Características y ventajas. La principal ventaja de este tipo de placa es la velocidad de adquisición. Como se hallan conectadas directamente al bus del procesador es posible operar a alta velocidad. Los datos son trasladados en paralelo formando grupos de ocho, 16 ó 32 bits, este número depende del tipo de procesador y sistema. Para ciertas aplicaciones resulta ventajoso que la placa comparta el mismo gabinete que la PC, de esta última también se toma la energía para operar. El usuario se libra de gabinetes y mecanismos adicionales.

Desventajas. La desventaja es transportar las señales hasta el conector donde se halla la placa de adquisición. Si la PC se halla en las vecindades del proceso supervisado la instalación se hace más simple, pero en diversas oportunidades esto no es posible, ya sea porque el ambiente es hostil o bien el entorno de operación lo hace impráctico. En tales circunstancias hay que llevar el cableado desde donde se efectúa el proceso hasta al punto donde es posible instalar la computadora. Esto demanda instalación adicional y aumenta la probabilidad que el ruido de origen eléctrico perturbe las mediciones.

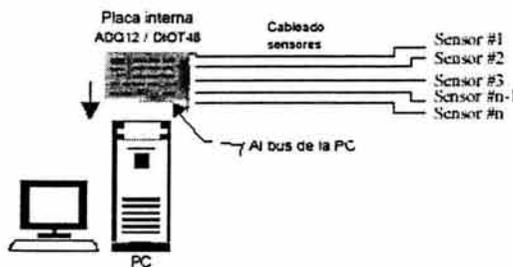


Figura 5.3 Tarjeta interna

Las tarjetas de adquisición de datos se encuentran disponibles hasta con cuatro tipos diferentes de funciones. La primera es la entrada análoga, donde la variable física del mundo real es introducida a la computadora. Esta función es la estructura de cualquier sistema. Muchas tarjetas también tienen salidas análogas, gracias a las cuales se puede contar con señales para controlar una válvula o un actuador. Las otras dos funciones son señales de entrada y salida digitales. Tal como su nombre lo indica, las entradas digitales le dicen a la computadora si algo está abierto o cerrado. Una salida digital, por otra parte, recibe una señal de la PC, y la utiliza para controlar algún interruptor, por

ejemplo, conectar la potencia al calefactor. Muchas tarjetas de propósito general tienen una combinación de dos o más de estas funciones, sin embargo, también existen tarjetas específicas para ciertas funciones, como por ejemplo, pulsos de duración programable.

En los sistemas externos, todo el sistema que realiza la adquisición, está montado en un chasis externo y se conecta al computador a través de un enlace de comunicaciones estándar, por ejemplo, RS-232, RS-422, RS-485 y IEEE488. Los sistemas comunicados no dependen del tipo de computadora, todo lo que la computadora necesita es un puerto de comunicaciones serie o paralelo estándar. Esta interfaz puede conversar con la computadora a través de ese puerto, y existen en el mercado muchos niveles diferentes, desde unidades de canal único diseñadas para una entrada de propósito general, hasta sistemas modulares que pueden aceptar directamente sensores tales como termopares, termistores, de nivel, etc.

PLACAS EXTERNAS

Características. Estas placas se conectan a la PC, específicamente al puerto de comunicación serie, mediante una o dos líneas cubriendo una distancia que va de una decena a varias centenas de metros.

Ventajas. Como se ve en la figura 5.3 los sensores se conectan en los bornes de la placa externa, esta a su vez se conecta al puerto de comunicaciones de la PC mediante una línea que en el ejemplo es de 200 metros. Justamente en este esquema reside la principal ventaja de las placas externas; la placa puede hallarse cerca del lugar donde los datos son tomados, por lo tanto, el cableado hacia los sensores es corto. En tanto, el vínculo hacia la PC puede ser extenso. El acople a la línea puede ser óptico o con transformadores de pulso, se logra aislar la PC del adquirente impidiendo que energía eléctrica indeseable se traslade entre las partes. Este enlace mantiene el "aislamiento galvánico" y resulta práctico por dos motivos: se realiza sobre una línea simple y de tipo digital.

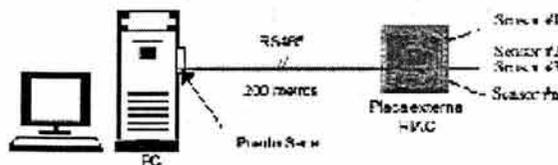


Figura 5.4 Tarjeta externa

Desventajas. La principal es una baja velocidad de adquisición. Este factor limitante no es debido a electrónica contenida en el adquirente, se debe a que la información se despacha bit tras bit sobre la línea, y esta acción secuencial demanda tiempo. El cuadro de la tabla 5.1 ilustra algunos ejemplos de velocidades.

Placas internas / externas. Tabla comparativa						
Tipo de placa	Modelo	Entrada Analógica muestras/seg	Entrada digital byte/seg	Salida digital byte/seg	Numero In Out por slot	Portabilidad del software
Placa interna	ADQ12	70000	800000	800000	30	Media
Placa externa a 9600 bits/seg	RIAC	64	64	64	700	Alta
Placa externa a 115000 bits/seg	RIAC	750	750	750	700	Alta

Tabla 5.1

Para instalar un sistema de tarjeta incorporada para adquirir datos en un experimento, se tiene que ubicar una PC en las cercanías del mismo; en efecto, dependiendo de la ubicación exacta se podrían incurrir en gastos tales como tener que comprar una PC "industrializada" o dedicada a ese experimento, que satisfaga incluso el ambiente que rodea el lugar de medición. Sin embargo, con un sistema externo se puede colocar el sistema en casi cualquier sitio, incluso en un "rack" industrial. Estos últimos se recomiendan para proteger el sistema. Además para comunicarse con la computadora maestra, no hay que preocuparse del tipo de cable para la comunicación, puesto que muchos sistemas pueden comunicarse con el maestro usando incluso la línea telefónica, a través de un módem.

Normas. Respecto de la norma a utilizar valen los siguientes comentarios. La norma **RS-232** es la más difundida y se halla disponible en todas las PC's, esta norma fue originalmente pensada para utilizarse con un módem, luego ha sido reutilizada para muchas otras aplicaciones, incluida la de conectar un adquisidor remoto de datos. Sus principales limitaciones son: no resulta apta para operar en un bus de múltiples dispositivos (multidrop) y el largo de línea máximo sugerido es del orden de 60 metros. La norma **RS-485** esta orientada al uso con unidades remotas. Se pueden instalar sobre una línea simple de dos hilos múltiples dispositivos. La línea puede abarcar distancias del orden de 1 km. Si bien las PC's tradicionales se ofrecen con puertos RS-232, es posible transformarlos en un puerto RS-485 mediante la simple inserción de un módulo convertidor. Por tratarse de una norma que utiliza dos hilos la comunicación únicamente puede ser half-duplex. La norma **RS-422** opera sobre cuatro hilos, dos de transmisión y dos de recepción, por lo tanto, es posible efectuar comunicaciones simultáneas en ambos sentidos (full-duplex).

Software. La programación resulta un poco más compleja, ello es debido a que la información debe circular organizadamente bit a bit, significa un acuerdo entre la PC y los adquisidor(es), acuerdo denominado protocolo. Las placas RIAC disponen de un protocolo en código ASCII muy efectivo y simple denominado AXICOM-A. Un protocolo ASCII y una comunicación serial, son elementos disponibles en todos los lenguajes, y administrados por todos los sistemas operativos, aun aquellos altamente protegidos. Esta propiedad garantiza una gran portabilidad de los programas de adquisición en sistemas operativos distintos.

MEDIO DE COMUNICACIÓN Y TIPO DE RED

Una red de área local por radio frecuencia o WLAN (Wireless LAN) puede definirse como una red local que utiliza tecnología de radiofrecuencia para enlazar los equipos conectados a la red en lugar de los cables coaxiales o de fibra óptica que se utilizan en las LAN convencionales cableadas. Estos enlaces se implementan mediante tecnología basada en microondas o bien en infrarrojos.

En esta red se transmiten y reciben datos sobre el espacio, minimizando la necesidad de conexiones alámbricas, es decir, combinan la conectividad de datos con la movilidad de usuarios. Como el propio nombre sugiere, una LAN inalámbrica hace uso de un medio de transmisión no guiado. Con las LAN's (Local Area Network) inalámbricas, los usuarios tienen acceso a información compartida sin buscar un lugar para conectarse, en tanto que, los administradores de red pueden aumentar o establecer redes sin utilizar cables.

La transmisión inalámbrica es una tecnología en pleno desarrollo que nació como respuesta a las actuales necesidades de movilidad en los campos de la medicina, industria y comercio, por mencionar solo algunos campos, por sus características y múltiples aplicaciones, las redes inalámbricas han ido incursionando en el mercado actual ganando cada día más adeptos.

Las redes inalámbricas no surgieron como un reemplazo de las redes cableadas, sino como un complemento de ellas, puesto que la verdadera ventaja de las redes inalámbricas son las diferentes opciones de accesibilidad y movilidad que ofrecen frente a las cableadas.

La tecnología inalámbrica cambió el paradigma de las computadoras de escritorio en los cuales, tanto la información como el usuario se encuentran atados a la red, ahora existen nuevas formas de acceso y actualización de información.

Debido al auge y la acogida que han tenido los dispositivos inalámbricos, la tecnología inalámbrica, ha ido evolucionando con mayor fuerza en los últimos años, alcanzando avances importantes en cuanto a las velocidades de transmisión, seguridad y cobertura.

TIPOS DE TRANSMISIONES

REDES DE RADIOFRECUENCIA

Entendiéndose por radiofrecuencia a las ondas aéreas electromagnéticas para comunicar información desde un punto a otro; son portadoras de radio porque desempeñan la función de entregar energía al receptor. Los datos que se transmiten son sobrepuestos sobre la portadora de radio para que se pueda extraer de manera precisa por el receptor. Es a lo que se conoce como modulación de la portadora por la información que se transmite. Después de que los datos son sobrepuestos (modulados) en el transportador de radio, la señal de radio ocupa más de una sola frecuencia, donde la frecuencia de la información modulada se agrega a la portadora. Múltiples portadoras de radio pueden coexistir en el mismo espacio a la vez, sin que haya interferencia, si las ondas de radio se transmiten sobre radiofrecuencias diferentes. Para extraer los datos, un receptor de radio se sintoniza en una radiofrecuencia mientras rechaza otras.

Ventajas: {

- Mayor área de cobertura.
- No necesita comunicación “visual” entre dispositivos.
- Mayor Ancho de Banda.

Desventajas: { Dificil de proteger -> Interferencias.

Hoy en día, el espectro radioeléctrico está ocupado casi al 100% así que se buscan huecos, pero como la gestión del espacio radioeléctrico es distinta en cada país, nos encontramos ante dificultades en la estandarización del espacio radioeléctrico a utilizar en una determinada tecnología.

Por otro lado, para las Redes Inalámbricas de Radiofrecuencia, la SCT permitió la operación sin licencia de dispositivos que utilizan 1 Watt de energía o menos, en tres bandas de frecuencia: 902 a 928 MHz, 2,400 a 2,483.5 MHz y 5,725 a 5,850 MHz, llamadas bandas ISM. Para minimizar la interferencia, las regulaciones de FCC estipulan que una técnica de señal de transmisión llamada spread-spectrum modulation, la cual tiene potencia de transmisión máxima de 1 Watt, la cual deberá ser utilizada en la banda ISM. La idea es tomar una señal de banda convencional y distribuir su energía en un dominio más amplio de frecuencia. Así, la densidad promedio de energía es menor en el espectro equivalente de la señal original. El objetivo en las redes es que la señal sea transmitida y recibida con un mínimo de interferencia.

TRANSMISIÓN POR MICROONDAS

Las ondas de frecuencias mayores a 100 MHz viajan en línea recta y necesitan alinearse el transmisor y el receptor. Este tipo de señales son absorbidas por la lluvia y la tierra, por lo cual necesitan repetidores terrestres o satélites. Para unas torres de 100 m. de altura la distancia de separación es 80 km.

Aunque hay algunas bandas que no necesitan licencia. Las bandas de 2.4 a 2.484 GHz se usan para transmisiones médicas, científicas e industriales. Las bandas de 902 a 928 MHz y 5.725 a 5.850 GHz se usan para teléfonos inalámbricos y controles remotos. Entre más alta la frecuencia, más cara es la electrónica para manejarla y más interferencia se puede tener de hornos de microondas y radares. En comparación con la fibra óptica, las microondas son más baratas porque no necesitan un cable.

REDES INFRARROJAS

Ventajas: {

- Emisores y receptores muy simples y baratos.
- No interfiere con otros dispositivos de RF.

Desventajas: { Poco Ancho de Banda.
Necesidad de comunicación “visual”.

Las redes de luz infrarroja están limitadas por el espacio y casi generalmente la utilizan redes en las que las estaciones se encuentran en un sólo cuarto o piso. Las transmisiones de radio frecuencia tienen una desventaja: en cuanto a las bandas que cada uno puede utilizar, al momento de realizar este trabajo. La transmisión Infrarroja no tiene este inconveniente por lo tanto, es actualmente una alternativa para las Redes Inalámbricas.

Una diferencia significativa entre la transmisión de rayos infrarrojos y las microondas es que los primeros no pueden atravesar paredes. Por tanto, los problemas de seguridad y de interferencias que aparecen en las microondas no se presentan en este tipo de transmisión. Es más, no hay problemas de asignación de frecuencias, ya que en esta banda no se necesitan permisos. Por su naturaleza y características de transmisión la tecnología infrarroja es utilizada en aplicaciones LAN verticales (como las médicas o de inventario de almacenes), clientes conectándose en grandes áreas abiertas, impresión inalámbrica y la transferencia de archivos. La velocidad de transmisión máxima alcanzada hasta ahora es de 10 Mbps. La cobertura de este tipo de tecnología esta limitada a LAN o campus si se utilizan repetidores inalámbricos y puentes. Entre las ventajas que podemos resaltar es una mayor velocidad que las de amplio espectro, y su inmunidad a la interferencia de fuentes de radiofrecuencia. Pero por el contrario de las otras tecnologías, como se mencionó anteriormente la tecnología de espectro infrarrojo, no puede penetrar paredes y además su rango de alcance es bastante corto.

TRANSMISIÓN POR ONDAS DE LUZ

Es relativamente fácil de instalar y, a diferencia de las microondas, no requiere una licencia de la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones).

La ventaja del láser, un haz muy estrecho, es aquí también una debilidad. Apuntar un rayo láser de 1 mm a 500 metros de distancia, requiere de una gran precisión, por lo general se le añaden lentes al sistema para desenfocar ligeramente el rayo.

Una desventaja de los rayos láser es que no pueden atravesar la niebla, ni la lluvia. Normalmente funcionan bien en los días soleados.

PLANTEAMIENTO DE LA RED

Primero hay que establecer lo que queremos realizar y que dispositivos utilizaremos. Queremos comunicar diversos dispositivos, estos son: transductores de temperatura, presión, humedad relativa, nivel de agua, nivel de aceite, carga de las baterías en el UPS, voltaje de salida, frecuencia generada, etc., y una computadora que estará registrando las lecturas que estén tomando los transductores y manipulando en forma gráfica o numérica los datos para saber qué es lo que pasa o que variaciones tiene nuestro sistema de emergencia y si estas pueden provocar algún problema, y eso es la definición de red, el establecimiento de comunicación entre varios dispositivos.

¿Se van a utilizar sensores o transductores? Cómo se va a monitorear una red de potencia no necesitamos que sean muy sensibles y exactas las mediciones, ya que vamos a medir temperatura, humedad relativa, nivel de agua, aceite, etc., por lo que una pequeña variación no afecta. También los transductores absorben un poco de energía de la variable física que para nuestro estudio no afectaría demasiado sólo hay que tener en cuenta esa pequeña pérdida. Por lo que nuestra elección es utilizar transductores para tomar lecturas de las variables físicas. Solo queda escoger los transductores que tengan salida a la interfaz que más adelante se establecerá.

Ya con el establecimiento del diseño de una red, ahora hay que ver las características de la red. Lo que van hacer los transductores es estar midiendo una variable física, en un determinado periodo, y lo van a mandar por la red hasta llegar a una central, pero todo esto en tiempo real, es decir, en un tiempo mínimo establecido, considerando el retardo que pueden provocar los instrumentos de medición, los dispositivos de transmisión y la central, esto aunado con la conversión analógico-digital y viceversa.

Para diseñar una red hay que tener en cuenta el nivel físico o medio de comunicación, la interfaz a utilizar y los órdenes de comunicación que sería el protocolo.

Con lo que respecta al medio de comunicación, lo más fácil sería cablear la red por medio de cable UTP, coaxial, par trenzado o fibra óptica, con los cuales se alcanzaría una velocidad considerable, aunque también presentan diversos inconvenientes.

La solución que pretendemos es minimizar los problemas que tenga una planta de emergencia con un UPS cuando se le requiera, pero esta enfocado generalmente, a situaciones que ya están establecidas, es decir, a empresas o industrias que ya cuentan con un sistema de emergencia por lo que solamente se le van hacer modificaciones, no se va a instalar un sistema nuevo si no que se trabajará con el que ya esta, aunque no esta condicionado a no poner uno nuevo, por lo que los inconvenientes de utilizar cable son que las instalaciones ya están establecidas y hay que diseñar una ruta para el cableado que conectará los transductores con la central, en muchas ocasiones el cable tendrá que pasar por lugares de difícil acceso o de mucho tránsito, por lo que el querer colocar la unidad central lejos o en otra ubicación distinta al lugar donde se encuentra el sistema de emergencia requeriría de utilizar mucho cableado. Se propone colocar en otro sitio la unidad receptora, debido a que al estar monitoreando en el mismo lugar se estaría expuesto al enorme ruido que genera el motor diesel y los dispositivos y quizá no se tendría un buen funcionamiento por el campo magnético que presenta el generador al estar conectado. También el sistema de monitoreo tendría que estar fijo en un lugar destinado para tal y si por algún motivo se tendría que cambiar de lugar, también se realizaría otra instalación de cable.

La solución es proponer una red inalámbrica, es decir, una red que tuviera como medio de transmisión el espacio. Con esto se tendrían los dispositivos de lectura, que son los transductores, cerca del sistema de emergencia y mediante unos transmisores mandar la información a una central que estuviera en otro cuarto, en otro piso o en otro edificio, en general en cualquier otro lugar, todo depende de las características de los transmisores, es decir, su alcance máximo, su potencia y de la interfaz que se escoja. La red inalámbrica debe ser omnidireccional debido a que la trayectoria no esta en línea recta, lo que nos llevaría a atravesar muros o estructuras.

Ya establecido que el monitoreo se llevará a cabo en otro lugar no muy lejano, la razón es que cuando algo no este funcionando correctamente el encargado del monitoreo de aviso al encargado de mantenimiento, posiblemente sea la misma persona, y esta de solución al problema de manera rápida, por lo que de estar en otro lugar más alejado no podría ir a solucionar el problema al instante o en otro de los casos activar la planta en caso de llegar a requerirse, en cambio si el encargado estuviera en otro edificio cercano al lugar de monitoreo, no tardaría mucho en ir a ver que esta provocando la falla. Tampoco nos interesa hacer la conexión entre otras redes porque la única persona importante que debe saber el estado del sistema de emergencia es el encargado, por las razones antes dichas. Solo nos interesa la comunicación entre los transductores y la central, más no la comunicación externa, por lo que sería una red local o propiamente dicho una red LAN, pero como queremos una red inalámbrica (aunque no se impone la misma) entonces la propuesta de la red cambiaría a ser una red tipo WLAN.

Las ventajas que tienen las redes WLAN contra las redes cableadas son que se ahorra el costo del cable ya que no se va a ocupar, y si se ocupa este sería mínimo, solo para conectar los transductores al transmisor. En la figura 5.5 se muestra un gráfico del costo del cable por su longitud.

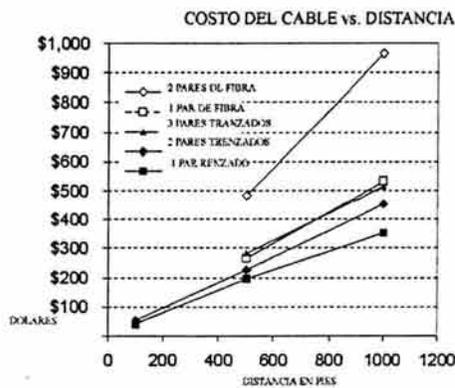


Figura 5.5 Gráfico del costo del cable

Si bien se ahorra en el cable, los dispositivos de transmisión y recepción inalámbricos son más caros que los que utilizan cable y las transmisiones en RF o microondas son más susceptibles a las ondas electromagnéticas, por lo que no se está cerrando a utilizar solo accesorios inalámbricos, ya que si no son viables estas redes se optaría por colocar cables y la red quedaría exactamente igual, es decir, el planteamiento para una red cableada es el mismo, solo haría falta la conexión por medio de cable que más adelante se detallará.

Respecto a la red tradicional la red sin cable ofrece las siguientes ventajas:

- **Movilidad:** Información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa para todo usuario de la red. El que se obtenga en tiempo real supone mayor productividad y posibilidades de servicio.
- **Facilidad de instalación:** Evita obras para derribar muros y techos para la colocación del cable.
- **Flexibilidad:** Permite llegar donde el cable no puede.
- **Reducción de costos:** Cuando se dan cambios frecuentes o el entorno es muy dinámico el costo inicialmente más alto de la red sin cable es significativamente más bajo, además de tener mayor tiempo de vida y menor gasto de instalación.
- **Escalabilidad:** El cambio de topología de red es sencillo y trata igual a pequeñas y grandes redes.

El uso más frecuente de las WLAN es como extensión de las redes cableadas de modo que se da una conexión a un usuario final móvil como a continuación se mencionan:

- En hospitales: datos del paciente transmitidos de forma instantánea.
- En pequeños grupos de trabajo que necesiten una puesta en marcha rápida de una red.
- En entornos dinámicos: se minimiza la sobrecarga causada por extensiones de redes cableadas, movimientos de éstas u otros cambios instalando red sin cable.
- En centros de formación, universidades, corporaciones, etc., donde se usa red sin cable para tener fácil acceso a la información, intercambiar ésta y aprender.
- En viejos edificios es también más adecuada.
- Los trabajadores de almacenes intercambian información con una base de datos central mediante red sin cable de modo que aumenta la productividad. También para funciones críticas que requieren rapidez.

Para las redes inalámbricas existen diversas maneras de enviar la información por el espacio, por lo que la modulan de diversas maneras o trabajan en diferentes frecuencias, como son las ondas RF, microondas, infrarrojos, etc., o por modulación en AM, FM, ASK, FSK, PSK, etc. Estas son características generales que deben presentar los transmisores y receptores.

El gran éxito de las WLAN's es que utilizan frecuencias de uso libre, es decir, no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas. Aunque hay que tener en mente, que la normatividad acerca de la administración del espectro varía de país a país. La desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez

los paquetes de información. Una razón de error del 50% ocasiona que se reduzca el caudal eficaz real (throughput), dos terceras partes aproximadamente. Por eso la velocidad máxima especificada teóricamente no es tal en la realidad.

Como la finalidad de este trabajo es hacer una investigación y solución de un problema planteado, mediante una red que monitorea unas variables físicas, más no una implementación de la misma ya que si lo quisiéramos implementar necesitaríamos patrocinio de una empresa para poder adquirir todos los dispositivos, empezando por el sistema de emergencia. Por esta razón no se impone ningún dispositivo (esto es general para todos los dispositivos: transductores, tarjetas internas o externas de RS-485, transmisores, receptores, transceptores, radio módems, PC, PC industriales y software), sino que dejamos abierto cualquier dispositivo de cualquier marca y modelo sólo que cumpla con las especificaciones. Este razonamiento tiene origen en que no dejamos justo nuestro planteamiento, es decir, con esta investigación se puede implementar la red en cualquier industria, solo hay que hacer una investigación de las necesidades, los recursos y el ambiente de cada industria, ya que por lo general varían las condiciones de las empresas y no se puede andar llevando un sólo modelo para quererlo imponer, con la flexibilidad que se le da a la red, sólo hay que escoger los dispositivos correctos de acuerdo a las características específicas de cada industria para que pueda funcionar correctamente la red. Por ejemplo, en la red inalámbrica, cuando no se puede colocar transmisores inalámbricos debido a que existe una interferencia y es casi imposible la comunicación, con el planteamiento de este trabajo se podrá establecer una red cableada, solo modificando los dispositivos de transmisión y recepción y hacer una buena interconexión. Así mismo se hizo un estudio de los principales dispositivos actuales y se vieron las características de cada uno para ver cuales eran iguales o compatibles y poder establecer una red con ciertas características que presentan los dispositivos (La investigación de los dispositivos se encuentra en el siguiente capítulo).

Hay dos formas de comunicación: por banda angosta o por banda ancha, pero la mayoría de los dispositivos trabajan con banda ancha por lo que los dispositivos de comunicación deben trabajar con banda ancha.

La gran mayoría de los sistemas inalámbricos emplean la tecnología de Espectro Extendido (Spread Spectrum), una tecnología de banda amplia desarrollada por los militares estadounidenses que provee comunicaciones seguras, confiables y de misión crítica. La tecnología de Espectro Extendido está diseñada para intercambiar eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad, es decir, más ancho de banda es consumida con respecto al caso de la transmisión en banda angosta, pero el 'trueque' (ancho de banda/potencia) produce una señal que es en efecto más fuerte y así más fácil de detectar por el receptor que conoce los parámetros de la señal de espectro extendido que está siendo difundida. Si el receptor no está sintonizado a la frecuencia correcta, una señal del espectro extendido se miraría como ruido en el fondo. Otra característica del espectro disperso es la *reducción de interferencia* entre la señal procesada y otras señales no esenciales o ajenas al sistema de comunicación.

Existen dos técnicas para distribuir la señal convencional de banda ancha en un espectro de propagación equivalente:

- La secuencia directa (DSSS): En este método el flujo de bits de entrada se multiplica por una señal de frecuencia mayor, basada en una función de propagación determinada. El flujo de datos original puede ser entonces recuperado en el extremo receptor correlacionándolo con la función de propagación conocida. Este método requiere un procesador de señal digital para correlacionar la señal de entrada.
- El salto de frecuencia (FHSS): Este método es una técnica en la cual los dispositivos receptores y emisores se mueven sincrónicamente en un patrón determinado de una frecuencia a otra, brincando ambos al mismo tiempo y en la misma frecuencia predeterminada. Como en el método de secuencia directa, los datos deben ser reconstruidos en base del patrón de salto de frecuencia. Este método es viable para las redes inalámbricas, pero la asignación actual de las bandas ISM no es adecuada, debido a la competencia con otros dispositivos, como por ejemplo, las bandas de 2.4 y 5.8 GHz que son utilizadas por hornos de Microondas.

Ahora hay que ver las necesidades que queremos satisfacer. Establecimos el planteamiento de una red WLAN, esta va a ser una red de difusión, por lo que queremos que la información les llegue a todos los dispositivos, también las distancias entre dispositivos van a ser cortas por lo que no vamos a utilizar repetidores, ni amplificadores de señal, nuestra red estará en función punto a punto, esto quiere decir, que solo con el alcance de sus transmisores y receptores podrá existir la comunicación. Como puede darse el caso de que no haya línea visual entre el transmisor y el receptor, es decir, que no están alineadas las antenas, por lo que la red debe ser omnidireccional para que radie hacia todos los lugares posibles. Con lo anterior se reducen los tipos de transmisión como son las microondas, láser y los ópticos por no cumplir lo deseado. Por lo que sólo nos quedan las radiofrecuencias.

Se va a utilizar radio comunicación debido a que las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto de interiores como de exteriores. Las ondas de radio también son omnidireccionales, es decir, viajan en todas las direcciones desde la fuente, por lo cual el transmisor y el receptor no tienen que alinearse. Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia. Todas las ondas de radio están sujetas a interferencia por los motores y equipos eléctricos.

De la investigación de mercado se establece que se va a trabajar en las frecuencias de 900 MHz o de 2.4 GHz dependiendo de los dispositivos que se vayan a utilizar, ya que primero se empezó con frecuencias de 900 MHz y ahora lo más actual es la frecuencia de 2.4 GHz. Por lo que si se quiere tener lo más avanzado se tiene que colocar dispositivos de 2.4 GHz.

Las WLAN's tienen unas especificaciones particulares que a continuación se presentan:

Distintas especificaciones de WLAN's

Especificación	Estatus	Máxima tasa de bits	Frecuencia de operación
IEEE 802.11	Utilizado por la mayoría de fabricantes de WLANs	2 Mbps	2.4 GHz
IEEE 802.11b	Especificación reciente	11 Mbps	2.4 GHz
IEEE 802.11a	En desarrollo	24 – 54 Mbps	5.0 GHz
HiperLAN	Desarrollado por ETSI	24 Mbps	5.0 GHz
Bluetooth	Promovido por 3Com, Ericson, IBM, Intel Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba.	1 Mbps	2.4 GHz
<i>IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> <i>ETSI: European Telecommunications Standards Institute</i>			

DISPOSITIVOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Hay que definir qué tipos de dispositivos vamos a adoptar para la comunicación tanto en transmisión como en recepción, ya que es una comunicación que pregunta si se tiene información, los transductores tiene que recibir esa pregunta y responder que si hay información y mandarla, por lo que hasta los transductores deben tener su par de transmisor y receptor, pero para que se junte en un solo dispositivo existen los transceptores, que son capaces de transmitir y de recibir, por lo que estaríamos reduciendo la cantidad de dispositivos de dos necesarios a sólo uno que haría la función de los dos, y con esto reducir los costos. Las especificaciones del transceptor deben cumplir con las especificaciones del transmisor y del receptor por separado. Así que cada transductor estará conectado a un transceptor que en el mejor de los casos va a ser inalámbrico y si no se puede, habrá que conectar por medio de cables, la potencia por norma es 1 W, y la modulación como ya se dijo antes va a variar de acuerdo a las

necesidades de la industria y los transductores deben tener una salida de comunicación dependiendo de la interfaz elegida.

Para formato cableado sí existen un gran número de transeptores, pero para forma inalámbrica es más difícil de encontrar los dispositivos o cuestan más caros, por lo que lo ideal en forma inalámbrica es colocar radios módems en lugar de transeptores, estos harán la misma función. Son más fácil de localizar en el mercado y fáciles de instalar.

RADIO MÓDEM

Cuando las características del medio de transmisión no permiten señales digitales, se hace necesario convertir los datos digitales en una señal analógica susceptible de ser transmitida correctamente. El ejemplo más popular de esto, es la transmisión de datos digitales a través de las redes telefónicas. Estas redes fueron diseñadas para transmitir señales analógicas en el rango del espectro vocal (300-3400 Hz), lo que no resulta adecuado para la transmisión de señales digitales. Sin embargo, puede ligarse un dispositivo digital a la red telefónica por medio de un **módem**, que convierte los datos digitales en señales analógicas y viceversa.

Al proceso por el cual obtenemos una señal analógica a partir de unos datos digitales se le denomina **modulación**. Esta señal la transmitimos y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado **demodulación** para recuperar la información.

El proceso de modulación precisa de dos señales, moduladora y portadora, y genera como resultado una tercera señal, denominada señal modulada. Se define el término modulación como el proceso mediante el cual una señal que contiene información (moduladora) se combina con otra señal (portadora) para dar como resultado una nueva señal (modulada) que contiene la misma información que la primera pero que es el resultado de modificar alguno de los parámetros característicos (amplitud, frecuencia o fase) de la segunda.

La modulación transforma la señal digital binaria en analógica. La demodulación transforma la señal analógica en digital binaria.

El mensaje de datos (bits), codificado según un alfabeto (ASCII, EBCD) que pasa del ETTD al ETCD debe ser trascodificado por este último para acomodarse a la línea de comunicación. A cada símbolo (estados de la señal que representa la información binaria) que se envía por la línea se le llama nivel. Estos no tienen por qué corresponderse uno a uno con cada bit, ni tampoco la decodificación de un símbolo depende sólo de su valor. Pueden asociarse varios bits y decodificarse cada símbolo en función del precedente. Al enviar los bytes, se suele empezar por los bits de mayor peso.

El ETCD (transmisor) recibe el mensaje de datos del ETTD, lo aleatoriza, modula, mientras que el ETCD (receptor) lo demodula y decodifica.

Los modelos de codificación más usados son los siguientes:

- NRZ: Al '0' y al '1' se les asignan los valores de $-a$ y $+a$ respectivamente (por ejemplo -5 V y $+5$ V).
- Bifase o Bifase Diferencial: Al '0' y al '1' se les asignan un par de valores $+a-a$ y $-a+a$; en la codificación diferencial esta asignación se realiza dependiendo del valor previo (si es '0' será $a_{i-1}-a_i$; si es '1' será $-a_{i-1}+a_i$).
- Miller: A partir de un código bifase, suprime una de cada dos transiciones.
- Bipolar de orden 1: Asigna al '0' un '0', y el '1' puede ser -1 ó $+1$ dependiendo de su valor anterior.
- Bipolar de orden 2: Los bits pares e impares se codifican por separado de acuerdo al principio bipolar de orden 1.
- Bipolar de alta densidad: Es un código bipolar que ante secuencias largas de '0's', envía secuencias de relleno ($+1$, -1 , etc.). Son de orden n , donde n es el número de símbolos que reemplaza.

- De Valencia n : Es una señal con n valores de tensión, donde cada valor representa uno o más bits. Si es bivalente (V_1, V_2) cada tensión representa un bit. Si es cuadrivalente (V_1, V_2, V_3 y V_4) cada tensión representa dos bits.

FUNCIONAMIENTO DE UN RADIO MÓDEM

Estos sistemas trabajan, en muchas ocasiones, tal y como lo hacen los walkie-talkies. La diferencia es que en vez de transmitir voz, estos aparatos envían y reciben datos en forma digital. Transmiten pequeños grupos de símbolos denominados paquetes, cada uno compuesto por varios bits. Al igual que los walkie-talkies, el radio-módem puede funcionar en los dos sentidos en cualquier momento; usando un protocolo de comunicaciones llamado half-duplex.

Hay dos puntos principales en el sistema radio-módem: la parte digital y la parte analógica. El sistema digital actúa como interfaz entre el sistema analógico y la computadora. Se encarga de procesar los datos que van a ser enviados y dirige el protocolo de comunicación, esto es, cuándo hablar y cuándo recibir.

Para tener una buena comunicación los dispositivos como los radios módems deben cumplir con las mismas características, es decir, misma frecuencia de operación, misma velocidad y misma técnica de banda ancha (otras características como las de maestro- esclavo se mencionarán en la interfaz).

CRITERIOS PARA ELEGIR UN BUEN EQUIPAMIENTO

Llegado el momento de elegir los equipos para montar una red Wireless LAN debemos contemplar los siguientes aspectos:

- Potencia y Sensibilidad: Según la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor, junto con la ganancia de la antena, estará dado el alcance que puede lograr una red WLAN. Además, mejor alcance significa mejor tasa de transferencia a medida que nos alejamos de los puntos de acceso.
- Encriptación por software o hardware: La encriptación, si se realiza por software, puede reducir a la mitad la tasa de transferencia del equipo.
- Facilidad de administración: En la actualidad todos los equipos se administran vía interfaz web y de forma muy amigable.
- Características adicionales: Hay características como calidad de servicio para priorizar comunicaciones de voz frente a los datos, o la de tener varias redes distintas en un mismo equipo.
- Precio: Finalmente, evalúe el precio. Seguramente, las decisiones tomadas anteriormente lo ubicarán en un rango de precio determinado.

INTERFAZ

Ya decidido el tipo de red ahora hay que establecer el tipo de interfaz que interpretará los datos obtenidos y que se adapte mejor, en la figura 5.6 se presentan las principales interfaces:

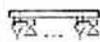
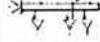
Standard	TIPO	MODULO DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD POR LINEA	VELOCIDAD POR CANAL	DISTANCIA	
RS 485		MULTIPUNTO	25 / 50 Mbits		1.5 m	
			35 Mbits		10 m (1200 m)	
			200 Mbits		0.5 m	
RS 422 (ITU-T V.11)	Serial	MULTIPUNTO	10 Mbits		10 m (1200 m)	
			200 / 100 Mbits	4 ch: 800 / 400 Mbits	0.5m / 10 m	
TIA/EIA-232		PUNTO A PUNTO	512 kbps		20 m	
			400 / 200 Mbits	4 ch: 1600 / 800 Mbits	:m / 10 m	
			100 - 400 Mbits		<= 4.5 m	
TIA/EIA-644 /	SERIE A PARALELO A SERIE	PUNTO A PUNTO	455 Mbits	4 ch: 1.83 Gbps	<= 10 m	
				1.25 Gbps	bidirect. 1.25 Gbps	<= 10 m
				2.5 Gbps	bidirect. 2.50 Gbps	<= 10 m
				35 Mbits		10 m (1200 m)

Figura 5.6 tabla de diversas interfaces

Hay que establecer qué tipo de transferencia de datos hay que manejar, una transferencia en serie de datos se utiliza normalmente cuando los datos tienen que ser enviados a más de 10 metros. A diferencia de la interfaz en paralelo, los datos son enviados bit por bit (en serie). Adicionalmente los bits del comienzo, de la parada y de paridad se insertan en la secuencia de datos. Mientras que la interfaz en paralelo utiliza ocho conductores más los del control, la interfaz en serie necesita solamente dos. Las funciones estándar se han diseñado para garantizar una transferencia segura y sin error en cualquier circunstancia. Porque en la industria el puerto más común es el serie, se va a plantear utilizar la comunicación serial, si se utiliza el puerto serie de la PC se habla de una comunicación asíncrona.

El estándar que se va a ocupar, porque satisface mejor las necesidades de la industria es el formato RS-485, como vimos en el capítulo cuatro tiene grandes ventajas, como el de poder trabajar hasta con 32 dispositivos sobre la misma línea, el poder utilizar una distancia de 1200 m, su manejo half-duplex que nos permite comunicación bilateral y multipunto.

Ya con el establecimiento del estándar lo que procede es ver de qué manera se puede acoplar a nuestra PC. Existen dos maneras de agregar RS-485 a una PC. La primera es en una tarjeta de expansión seguida de un convertidor de RS-485 a un puerto existente como en la figura 5.7, la figura 5.8 muestra la entrada de conexión de RS-485. El más común de todos es un convertidor RS-232-c que es el puerto serie de la computadora, está extensamente disponible, también existe el convertidor de USB a puerto RS-485, aunque este no es muy comercial. La segunda es por una tarjeta interna que ya cuente con salida RS-485, las dos formas tienen sus ventajas y desventajas antes mencionadas, la inclinación hacia una de ellas va a estar dicha por la PC que se maneje, si se escoge una PC industrial estas ya vienen con el puerto de comunicación RS-485, pero si se va a utilizar una PC normal que no va a estar en posición fija entonces la mejor opción son las tarjetas internas. Al escoger entre las PC's se tiene que ver para quien está dirigida, si el encargado del monitoreo tiene nociones de programación o configuración del sistema operativo (generalmente va a ser windows, por su masificación) no hay razón de poner una PC normal, pero si el encargado no sabe qué hacer si se cierra mal el sistema operativo o si alguien le mete mano y no pudiera llegar a resolver los problemas, lo más recomendado es una PC industrial ya que solo al encenderla se tendría acceso al software encargado del monitoreo. El escoger el software más apropiado es importante pero eso lo mencionaremos más adelante.



Figura 5.7 de RS-232 a RS-485

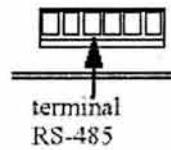


Figura 5.8 puerto de conexión RS-485

Ya tenemos gran parte de la estructura física de la red, ahora solo queda establecer sus interconexiones, es decir, como vamos a conectar los dispositivos como transductores, lo que se llama la topología de la red. Esta topología debe de cumplir con la red LAN y con el estándar RS-485, como ya se vió en el capítulo cuatro hay unas que funcionan con RS-485 y otras no.

Para explotar al máximo las características de RS-485 se pueden conectar todos los transductores en una sola línea, es decir, que se permita la comunicación con todos los transductores y estos a la central, por lo que se propone una red multipunto en forma de bus, ver figura 5.9, con esto la información será compartida para todos los dispositivos, si se quiere incrementar otro dispositivo cuando la red este lista, sólo se tiene que conectar a lo ya hecho, por lo que no se tiene que abrir la red, ni dejar de servir por unos instantes.

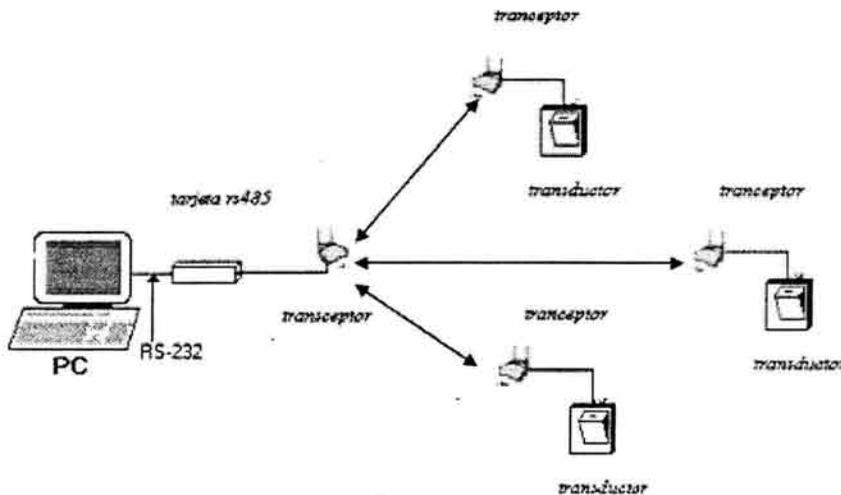


Figura 5.9 Esquema de la red tipo bus

Como todos los dispositivos pueden recibir y mandar a la vez existe un problema ya que los transductores pueden estar mandándoles su información a otros transductores y eso no es lo que queremos, ya que la computadora va a fungir como central quien les estará mandando la información y a la vez ella pedirá la información, para esto hay que establecer la jerarquía de los dispositivos. RS-485 permite al hacer una conexión de cuatro alambres (más dos de tierra, opcionales) poder configurar los dispositivos en maestro o esclavo, los cables serían Tx+, Tx-, Rx+, Rx- y Gnd (ver figura 5.10). Ahora bien, el único que debe ser maestro es la computadora, ella va a pedir o preguntar si la información esta lista, esto lo hará a cada transductor, y cada transductor le confirmará y le mandará su información, pero esto no lo hace en el mismo instante, ya que la comunicación es half-duplex, primero pregunta si hay información y se tiene que deshabilitar el canal, para que pueda responder el transductor y mandar la información.

La información de cada transductor, aunque llegue a los demás transductores solo la computadora podrá recibir la información.

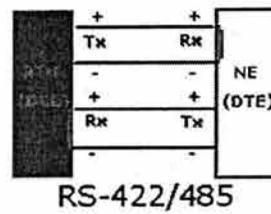


Figura 5.10 cuatro cables de RS-485

Para la asignación de maestros o esclavos, se tiene que establecer cuales van a ser esclavos y quien el maestro, teniendo ya establecido se tiene que colocar los transmisores y receptores con la modalidad seleccionada. La modalidad de esclavo o maestro se puede tener de origen, es decir, cuando se van a comprar los transmisores o receptores se piden como maestro o como esclavo, o se pueden configurar por medio de switch que permita cambiar a esclavo o maestro según sea nuestra conveniencia.

La figura 5.11 muestra una configuración de cuatro alambres para varios dispositivos:

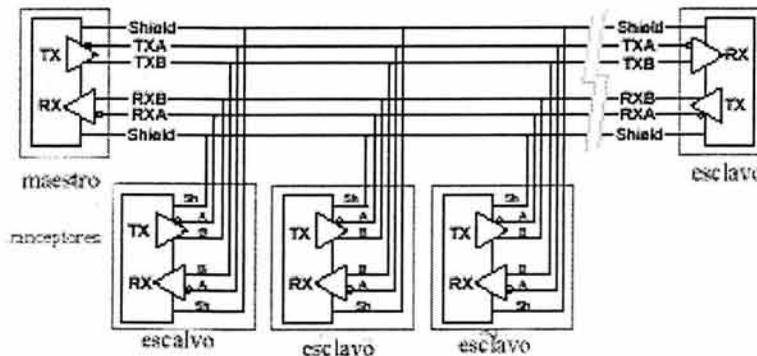


Figura 5.11 configuración cuatro alambres

Como se ve en la figura tanto los transmisores como los receptores deben de ir inversos, es decir, los cables Tx+ y Tx- del maestro deben de ir al Rx+ y Rx- de los esclavos y los Rx+ y Rx- del maestro deben de ir a los Tx+ y Tx- de los esclavos, esto para que el transmisor del maestro llegue a los esclavos y la información de los esclavos llegue al maestro.

Ahora como se va a mandar información del maestro a un esclavo en específico, para esto se da una dirección a cada transceptor, es decir, se le asigna una dirección del 0 al 256, que es propia y única de cada transceptor, de esta manera solamente un transceptor es dueño de una dirección, así cuando la computadora en forma de maestro mande a pedir información de un sólo transceptor, todos los transceptores reciben el mensaje pero el único que puede contestar el mensaje es el dueño de la dirección de envío. La asignación de direcciones también es variante de acuerdo a cada productor de transceptores, ya que unos se pueden habilitar por medio de un software que proporciona el fabricante o en forma física, los transceptores cuentan con unos dipswitch que se configuran en forma binaria para obtener una dirección.

Las órdenes y el número de caracteres que deben existir para que no haya conflictos va a ser el encargado de toda la comunicación, el protocolo más utilizado en la industria es el MODBUS en sus dos configuraciones, ya sea en forma ASCII o en RTU, que se explicó en el capítulo cuatro, por lo que escogeremos este protocolo para las comunicaciones.

Para escoger un cierto dispositivo como los radio módems o los transceptores, deben cumplir en que deben tener un puerto de comunicación RS-485 que se pueda configurar en forma de cuatro alambres y que se manejen bajo el protocolo MODBUS, de lo contrario no se va a poder establecer la comunicación.

Por último el encargado de poder manejar la información que mandan los transceptores de los transductores y que llegan a la computadora va a ser un software de control. Existen un gran número de software como el labview que pueden controlar las entradas y que se pueden configurar, mediante un gran número de programas, cada cuanto se va a rastrear en cada transductor y como va a ser la presentación de los datos, es decir, si solo aparecen números que al encargado del monitoreo le signifiquen algo o en forma gráfica para ver mejor cuando haya un problema y poderlo resolver. Por lo que solo bastaría escoger el tipo de software y configurarlo de acuerdo a los dispositivos que se hayan escogido.

CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

Ya que esta la red conformada solo hay que establecer las conexiones entre los dispositivos.

Como los transductores van a estar directamente conectados al motor o al UPS haciendo las lecturas, se requiere que se conecten también a los transceptores, esto es mediante cable.

Hay un problema antes mencionado el cual consiste en que el motor genera mucha interferencia electromagnética (EMI). Estas EMI dependen del tamaño del motor y este a su vez de la potencia que tenga de diseño. Una solución para las EMI es alejar los dispositivos de transmisión y de recepción en forma inalámbrica a un cuarto o un muro, para que las EMI sean de menor intensidad y los transceptores no se vean afectados por el motor. Para dar mayor protección de las EMI se va a realizar la conexión entre transductores y transceptores por medio de cable de 5 ó 6 hilos, de preferencia par trenzado para evitar la diafonía, y un blindaje en el cable, que captará las EMI del motor y no las dejará pasar al cable que cuenta con la información. El cable requerido va a depender de las instalaciones, ya que habrá que alejar unas más que otras de acuerdo a los obstáculos que se presentan durante la instalación.

En la figura 5.12 se aprecia la conexión entre transductor y transceptor.

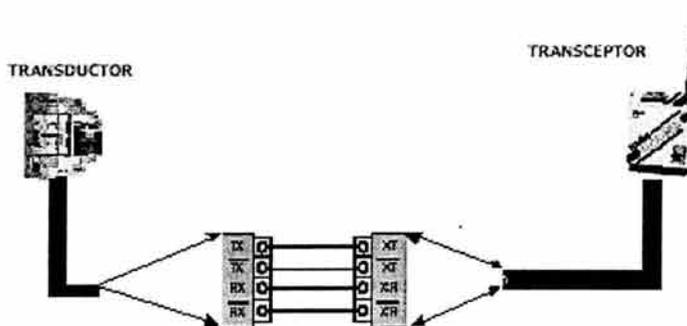


Figura 5.12

La estación central va a estar ubicada lejos del motor por lo que sus EMI no le afectarían pero esta propensa a otras interferencias provenientes de aparatos radioeléctricos, por lo que de igual manera hay que protegerlo con el mismo blindaje. La distancia de conexión entre la computadora o la tarjeta de interfaz externa y el transceptor bastará con ser de uno o dos metros. La figura 5.13 y 5.14 muestran las conexiones.

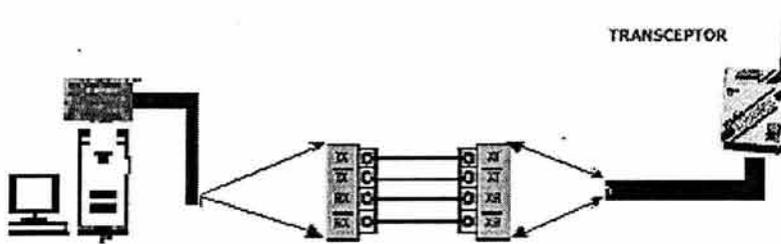


Figura 5.13 Conexión con placa interna

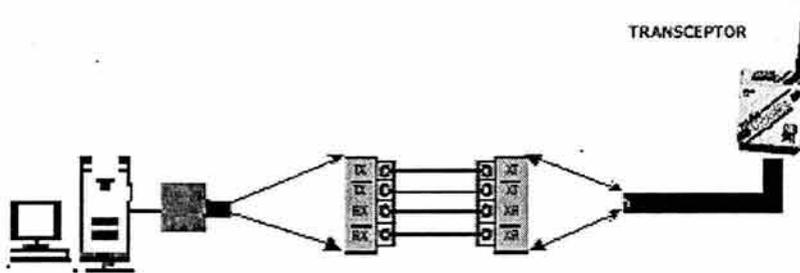


Figura 5.14 Conexión con placa externa

SEGURIDAD

Ya tenemos la red, los dispositivos de medición, transmisión, recepción, interfaz y PC, pero falta un tema importante, la seguridad.

Dependiendo a qué se dedique la empresa a monitorear, querrá mayor grado de efectividad de que no se quedará sin energía eléctrica, que le produciría pérdidas, por lo que puede haber gente interesada en piratear o sabotear el monitoreo para obtener un provecho.

Para la conexión cableada será más difícil que la espíen debido a que las conexiones son directas, es decir, van de la central a un transceptor y de este a un transductor y a otro transceptor, sin cortes, por lo que no habrá conexiones de alargamiento. Si se requiere poner otro dispositivo este se conectaría al último que se conectó.

Si la red fuese inalámbrica aquí si estaríamos propensos a que cualquier persona pueda ver que esta pasando con nuestras variables y saber cuando se encuentran mal, esto es debido a que las ondas viajan por el espacio y cualquiera con un receptor puede captar la señal.

Para evitar que la información llegue a otras personas o que si captan la información no la puedan entender, con esto procuramos que solo el destinatario pueda saber el mensaje y esto se hace mediante la encriptación.

El encriptado es la transformación de información en signos ilegibles para quien no disponga de una clave que permita descifrarlos. Su propósito es asegurarle al usuario privacidad, ocultando la información de aquellos a quienes no está dirigida, incluso de aquellos que tienen acceso a la información encriptada.

El encriptado otorga seguridad a las comunicaciones que se producen a través de cualquier medio, inclusive un medio inseguro.

¿Cuáles son los Desafíos en la Seguridad de las Redes Inalámbricas?

- 1.- Cualquiera dentro de un radio de 100 metros puede ser un intruso potencial.
- 2.- Las acreditaciones del usuario se deben poder intercambiar con seguridad.
- 3.- Debe ser capaz de asegurar la conexión con la red de trabajo correcta.
- 4.- Los datos se deben poder transmitir con seguridad a través de la utilización apropiada de llaves de encriptación.

WEP

Para proteger los datos que se envían a través de las WLAN's, el estándar 802.11b define el uso del protocolo WEP (Wired Equivalent Privacy). WEP intenta proveer de la seguridad de una red con cables a una red inalámbrica, encriptando los datos que viajan sobre las ondas radioeléctricas en las dos capas más bajas del modelo OSI (capa física y capa de enlace).

El protocolo WEP está basado en el algoritmo de encriptación RC4, y utiliza claves de 64 bits o de 128 bits. En realidad son de 40 y 104 bits, ya que los otros 24 bits van en el paquete como Vector de Inicialización (IV). Se utiliza un checksum para prevenir que se inyecten paquetes.

LLAVES

La llave de 40 ó 104 bits, se genera a partir de una clave (passphrase) estática de forma automática, aunque existe software que permite introducir esta llave manualmente.

La clave o passphrase debe ser conocida por todos los clientes que quieran conectarse a la red inalámbrica que utiliza WEP, esto implica que muchas veces se utilice una clave fácil de recordar y que no se cambie de forma frecuente.

A partir de la clave o passphrase se generan 4 llaves de 40 bits, sólo una de ellas se utilizará para la encriptación WEP.

Este es el proceso que se realiza para generar las llaves:

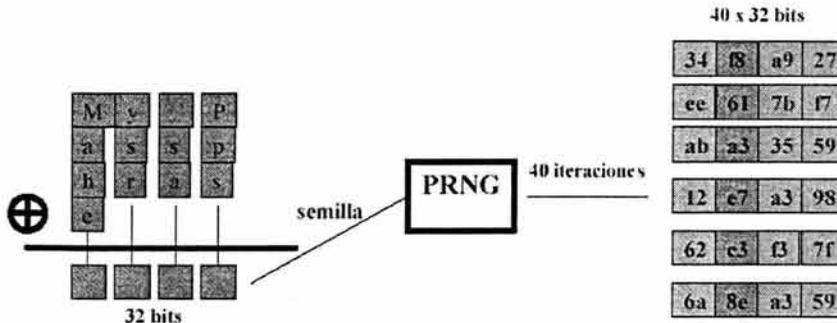


Figura 5.15

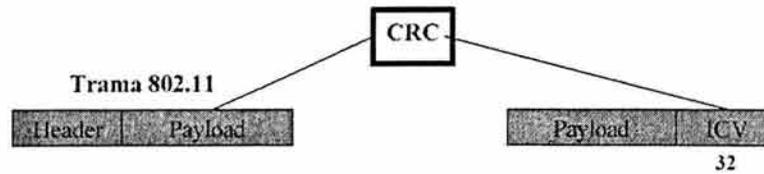
Se hace una operación XOR con la cadena ASCII (My Passphrase) que queda transformada en una semilla de 32 bits que utilizará el generador de números pseudoaleatorios (PRNG) para generar 40 cadenas de 32 bits cada una.

Se toma un bit de cada una de las 40 cadenas generadas por el PRNG para construir una llave y se generan 4 llaves de 40 bits.

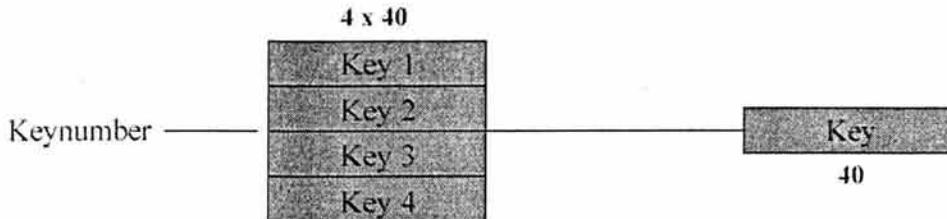
ENCRIPCIÓN

Para generar una trama encriptada con WEP se sigue el siguiente proceso:

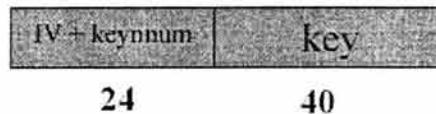
Se parte de la trama que se quiere enviar. Esta trama sin cifrar está compuesta por una cabecera (Header) y contiene unos datos (Payload). El primer paso es calcular el CRC de 32 bits del payload de la trama que se quiere enviar. El CRC es un algoritmo que genera un identificador único del payload en concreto, que sirve para verificar que el payload recibido es el mismo que el enviado, ya que el resultado del CRC será el mismo. Se añade este CRC a la trama como **valor de chequeo de integridad** (ICV: Integrity Check Value):



Por otra parte se selecciona una llave de 40 bits, de las 4 llaves posibles:



Y se añade el **Vector de Inicialización (IV)** de 24 bits al principio de la llave seleccionada:



El IV es simplemente un contador que suele ir cambiando de valor a medida que se generan tramas, aunque según el estándar 802.11b también puede ser siempre cero.

Con el IV de 24 bits y la llave de 40 se consiguen los 64 bits de llave total que se utilizarán para encriptar la trama. En el caso de utilizar encriptación de 128 bits se tendrían 24 bits de IV y 104 de llave.

Llegado a este punto, se aplica el algoritmo RC4 al conjunto IV+Key y se consigue el keystream o flujo de llave. Realizando una operación XOR con este keystream y el conjunto Payload+ICV se obtendrá el Payload+ICV cifrado, este proceso puede verse en el siguiente gráfico. Se utiliza el IV y la llave para encriptar el Payload + ICV:

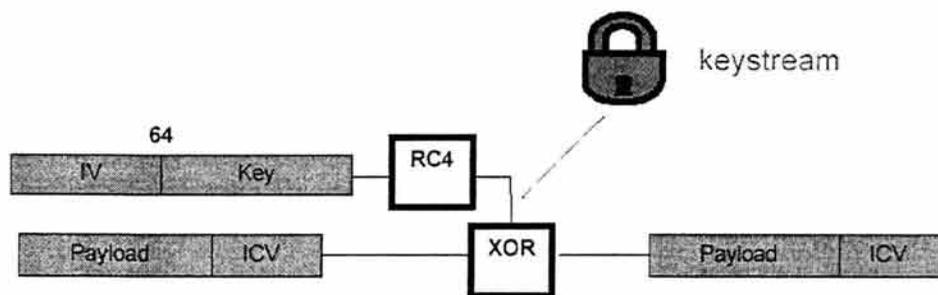


Figura 5.16

Después se añade la cabecera y el IV+Keynumber sin cifrar. Así queda la trama definitiva lista para ser enviada:



El proceso de encriptación en conjunto se ve resumido en este esquema:

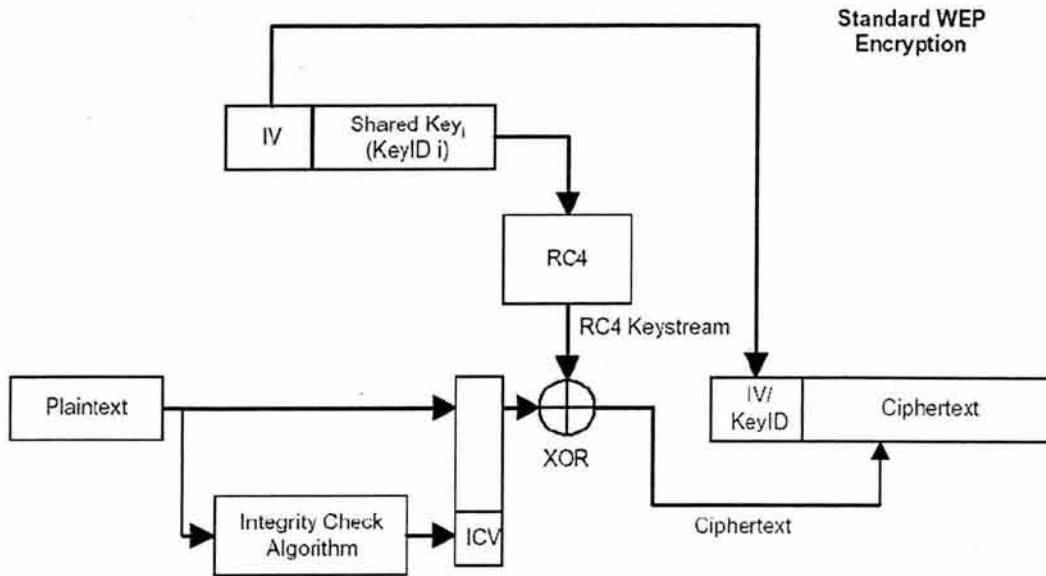


Figura 5.17

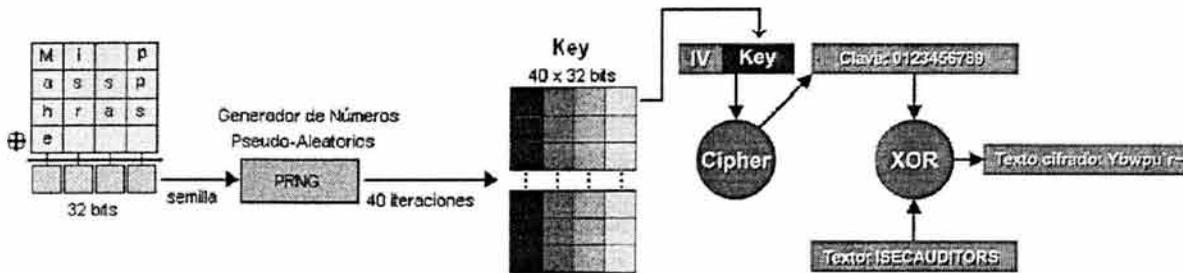


Figura 5.18

DESENCRIPTACIÓN

Ahora vamos a ver el proceso que se realiza para descifrar una trama encriptada con WEP. Se utiliza el número de llave que aparece en claro en la trama cifrada junto con el IV para seleccionar la llave que se ha utilizado para cifrar la trama:

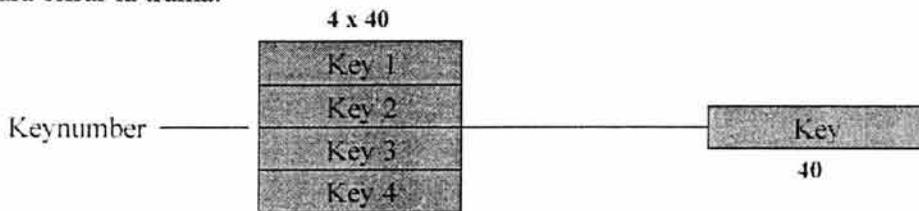


Figura 5.19

Se añade el IV al principio de la llave seleccionada, consiguiendo así los 64 bits de llave. Aplicando RC4 a esta llave obtenemos el keystream válido para obtener la trama en claro (plaintext) realizando una XOR con el Payload+ICV cifrados y la llave completa como se describe a continuación.

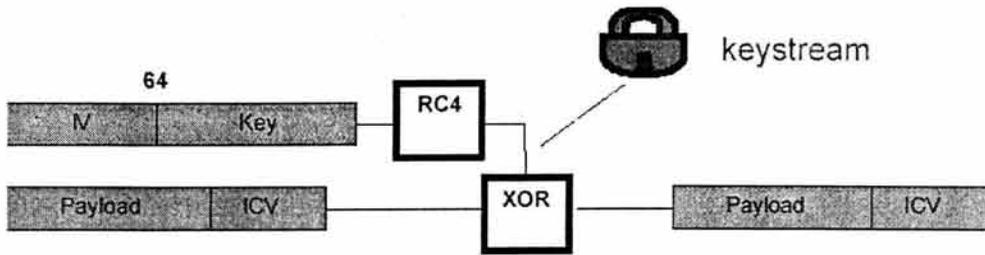


Figura 5.20

Una vez obtenido el plaintext, se vuelve a calcular el ICV del payload obtenido y se compara con el original. El proceso completo puede verse en el siguiente esquema:

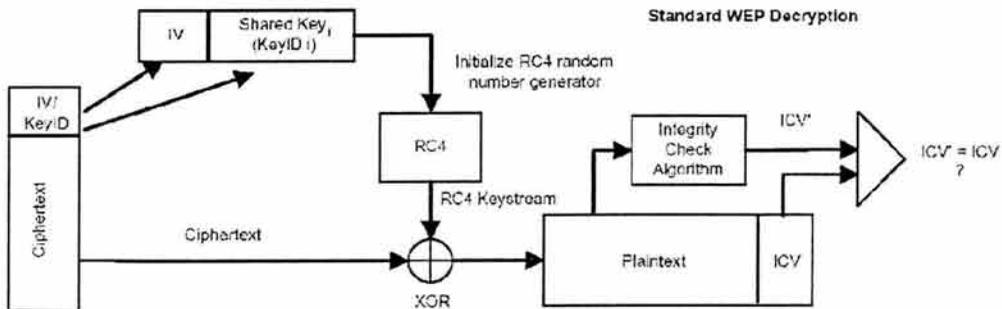


Figura 5.21

Todo el proceso de encriptación y descifrado se puede describir en la siguiente figura:

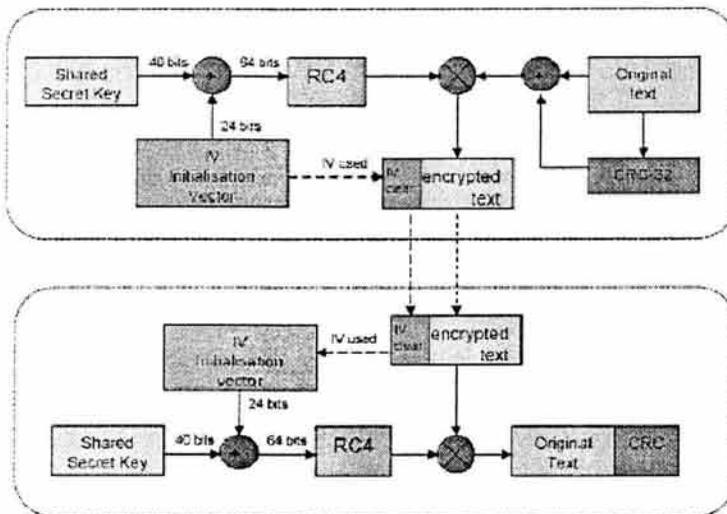


Figura 5.22

Debilidades de WEP:

- * Longitud del vector IV (24 bits) insuficiente.
- * El IV se repetirá cada cierto tiempo de transmisión continua para paquetes distintos, pudiendo averiguar la llave compartida.
- * Utilización de llaves estáticas, el cambio de llave se debe realizar manualmente.
- * A pesar de todo, WEP ofrece un mínimo de seguridad.

La figura 5.23 esquematiza la forma en que quedaría la red:

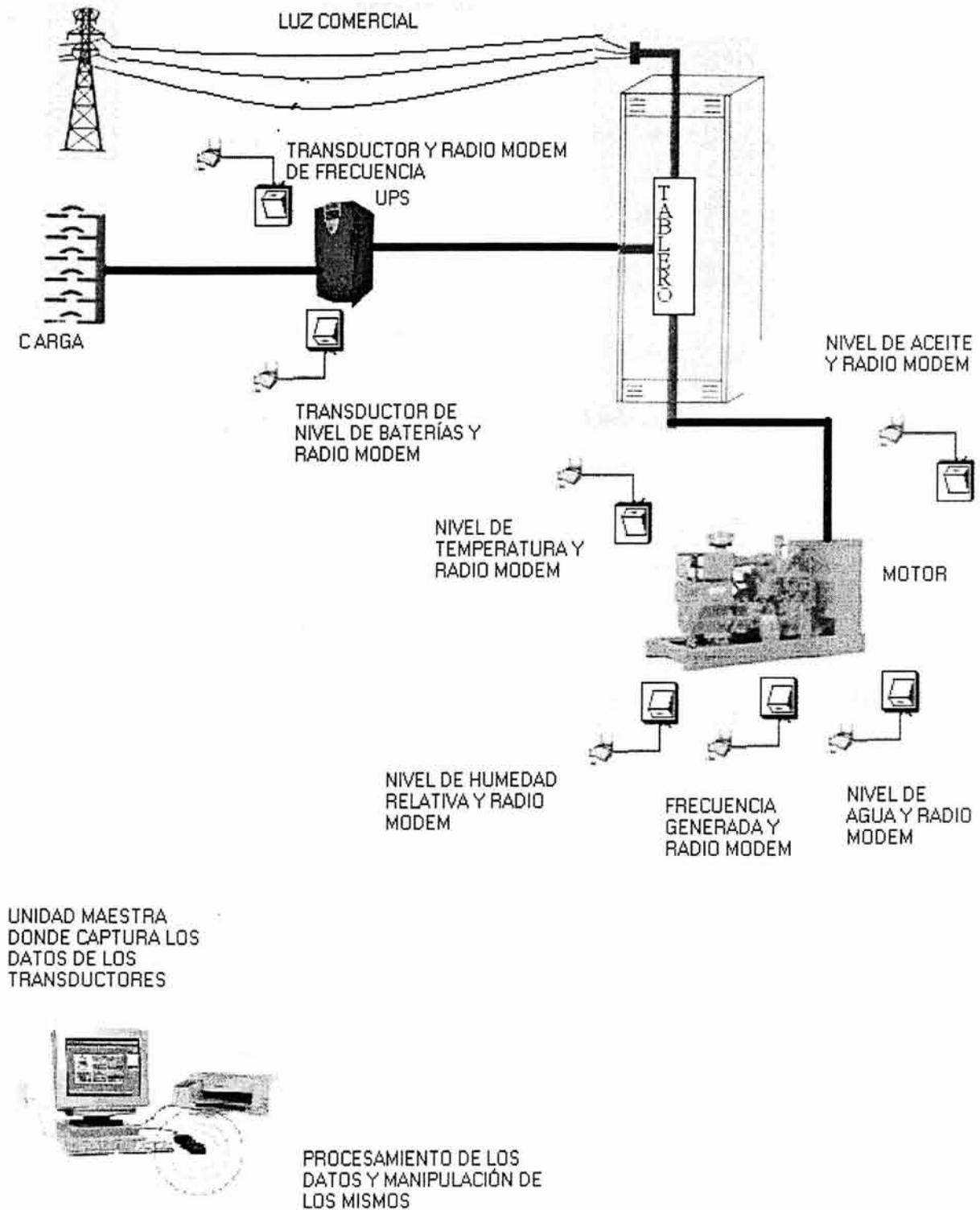


Figura 5.13 Esquema de la red.

CAPITULO 6 DISPOSITIVOS QUE COMPONEN LA RED

Realizando una investigación en el mercado se encontraron los siguientes dispositivos que son necesarios para conformar nuestra red, estos dispositivos que a continuación se mencionan, son solo una parte de todos los que existen actualmente sobre este tipo de red, debido a que este mercado es muy grande y hay proveedores en todo el mundo.

Dividimos el siguiente capítulo en tres apartados, el primero es llamado como el Sistema de Medición y se refiere a todos aquellos dispositivos que tienen como función, medir alguna variable física dentro de la red. Los dispositivos de medición son los siguientes: transductor de temperatura, transductor de Humedad relativa y el transductor de nivel.

El segundo apartado tiene el título de Sistema de Transmisión y Recepción, ya que estos dispositivos son necesarios para enlazar nuestros transductores con la parte de monitoreo y captura de datos, es decir, unos dispositivos van a enviar las mediciones de los transductores y otro va a recibir estas mediciones para la captura de datos. Estos dispositivos son los transmisores, receptores y transepectores, decidimos enfocarnos en los transepectores por facilidad, ya que este dispositivo contiene al transmisor y al receptor.

El tercer apartado tiene el nombre de Sistema de Monitoreo y Captura de Datos, este se refiere como su nombre lo dice a la observación constante de las variables físicas medidas por los transductores, pero además de observar estas mediciones también vamos a almacenar estas con el fin de obtener el comportamiento de la variable en un período determinado.

Si se quisiera implementar la red, los dispositivos se escogerían de acuerdo a las necesidades y recursos de la empresa, ya que existen en el mercado muchos dispositivos similares pero con diferentes precios y características.

SISTEMA DE MEDICIÓN

Como resultado de la búsqueda en la Web, encontramos los siguientes proveedores de transductores de temperatura, humedad relativa y nivel, que son los siguientes:

- **CARREL & CARREL LTD TRANSDUCTOR de TEMPERATURA**

Modelo LP-TRD Pt100 MODBUS

El LP-TRD convierte el valor de la resistencia del elemento platino Pt100 en una señal digital vía RS-485, dato serial utilizando el protocolo MODBUS, la señal RS-485 es proporcional a la temperatura. El método que se utiliza para la conexión es de tres alambres y la señal Pt100 es completamente lineal. La fuente de la entrada, de la salida y de alimentación galvánica se aísla.



Figura 6.1

Especificaciones Básicas:	
Entrada	Sensor Pt100 con la remuneración de tres plomos
	Intervalo estándar : 0 - 400°C
	Detección de la corriente : C.C. 5mA
	Resistencia del cable : <100Ohms per leg matched
Salida	Protocolo MODBUS RS485 con cable de par trenzado
	: 12 resoluciones del pedacito en entero sin signo de 16 pedacitos
	: 0 - 400°C = 0 - 4000, lsb = 0.1°C
	Velocidad : kBaud 9,6/19,2
	Direcciones Del Nodo : 1 a 63 (máximo 32 nodos por la sección del bus)
	Registro : 40001
Exactitud	Clase A al estruendo 43760 : $\pm(0.15 + 0.002t)^\circ\text{C}$
Aislamiento	2 kV para 1 minuto entre la entrada, salida y fuente de alimentación circula

• TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA RTD

USOS TÍPICOS

El M100-RTD supervisa la resistencia de cualquier Platino de 100 ohms o níquel de 120 ohms. Aumentará la resistencia del RTD mientras se levante la temperatura, enrarece el cambio de la resistencia y se detecta por el M100-RTD, que proporciona una salida correspondiente a la temperatura que se esta midiendo. La temperatura contra la resistencia valorada, es proporcionada por el surtidor del RTD utilizado. La medida del RTD de temperatura se utiliza en grandes transformadores y motores grandes, para asegurar que la temperatura de la bobina no se levante a un nivel que pueda dañar esta.

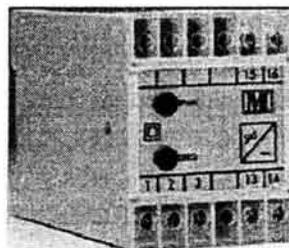


Figura 6.2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Entrada entrada de 2 ó 3 alambres	
Ohm RTD De la Pinta 100 Del Platino	palmo mínimo 20 ohms palmo máximo 240 ohms
Ohm RTD Del Ni 120 Del Níquel	palmo mínimo 24 ohms palmo máximo 240 ohms

Salida	
Valor clasificado mA	0-1/5/10/20 y 4-20mA
Volts Clasificados Del Valor	0-5/10 y 1-5 volts
Exactitud	Clase el $\pm 0.5\%$
Ajuste	
Cero	$\pm 2\%$
Palmo	$\pm 10\%$
Auxiliar	
Voltaje CA	115/230/400 voltio (el $\pm 25\%$ /45-65Hz/< 2VA)
Voltaje de CC	24/48/100V (el $\pm 20\%$ galvánico aislado < 3W)
Peso Y Tamaño Del Caso	
Aproximadamente. caso de 0.3kg 55mm	

• **TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA TERMOPAR**

USOS TÍPICOS

Los M100-tj1 y los TK1 son termopares del tipo J y K respectivamente. Los termopares se hacen a partir de dos metales diferentes y como se levanta la temperatura, los mV a través del termopar aumentan. Los milivolts del voltaje desarrollado corresponden al cambio en la temperatura, los fabricantes del termopar proporcionan las tablas que muestran temperatura contra caída de voltaje. El M100-tj1 y el TK1 miden este cambio del voltaje y lo convierten a una señal de salida que corresponda a la temperatura que es supervisada. La salida del M100-tj1/tk1 no es lineal. La medida de la temperatura del termopar se utiliza en una variedad de usos incluyendo la supervisión de la temperatura en los hornos.

OPCIONES

- Entradas/salidas no estandarizadas.
- Auxiliar de la CA en gamas 57,7 a 450 volts.
- Calibración en la temperatura con excepción de 23°.

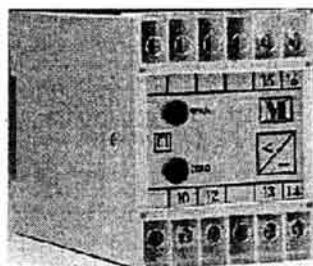


Figura 6.3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Entrada	
J Fe/Const.	Mínimo. Gama 0-185°C (10mV) máximo. Gama 0-870°C (50mV)
K NiCr/NiAl	Mínimo. Gama 0-245°C (10mV) máximo. Gama 0-1230°C (50mV)

Impedancia	> 10 kOhm
Rotura Del Termopar Protección	Upscale o abajo escala opcional
Ensambladura Fría Remuneración	Automático sobre la gama 0-50°C
Sobrecarga	10 continuos entrada x
Salida	
Valor clasificado mA	0-5/10/20 y 4-20mA
Resistencia De la Carga	kOhm 12/2,4/1,2/0,6
Voltios Clasificados Del Valor	0-5/10 y 1-5V
Ajuste	
Cero	±2%
Palmo	±10%
Auxiliar	
Voltaje ca	115/230/400 voltio (el ±25%/45-65Hz/< 2VA)
Voltaje de C.C.	24/48/100V (el ±20% galvánico aislado < 3W)
Cero	±2%
Peso Y Tamaño Del Caso	Aproximadamente. caso de 0.4kg 55mm

DIAGRAMA DE CONEXIONES

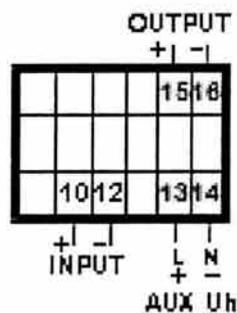


Figura 6.4

• TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA TIPOS TDT 150 Y TDT 420

Los Transductores de temperatura TDT son dispositivos con los cuales se puede convertir la variación de valor óhmico de un sensor térmico en una señal proporcional de corriente. La señal sirve para activar:

- Instrumentos indicadores convencionales de bobina móvil.
- Indicadores digitales de temperatura.
- Registradores de temperatura.
- Centros de control y procesamiento de datos.

Bajo el aspecto eléctrico, los transductores TDT son especialmente concebidos y desarrollados para atender las severas condiciones de fallas de tensión, normalmente presentes en las subestaciones eléctricas y generadoras.

Bajo el aspecto mecánico, son proyectados y contruidos para garantizar gran robustez y resistencia a los choques y vibraciones, lo que los hace apropiados para su instalación directa en grandes transformadores y generadores, o cualquiera aplicación sujeta a sollicitaciones mecánicas rudas. Están disponibles en la versión de caja de acero con pintura electrostática ceniza oscura y caja en plástico ABS negro.

SENSORES DE TEMPERATURA

En sus versiones normales, el transductor TDT es apropiado para ser conectado a un sensor Pt 100 (resistencia de platino de 100 ohms a 0 °C) o Cu 10 (resistencia de cobre de 10 ohms a 25 °C). Bajo especificación, los transductores TDT se suministrarán para otros sensores térmicos, mientras sea conocida la relación temperatura x valor óhmico del sensor.

DATOS TÉCNICOS

Circuito de Entrada

Magnitud de medición: resistencia óhmica

Principio de medición: circuito en puente

Campo de medición:

100 a 160 ohms (para sensor Pt 100)

9 a 15 ohms (para sensor Cu 10)

-Corriente de salida y respectiva carga:

TDT 150:

0 a 1 mA, Re = 0...10.000 ohms

0 a 5 mA, Re = 0....5.000 ohms

0 a 10 mA, Re = 0....1.000 ohms

TDT 420:

4 a 20 mA, Re = 0....1.000 ohms

Observación: El rango de la corriente de salida define la designación de tipos para los transductores. Los que tienen 4-20 mA son tipo TDT 420. Los demás, tipo TDT 150.

-Clase de precisión $\pm 0,5\%$; Linealidad $\pm 0,5\%$ (referidas al fin de la escala y a lo largo de esta).

Reproductibilidad $\leq 0,2\%$

Influencia de la temperatura $\leq 0,2\%/10\text{ °C}$ (referencia 25 °C)

Ondulación residual $< 2\%$

Tiempo de respuesta $< 40\text{ms}$

Condiciones climáticas:

Operación 0...60 °C

Almacenaje y transporte -25...+75 °C

Humedad relativa $\leq 75\%$ media anual.

Alimentación: Preferentemente en: C.A. 50 o 60 Hz, 110, 127 y 220V.

C.C. 125V. Otros valores de tensión, solamente bajo consulta.

Consumos: C.A.-> 10 VA; C.C. -> 5W



Figura 6.5

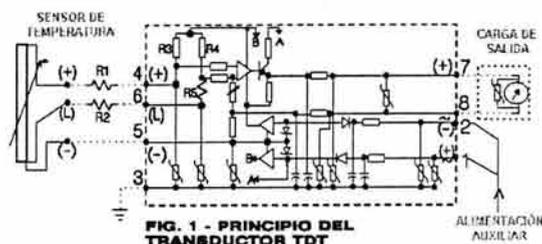


FIG. 1 - PRINCIPIO DEL TRANSDUCTOR TDT

Figura 6.6

- **TRANSDUCTORES INTELIGENTES DE TEMPERATURA Y DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE CON SALIDA EN SERIE DE RS485 O RS232**

El diseño automatizado asegura estabilidad a un plazo largo. Las cantidades medidas se convierten para una salida digital mediante RS-485 o los parámetros de RS-232. El protocolo de comunicación es compatible con el estándar de Advantech. Los valores medidos pueden estar en unidades utilizadas en ingeniería (IEEE754). Es posible leer la configuración del transductor, su tipo, y su versión. Se puede modificar los parámetros de la comunicación incluyendo la activación el CRC y calibración del transductor. Se indica cuando el sensor se encuentra en cortocircuito. Los transductores RS-485 tienen capacidad para un direccionamiento disponible en la gama de 0-255.. Los transductores de la humedad del aire se diseñan para el uso en ambientes no hostiles.

Parámetros técnicos:	
Sensor de temperatura:	RTD Ni1000-6180ppm/°C
Gama de temperaturas de medición:	-30 a +80°C modelos Nh485-150, nh485-700: -30 a +105°C en el extremo del tubo con los sensores
Exactitud:	±0.4°C en la gama de -30 a +80°C
Gama de humedad relativa del aire que mide:	0 a 100%
Exactitud:	del ±2.5% en la gama de 5 a el 95% en 23°C
Gama de respuesta de la temperatura del sensor de la humedad:	-30 a +105°C
Energía:	C.C. de 9 a 30 V
Protección del caso con electrónica y terminales:	IP65
Capacidad de filtración de la cubierta de bronce sinterizada del sensor:	0.025m m
Protocolo de comunicación :	compatible con el estándar de Advantech
Velocidad de la comunicación:	1200.2400.4800.9600.19200 Bd

• **TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA CON EL SENSOR RTD Ni1000/6180 PPM Y SALIDA SERIAL RS-485 O RS-232**

El Ni1000 es un transductor de temperatura con la salida en serie RS-485. El circuito de comunicación esta aislado galvanicamente del circuito de la energía. El transductor contiene un circuito electrónico con las terminales de la interconexión en caso de plástico impermeable. Es posible pedir varias puntas de prueba de temperatura para los transductores Ni-RS-232 y Ni-RS-485.

USOS

Midiendo la temperatura y teniendo un control de la humedad relativa del aire en:

- Almacenes.
- Invernaderos.
- Fabricas.
- Museos, archivos, galerías.
- Cuartos con aire acondicionado.
- Estaciones meteorológicas.

Parámetros técnicos:	
Gama de temperaturas que mide:	-50 a +250°C
Exactitud de la entrada sin puntas de prueba:	±0.2°C a partir de la -50 a +100°C, el ±0.2% de la lectura a partir del +100 a +250°C
Exactitud incluyendo puntas de prueba:	±0.4°C a partir de la -50 a +100°C, el ±0.5% de la lectura a partir del +100 a +250°C
Gama de temperaturas de funcionamiento:	-30 a +80°C
Energía:	C.C. de 9 a 30 V
Protección:	IP65
Protocolo de comunicación :	compatible con el sistema de Advantech
Velocidad de la comunicación:	1200.2400.4800.9600.19200 Bd

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

• MAX3157 TRANSCCEPTOR CMRR RS-485 CON EL AISLAMIENTO DE ± 50 V.

El MAX3157 tiene interfaz de comunicación de datos CMRR RS-485/RS-422 en un microcircuito híbrido y cuenta con una protección máxima de ± 50 V. Una sola fuente de +5 V acciona ambos lados de la interfaz. Cada MAX3157 contiene un transmisor y un receptor y está garantizado para funcionar con velocidades de datos de hasta 250kbps. El transmisor está limitado en corriente de cortocircuito y protegido de la disipación de energía por un circuito térmico en las salidas del transmisor en un estado de alta impedancia. La entrada del receptor tiene una característica a prueba de averías que garantiza una buena recepción si las entradas están abiertas, puestas en cortocircuito, o conectadas a transmisores deshabilitados.

El MAX3157 consume típicamente 25 mA de la corriente de la fuente cuando está descargado o cuando está cargado completamente con el transmisor inhabilitado. El dispositivo es seleccionable entre el modo half y full-duplex y también ofrece fase programable independientemente en la salida del receptor y del transmisor a través de los pines separados. El MAX3157 es un reemplazo barato para los transceptores opto-aislados.

CARACTERÍSTICAS:

- Interfaz de datos aislada ± 50 V.
- Fuente de alimentación de +5 V.
- Reemplazo barato para los transmisores-receptores Opto-Aislados.
- Receptor a prueba de averías.
- Operación seleccionable de Full/Half-Duplex.
- Controles de fase para corregir la inversión del par trenzado.
- Modo de baja potencia 25 μ A.
- Paro térmico para la protección de la sobrecarga del transmisor.
- Velocidad de transmisión reducida por las ondas EMI.

USOS PRINCIPALES:

- Equipo de prueba automatizado.
- Mantenimiento de la energía.
- Cámaras de seguridad.
- Acceso de alta velocidad (Telecom).
- Sensores Industriales (Transmisores/Transductores).
- Motor y control del movimiento.
- Terminales de la Posición.
- PLC.
- Instrumentos de prueba y medición.
- Diagnóstico de rayos x y ultrasonido.

ESPECIFICACIONES: Rs-422/485 Línea Transmisor/Receptor

Número De Pieza	No de Tx/Rx	Duplex	V _{cc} (v)	Typ. I _{cc} (mA)	Vel. de datos (kbps)	En De Tx	En De Rx	Typ. Parada I _{cc} (μ A)	No. de Rx/Tx en el bú	Rx de seguridad con las entradas:	Gama de Op. Sys. (°C)	Paquete
MAX3157	1Tx + 1Rx	Half/Full	+5	25	250	Sí	Sí	25	4	Abierto o puesto en cortocircuito	-40 a +85 0 a +70	28/PDIP.600 28/SSOP

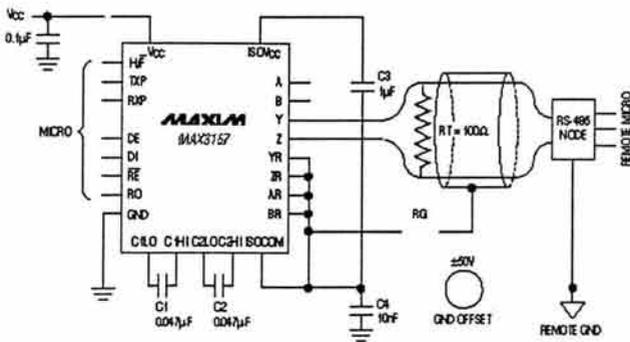
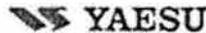


Figura 6.7



• **RADIOMODEM RM-9634**

El Radio módem RM-9634 es un transceptor multicanal que incorpora un módem de banda base con modulación GMSK y una interfaz de datos serie. El RM-9634 ofrece operaciones totalmente transparentes, independientemente del protocolo de los datos. Se pueden alcanzar velocidades sobre el aire de hasta 96 kbps, y se pueden recibir datos serie a varias velocidades, hasta 19,200 baudios.

Es posible el acceso a todos los parámetros configurables por el usuario utilizando los interruptores situados en el cuadro de control y monitorear el estado operativo es muy sencillo gracias a sus indicadores LED's estándar.

Radio Transceptor sintetizado FM UHF

- Canal RF, Dirección y Nivel de potencia Tx seleccionables por el usuario.
- Transmisión de datos serie transparente a 9,600 bps.
- LED's indicadores para función radio, potencia de señal y estado de línea serie.
- Interfazes de datos serie RS-232 y RS-485
- Corrección de errores hacia adelante (FEC).
- Seis modos de operación, incluyendo Síncrono, Asíncrono, Módem y Repetidor.
- Petición Automática de Respuesta (ARQ).
- Compatibilidad con protocolos MODBUS (ASCII y RTU) y paquetes SCADA.



Figura 6.8



• TRANSCEPTOR DS36C279

El DS36C279 es un transceptor diferenciado de baja potencia con línea bus diseñado para resolver los requisitos del estándar RS-485 para la transmisión de datos con múltiples puntos. Además es compatible con TIA/EIA-422-b.

La característica del modo en espera pone automáticamente al dispositivo en ahorro de energía cuando el transmisor y el receptor son deshabilitados. El dispositivo es ideal para usarse en aplicaciones donde la falta de energía por largos periodos deshabilita a otros dispositivos.

Las salidas del transmisor y del receptor ofrecen capacidad de Tri-state®. Las salidas del transmisor funcionan sobre la gama de -7 V a +12 V. En situaciones de avería el dispositivo contiene un circuito térmico que lleva a las salidas del transmisor a un estado de alta impedancia.

El receptor incorpora un circuito seguro de falla que garantiza un estado alto en la salida cuando las entradas se dejan abiertas.

El DS36C279T se especifica completamente sobre la gama de temperaturas industrial (-40°C a +85°C).

CARACTERISTICAS

- Operación garantizada del dispositivo en RS-485.
- Diseño de baja energía: Icc máxima de 500 μ A.
- Modo de detección automático de espera.
- Gama de temperaturas industrial: -40°C a +85°C.
- Circuito térmico.
- Previene daño al dispositivo en la disipación excesiva de la energía.
- Gama de operación: -7 V a +12 V.
- Entrada a prueba de averías.

Tabla de Parámetros		Tabla de Parámetros	
Temperatura mínima (grados C)	-40	Voltaje de Fuente (Volts)	5
Máximo de la temperatura (grados C)	70, 85	Voltaje de otra fuente	-
Transmisores	1	Proceso	Cmos
Receptores	1		



• SN65HVD1176, TRANSCEPTOR DE PROFIBUS RS-485

Este dispositivo es un transceptor half-duplex diferenciado, con las características optimizadas para el uso de PROFIBUS. La capacitancia baja del bus proporciona baja distorsión de la señal.

El SN65HVD1176 cuenta con los requisitos de ANSI TIA/EIA-485, estándar RS-485, para la transmisión de datos a través de redes de líneas de par trenzado. Las salidas del transmisor y las entradas del receptor se encuentran juntas para formar un puerto half-duplex del bus, con una o cinco unidades de carga, permitiendo hasta 160 nodos en bus. La salida del receptor permanece en alta cuando se ponen en cortocircuito las líneas del bus, o cuando no está el transmisor activado. Las salidas del transmisor están en alta impedancia cuando el voltaje de fuente está por debajo de 2.5 V para prevenir desbalance del bus durante el ciclo de energización.

Un límite de corriente interna protege los pines de una falla por cortocircuito. Un circuito térmico protege el dispositivo contra el daño debido a la disipación excesiva de la energía causada por condiciones de carga. El SN65HVD1176 se caracteriza para la operación en las temperaturas de - 40° C a 85° C.

CARACTERÍSTICAS

- Optimizado para las redes de PROFIBUS.
 - Velocidad superior a 40 Mbps.
 - Capacitancia baja del bus: 10 pF (máximo).
- Cumple con los requisitos de TIA/EIA-485-a.
- Receptor de seguridad para el bus abierto, corto, marcha lenta.
- Hasta 160 transmisores-receptores en un bus.
- Bajo tiempo de transición de las transiciones en la salida del transmisor y habilitación y deshabilitación del transmisor.
- Rechazamiento de modo común hasta 50 MHz.
- Límite de la corriente de cortocircuito.
- Protección térmica.

USOS

- Automatización de procesos:
 - Producción Química.
 - Elaboración y destilación de cerveza.
 - Molinos de papel.
- Automatización de fábrica:
 - Producción automotriz.
 - Máquinas estampadoras.
 - Sensores.
- Redes Generales RS-485:
 - Control del movimiento de un motor.
 - Redes de automatización.
 - Estaciones de seguridad.

NOMBRE DEL PARÁMETRO	SN65HVD1176
Opciones de temperatura	- 40 a 85 [°C]
Transmisores	1
Receptores	1
Fuente de voltaje	5 [V]
Velocidad de transmisión	40 Mbps
ICC (máximo)	6 [mA]

Fallas contra sistema	Corto, Abierto, Ocioso
Número de nodos	160
Duplex	Medio

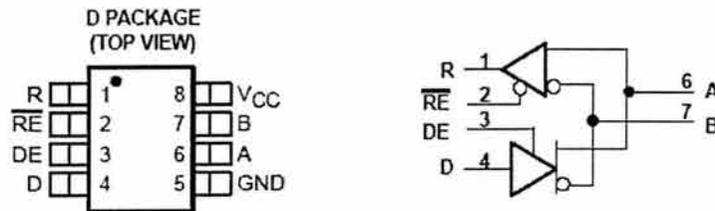


Figura 6.9

• TRANSCCEPTOR AISLADO IL485 CON RS-485

NVE Corporation cuenta con el transmisor-receptor aislado IsoLoop IL485 RS-485. Con una velocidad garantizada de 35 Mbaud, el circuito integrado del transceptor es 100 veces más rápido que otros dispositivos de la competencia, que tienen típicamente velocidades de transmisión de datos de 250 kbaud.

Como todos los productos de IsoLoop de NVE, el transmisor-receptor IL485 es un dispositivo integrado, con tecnología magnetoresistente propietaria de NVE (GMR). Un aislamiento galvánico da al IL485 un rango de voltaje, en modo común, de más o menos 2500 V, y lo hace inmune a interferencias de diversas señales. El IL485 es ideal para usos industriales ruidosos y redes LAN's grandes.



• TRANSCCEPTOR DE BAJA POTENCIA RS485 CON EL RECEPTOR A PRUEBA DE AVERÍAS

El LTC®1484 es un transmisor-receptor compatible con RS-485 de bajo consumo de energía. En modo de receptor, ofrece una característica a prueba de averías que garantiza un estado alto en la salida del receptor cuando las entradas se dejan abiertas, se ponen en cortocircuito o no hay transmisión. No se requiere ningún componente externo para asegurar el estado alto de la salida del receptor. El transmisor y el receptor ofrecen salidas de triestado con los pines de control separados del receptor y del transmisor. Las salidas del transmisor mantienen una alta impedancia cuando se presenta el triestado. La disipación de energía causada por las averías del bus es prevenida por un circuito térmico que fuerza a las salidas del transmisor en un estado de alta impedancia. El LTC1484 especifica completamente las gamas de temperaturas comerciales e industriales a la que está disponible en ocho encapsulados MSOP, PDIP y TAN.

CARACTERÍSTICAS

- Ningún daño por choque eléctrico.
- Estado alto garantizado en la salida del receptor por cortocircuito o terminales sin señal.
- Transmisiones a bajo costo por línea telefónica.
- Bajo consumo de energía: $I_{el\ cc} =$ máximo 700 μA con transmisor inhabilitado.
- $I_{los\ cc} =$ 900 μA máxima para el transmisor sin carga.
- Corriente máxima de 20 μA en modo de espera.
- Solo una fuente de alimentación de 5 V.
- Permite rango de -7 a +12 V en las comunicaciones.
- Hasta 32 transceptores en el bus.
- Disponible en ocho encapsulados MSOP , PDIP y TAN.

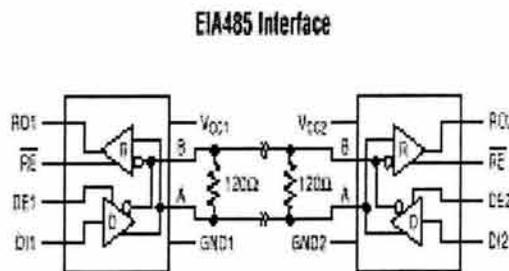


Figura 6.10

SISTEMA DE MONITOREO

COMPUTADORAS INDUSTRIALES

- Power Stations CTC Hardware

P1
CTC más pequeña
máximos rendimientos
 6"



Display	¼ VGA (5.7")
Monocromática	LCD
Color	STN
CPU's 80386 SX/40	
RAM	4MB
Zona de almacenamiento	
Flash removible	4-40 MB
Disco Duro	N/A
Floppy	N/A
Puertos I/O	
Serial	RS232,422,485
Paralelo	IBM Paralelo
Slots expansión	PC104
Ethernet 10BaseT	Sí
Interfaces de usuario	
Teclas de funciones	En pantalla
Touchscreen	Resistivo
Teclado/Mouse	Sí
Alimentación	
AC	Externa
DC	18-30 VDC (25W)
Tamaño (HxWxL)	
	7.7"x5.8"x3.2"
	19.47x14.27x8.1 (cm)

CTC P2



Display	VGA (10.4")
Monocromática	LCD (9.4")
Color	STN,TFT
CPU's	60386 SX/40; 5x86/133
RAM	6MB
Zona de almacenamiento	
Flash removible	4-40 MB
Disco Duro	N/A
Floppy	N/A
Puertos I/O	
Serial	RS232,422,485
Paralelo	IBM Paralelo
Slots expansión	PC104
Ethernet 10BaseT	Teclado-Sí Mouse-No
Interfaces de usuario	
Teclas de funciones	En pantalla
Touchscreen	Resistivo
Teclado/Mouse	Sí
Alimentación	
AC	Externa
DC	20-36 VDC (50W)
Tamaño (HxWxL)	
	11.0"x13.8"x3.5"
	28.0x35.0x8.9 (cm)

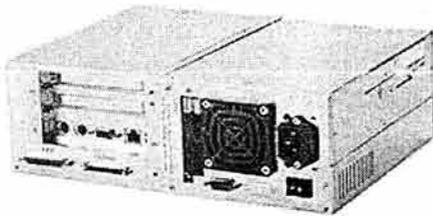


Figura 6.11 PC 1000 – 130 Procesador Intel® Celeron™

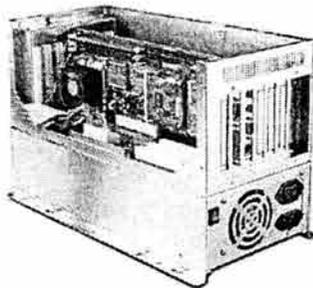


Figura 6.12 PC 1000 – 170 Procesador Intel® Celeron™



Figura 6.13 PC DISPLAY 12TS LCD Color TFT Pantalla táctil 12,1" SVGA

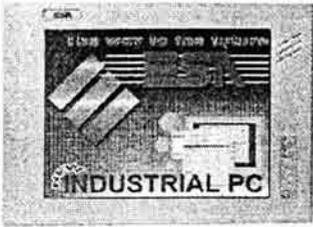


Figura 6.14 PC DISPLAY 15TS LCD Color TFT Pantalla táctil 15" XGA

• PC's y Workstations Industriales

PC's y Workstations con monitor TRC (y teclado) integrados.

<u>WS-615/615CD</u>	Workstation 19" con monitor TRC color de 15" y teclado memb.
<u>RACK-307</u>	Chasis de 10 slots con monitor TRC VGA monocromo de 7".

PC's y Workstations con monitor LCD (y teclado) integrados.

<u>WS-855</u>	Workstation 19" 10 slots, pantalla LCD de 15"
<u>WS-842CD</u>	Workstation 19" 10 slots, pantalla LCD 10,4"
<u>WS-612W</u>	Workstation blanca 19", 8 slots, LCD 10,4"/9,4"
<u>WS-612</u>	Workstation 19", 8 slots, LCD 10,4" ó 9,4"
<u>MPC-6010</u>	Chasis 19" 14 slots con pantalla LCD de 6.4"
<u>MPC-6020</u>	Chasis 19" 14 slots con pantalla LCD de 10.4"
<u>MPC-52P</u>	Chasis de panel con 6 slots y pantalla LCD 12.1"
<u>MPC-50P</u>	Chasis de panel con 4 slots y pantalla LCD 10.4"
<u>PPC-5000/5010</u>	Wafer Station con pantalla LCD de 6.4"

Tarjetas CPU Industriales

Tarjetas CPU formatos EBX, POS y WAFER con DiskOnChip.

<u>NOVA-300</u>	386SX formato 5,25" "Todo en uno"
<u>NOVA-600</u>	Pentium EBX "Todo en uno"
<u>POS-566</u>	K6-2 Pentium 400MHz para equipar TPVs
<u>WAFER-4823</u>	Mini 486DX4-100, VGA LCD, RS-485, Ethernet, DiskOnChip
<u>WAFER-4821</u>	Mini 486DX4-100, 4 x RS-232/422/485, Ethernet, DiskOnChip

3M Dynapro™

• EQUIPOS INDUSTRIALES CON TOUCHSCREEN

❖ Terminal Industrial con Monitor de 10.4"

Procesador: N/A

Display Plano: 10.4" TFT, 640 x 480 VGA, (16 bits), lámparas reemplazables por el usuario con vida de 50,000 hrs.* Bus ISA para video.* Memoria de video de 512K.

Estándares:

- Ambiental: NEMA 4X/IP66.
- Certificaciones: CSA, NRTL, UL, CE.
- Emisiones: FCC, Clase A, EN 50081-2, EN55022, Clase A; ICES-003.
- Inmunidad: EN 50082-2

Opción de Ambientes de Alto Riesgo: N/A



Figura 6.14

❖ Computadoras Industriales

Procesador : Base: AMD K6-2 350 MHz * Opcional: Pentium MMX 266 MHz

Display Plano : 15.0" TFT, 1024 x 758 XGA, (65,535 colores), lámparas reemplazables por el usuario con vida de 50,000 hrs.

Memoria de video de 2MB

Estándares:

- Ambiental: NEMA 4X/IP66.
- Certificaciones: CSA, C-US, CE.
- Emisiones: FCC, Clase A EN50081-2; EN55022 Clase A, ICES-003 Clase A.
- Inmunidad: EN 55082-2
-

Opción de Ambientes de Alto Riesgo: HL- Ambientes de alto riesgo,

EX Atmósfera Explosiva: CE Zona 2; TUV Zona 2 (sólo DC);

CSA Clase 1 División 2/Zona; FM Clase 1 División 2.

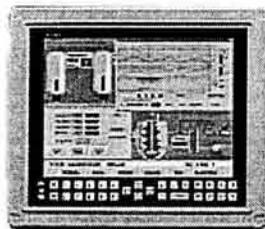


Figura 6.15

• CPU's INDUSTRIALES

Extensa gama de CPU's desde Dual Pentium® Pro hasta procesadores integrados 80386 con canales multi I/O. Toda la gama de CPU's dispone de modelos que integran video, controladora UW SCSI o Ethernet. Incorporan zócalo Disk On Chip® (emulación de disco flash hasta 24Mbyte). Permiten ser instaladas como sistema autónomo. Proporcionando alimentación a una sola de estas CPU, nos permitirá disponer de toda la potencia de una PC, en el tamaño de una tarjeta de crédito. La familia "biscuit" consta de diferentes tipos de CPU, con controladora, Ethernet, vídeo, audio, emuladora de disco y puertos integrados en un espacio similar a una disquetera de 3½. Tarjetas de expansión PC/104. Emuladoras de disco y Unidades de lectura PCMCIA (internas y externas).

<u>QPU-686 VF</u>	<u>CPU Pentium II con controladora AGP</u>
<u>QPCI-8586</u>	<u>Módulo CPU 3U CompactPCI y periféricos</u>
<u>QPU-540 TX</u>	<u>CPU Pentium PICMG con video integrado</u>
<u>QEM-520</u>	<u>Mini CPU Pentium multimedia</u>
<u>QMB-586 VM</u>	<u>Placa madre industrial ATX</u>
<u>QPU-520</u>	<u>CPU Pentium de altas prestaciones</u>
<u>QPU-575</u>	<u>CPU corta con VGA/LCD</u>
<u>QPU-486 LH</u>	<u>CPU 486 de altas prestaciones</u>
<u>QPU-40 AHD</u>	<u>CPU 486 de formato corto</u>
<u>QPU-406</u>	<u>CPU 486 133MHz de medio tamaño y DiskOnChip</u>

Muchos de los modelos disponen del zócalo Disk On Chip®, o el soporte directo de monitores LCD. Unido a la disponibilidad de controladora de disco IDE, controladora de floppy, 4 puertos serie (RS-422/485/232), watchdog, E/S digitales y ethernet, da como resultado la solución más compacta para aplicaciones donde se requiera una alta integración de componentes, como el caso de los TPV.

Además, un buen número de ellas soportan alimentación única de 5 Volts, de forma que la instalación en vehículos o lugares de difícil acceso es una de las aplicaciones principales.

Disponemos de CPU con doble procesador Intel Pentium Pro®, o tarjetas que incorporan controladora ultra-wide SCSI, para ser utilizadas como servidor de comunicaciones junto con nuestros chasis de 20 slots.

• ADVENTECH MÉXICO S.A. DE C.V. INDUSTRIAL PERSONAL PANEL COMPUTERS

Chasis de acero inoxidable, resistente a ambientes industriales hostiles, con frente de aluminio. Pantalla de cristal líquido de 15", para aplicaciones industriales, protegida con cristal endurecido antichoques cumpliendo con la norma NEMA4 / IP 65.

Compuerta trasera con cerradura, proporcionando fácil mantenimiento y óptima seguridad.

➤ Computadora Personal Industrial Mod. IPPC-950

Características principales:

- Soporta Windows CE/95/98/NT.
- Unidades de disco: disco duro de 2.5" y unidades delgadas de CD-ROM y FDD.
- CPU: Intel Pentium P55C/P54C, 75 a 233 MHz con MMX, AMD K5, K6, K6II, Cyrix, M1, M2.
- RAM: DIMM 168-pin para 16 a 128 MB SDRAM.
- Puertos Serie: tres RS-232 (COM1, 3 y 4) y uno RS-232/422/485 (COM2).
- Ptos Paralelo: soporta los modos paralelo SPP/EPP/ECP. Bios configurable a LPT1, LPT2, LPT3 o deshabilitado.

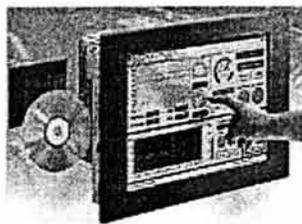


Figura 6.16

➤ **Computadora Personal Industrial Mod. PPC-103T**

"PC en panel plano, con pantalla de cristal líquido de 10.4" en CHASIS RESISTENTE AL FUEGO. Ideal para Control de Producción, Sistemas de Automatización en Fábricas, Puntos de Información, Puntos de Venta, Kioscos Interactivos, Terminales de Entretenimiento, Etc.

Características principales:

- Procesadores de alto desempeño Intel Celeron y Pentium III hasta 850 MHz.
- Memoria hasta 256 MB SDRAM.
- Slot de expansión para PCI/ISA.
- Interfaze IDE de disco duro tipo 2.5"
- Soporta conector para FDD externo.
- Soporta socket Tipo I CompactFlash

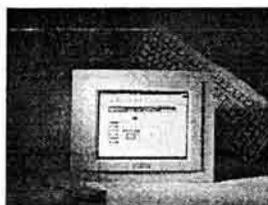


Figura 6.17

Puertos Entrada/Salida:

- 4 puertos serie: 3 RS-232 y 1 RS-232/422/485
- 1 puerto paralelo, 2 USB
- Puerto externo VGA
- Mouse PS/2 y teclado
- Entrada para micrófono y Jacks de salida
- Interfaze Ethernet 10/100 Base-T.
-

➤ **Computadora Personal Industrial Mod. IPPC-9150**

Sistema de cómputo completamente funcional con soporte para diferentes CPU's (Pentium II hasta 850 MHz y Celeron hasta 700 MHz).

PC Industrial en panel, con accesorios de montaje opcionales (brazo articulado o paneles para racks), puede montarse en cualquier parte. Chasis de acero inoxidable, con frente de aluminio grueso, resistente a ambientes industriales hostiles. Pantalla de cristal líquido de 15", protegida con cristal endurecido antichoques cumpliendo con la norma NEMA4/IP65.

Características adicionales:

- Compuerta trasera con cerradura, proporcionando fácil mantenimiento y óptima seguridad.
- Unidades de disco: un disco duro de 2,5" y, unidades delgadas CD-ROM y FDD.
- Dos ranuras de expansión para agregar tarjetas PCI/ISA.
- Soporta adaptador opcional de tarjeta PCMCIA para LAN inalámbrica.
- RAM: DIMM hasta 252 MB SDRAM.
- LAN: soporta redes Ethernet 10/100 Base-T
- Puertos paralelo: un puerto paralelo soporta modos SPP/EPP/ECP. Bios configurable a LPT1, LPT2, LPT3 o deshabilitado.
- Puertos serie: tres RS-232 (COM1, 3 y 4) y uno RS-232/422/485 (COM2).
- Puertos USB: hasta dos.

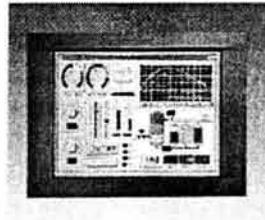


Figura 6.18

➤ **Computadora Personal Industrial Mod. PPC-105T**

PC en panel plano, con pantalla de cristal líquido de 10", en chasis delgado que puede montarse en diferentes formas, o colocarse verticalmente sobre el escritorio. La elección ideal para aplicaciones de atención a cliente, sector salud y otras operaciones en red, además del control de proceso tradicional y la automatización industrial.

Características principales:

- Procesador NS Geode GX1 a 300 MHz.
- Memoria hasta 128 MB SDRAM.
- Ranura opcional para PCI/ISA.
- CD-ROM: soporta un conector IDE externo.
- Interfaze Ethernet 10/100 Base-T.
- Puertos Entrada/Salida.
- FDD: soporta un drive externo para disco blando 1.2/1.44/2.88 MB.
- HDD: soporta dos puertos EIDE para disco duro (interno/externo).
- Puertos serie: tres RS-232 y uno RS-232/422/485.
- Puerto teclado/mouse: interfase PS72 .
- VGA: soporta pantallas simultáneas CRT.
- Sonido: entrada para micrófono/línea de salida.

CONCLUSIONES

Como sabemos la falta de energía eléctrica, las sobretensiones o el ruido son aleatorios por lo que no se puede predecir cuando van a suceder, por lo que deberá uno estar preparado para que nuestros dispositivos como la planta de emergencia y el UPS funcionen correctamente, estos dispositivos deben trabajar juntos debido a que el motor tarda un tiempo significativo para alcanzar sus parámetros óptimos, lo que provocaría un periodo sin energía y el UPS no puede soportar solo la carga debido a la duración de sus baterías, por lo que para tener un sistema de respaldo de energía continuo deben de funcionar conjuntamente la planta de emergencia y el UPS. Predecir una falta de energía se puede dar mediante un estudio estadístico y de probabilidad sobre el consumo de energía eléctrica en zonas cercanas a la empresa en cuestión. Con este estudio se verá cuando se consume la mayor cantidad de energía, esto se refleja en especificar en cual de las distintas temporadas del año como primavera, verano, otoño e invierno, los días de la semana e incluso el horario en los cuales por medio de la gran demanda puede haber una caída de tensión. Este estudio es muy parecido, o podría ser el mismo para el ahorro de energía en las empresas. Sabiendo cuando posiblemente ocurriría un apagón se puede dar un mantenimiento más intenso o completo a las plantas de emergencia o al UPS llegada la temporada. Pero eso no es lo importante, sino hay que estar prevenido siempre, ya que por el mantenimiento del sistema de respaldo puede estar funcionando cada semana o al mes, dependiendo de la programación de un posible evento, es decir, se puede programar por medio del tablero de transferencia, o por un dispositivo aparte, que finja un posible apagón desconectando la energía comercial y haciendo que la planta de emergencia y el UPS funcionen, esto es muy bueno para que el sistema de emergencia este funcionando y cuando se requiera al principio arranque bien y después deje de funcionar por no tener un funcionamiento constante. Sin embargo, esto tampoco basta ya que aun así puede presentar problemas al querer funcionar por las circunstancias que se presenta cuando se necesita.

Mediante el constante monitoreo de las variables físicas se podrá brindar un mayor grado de seguridad a las empresas de que su planta de emergencia va a funcionar cuando sea necesario y podrá abastecer de energía a sus cargas críticas, como pueden ser máquinas que estén haciendo una mezcla química, un centro comercial para evitar robos o simplemente que se tenga información muy valiosa en las computadoras o en un banco de datos. Estas cargas críticas al no ser alimentadas provocarían que la industria o empresa perdiera dinero, recursos o tiempo, por lo que es primordial que funcione la planta de emergencia y el UPS. Aunque se mejora la seguridad, el sistema no es completamente seguro, es decir, en ningún sistema se podrá asegurar un 100% debido a que puede haber errores de monitoreo o en los dispositivos o en la fábrica.

Al establecer la red que comunica a los transductores con la computadora central lo más factible es utilizar una interfaz de RS-485, por las enormes ventajas que tiene con otras interfaces como RS-232 o RS-442, aunque no es la única solución, sabemos que cada mente puede generar soluciones distintas y si entre nosotros (el grupo que elaboró este planteamiento como el asesor) hubo diversas soluciones quiere decir que puede haber aún mucho más soluciones a lo mejor más viables o menos viables, pero la importancia de la solución es que debe ser un estándar que sea fácil de comprender y de solucionar a la hora de presentarse un problema.

Como se realizó una investigación en Internet sobre las distintas tecnologías que se están usando en la industria, se escogió la forma de la red, la interfaz y el protocolo, ya que estos son la parte medular para que funcione la red, sin tener compatibilidad de red, interfaz y protocolo no podrá realizarse una exitosa comunicación, y se dejó a manera de escoger a la hora de que llegase a ser implementado los dispositivos como la computadora, el software, los radios módems y los transductores, aunque se fija que deben de tener puerto de comunicaciones RS-485 o por lo menos RS-232c y colocar un convertidor, así como deben de manejar el mismo protocolo (Modbus) y para los radios módems, deben manejar la misma velocidad, la misma frecuencia y la misma tecnología, de lo contrario unos serán más veloces que otros y estarán en otra frecuencia y no llegarán los datos correctamente, por lo que la comunicación no será exitosa.

Se deja libertad para escoger debido a que la tecnología RS-485 es relativamente nueva y los dispositivos pueden estar cambiando, y si escogiéramos unos, tendríamos muy justa la propuesta, por lo que se deja que en un futuro

(este futuro no debe desbancar la tecnología RS-485 de lo contrario sería ya obsoleto) solo se cambiaría los dispositivos de comunicación. También debido a que se debe hacer un estudio previo de la industria que quiera la red para ver cuales son las necesidades fundamentales y poder brindar una mejor red, esto depende de la situación de la industria, ya que unos querrán más cosas y otros querrán abaratar más el costo, por lo que la red debe de ajustarse a la empresa y no la empresa a la red.

Otro aspecto importante es que nuestro diseño toma en cuenta que las empresas o industrias pueden estar propensas a un ataque a la seguridad del monitoreo de esta manera poder acceder a los datos y saber las condiciones del sistema de emergencia, es decir, conocerán cuando hay una falla en la planta de emergencia o en el UPS y poder actuar contra la empresa. Para esto los dispositivos de comunicación emplean un sistema de encriptación que cuenta con un password que solo debe saber el encargado del monitoreo, para que si otras personas llegarán a captar las señales por medio del espacio, estas no sepan que dicen o no puedan interpretarlas.

Por último, en este diseño se maneja una red inalámbrica pero en muchos casos puede que sea casi imposible de implementarla, por la interferencia que pueda haber en el lugar o la que esta pueda provocar, por lo que el diseño cambiaría a ser cableado, sin ninguna modificación radical, sólo se cambiarían los dispositivos de comunicación que ahora serían conectados por medio de cables.

APENDICE ESTANDAR IEEE 802.11

El IEEE 802.11 define opciones de la capa física para la transmisión inalámbrica y la capa de protocolos MAC. El IEEE 802.11 representa el primer estándar para los productos WLAN de una internacionalmente conocida organización independiente. El IEEE maneja la mayoría de las normas para LAN cableadas. Representa un mito importante en sistemas WLAN desde que los clientes pueden tener ahora múltiples fuentes para los componentes de sus sistemas WLAN.

La economía para las soluciones basadas en los estándares:

La mayoría de los productos WLAN disponibles hoy en día en el mercado, son objeto de aplicaciones verticales que utilizan soluciones propietario, funcionando en bandas de frecuencia ISM de 900MHz y 2.4GHz. Estos productos incluyen adaptadores inalámbricos y puntos de acceso en PCMCIA, ISA y plataformas personalizadas para PC's. Las soluciones de propietario ("derecho de posesión") para algunas aplicaciones son beneficiosas. Típicamente se personalizan soluciones propietario y fuerzan a los usuarios finales a adquirir los productos de un sólo proveedor de equipos. Sin embargo, como se introducen los productos dóciles a los estándares, los usuarios pueden escoger de varios proveedores, los cuales proporcionan productos compatibles.

Esto aumenta la competencia y mantiene el potencial de los productos a costos más bajos. La interoperatividad, el bajo costo y el estímulo de la demanda del mercado son algunas de las ventajas que ofertan las soluciones basadas en los estándares.

El Comité de Estándar IEEE 802 formó el Grupo de Trabajo de Estándar de Redes LAN inalámbricas 802.11 en 1990. El Grupo de trabajo 802.11 asumió la tarea de desarrollar una norma global para equipos de radio y redes que operaban en la banda de frecuencia ilícita de 2.4GHz, para tasas de datos de 1 y 2Mbps. El Grupo de Trabajo 802.11 ha completado el estándar recientemente. La norma no especifica tecnologías ni aplicaciones, sino simplemente las especificaciones para la capa física y la capa de control de acceso al medio (MAC). La norma permite a los fabricantes de equipos inalámbricos de radio LAN construir equipos interoperables de red.

Los socios del comité son individuos de varias compañías y Universidades que investigan, fabrican, instalan y utilizan productos en aplicaciones de redes LAN inalámbricas.

Fabricantes de semiconductores, computadoras, equipos de radio, proveedores de soluciones de sistemas WLAN, laboratorios universitarios de investigación y usuarios finales constituyen el grueso del grupo. El grupo del funcionamiento es representado globalmente por compañías de los Estados Unidos, Canadá, Europa, Israel y el Margen del Pacífico.

CAPA FISICA

La Capa Física de cualquier red define la modulación y la señalización características de la transmisión de datos.

IEEE 802.11 define tres posibles opciones para la elección de la capa física:

- Espectro expandido por secuencia directa o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).
- Espectro expandido por salto de frecuencias o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), ambas en la banda de frecuencia 2.4 GHz ISM.

En cualquier caso, la definición de tres capas físicas distintas se debe a las sugerencias realizadas por los distintos miembros del comité de normalización, que han manifestado la necesidad de dar a los usuarios la posibilidad de elegir en función de la relación entre costos y complejidad de implementación, por un lado, y prestaciones y fiabilidad, por otra. No obstante, es previsible que, al cabo de un cierto tiempo, alguna de las opciones acabe obteniendo una clara preponderancia en el mercado. Entre tanto, los usuarios se verán obligados a examinar de forma pormenorizada la capa física de cada producto hasta que sea el mercado el que actúe como árbitro final.

RADIOFRECUENCIA

Aunque existen dos tipos de tecnologías que emplean las radiofrecuencias, la banda estrecha y la banda ancha, también conocida espectro ensanchado, ésta última es la que más se utiliza.

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC (Federal Communications Commission), la agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado.

Entre ellas, el IEEE 802.11 incluyó en su especificación las frecuencias en torno a 2.4 GHz que se habían convertido ya en el punto de referencia a nivel mundial, la industria se había volcado en ella y está disponible a nivel mundial.

La tecnología de espectro ensanchado, utiliza todo el ancho de banda disponible, en lugar de utilizar una portadora para concentrar la energía a su alrededor. Tiene muchas características que le hacen sobresalir sobre otras tecnologías de radiofrecuencias (como la de banda estrecha, que utiliza microondas), ya que, por ejemplo, posee excelentes propiedades en cuanto a inmunidad a interferencias y a sus posibilidades de encriptación. Esta, como muchas otras tecnologías, proviene del sector militar.

Existen dos tipos de tecnología de espectro ensanchado:

Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)

En esta técnica se genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea esta señal, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

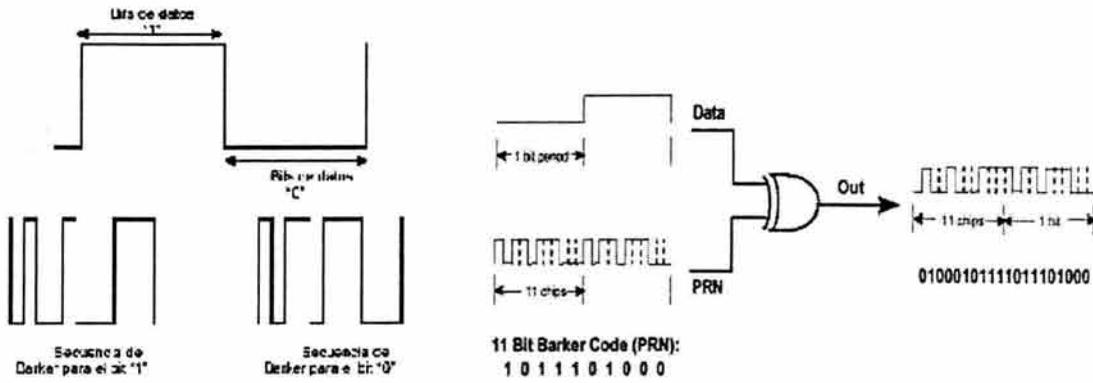
La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o *PseudoNoise*). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de '1's' que de '0's'. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente:

+1 -1 +1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1

Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida.

Esta secuencia proporciona 10.4 dB de aumento del proceso, el cual reúne los requisitos mínimos para las reglas fijadas por la FCC.

A continuación podemos observar como se utiliza la secuencia de *Barker* para codificar la señal original a transmitir:



Una vez aplicada la señal de chip, el estándar IEEE 802.11 ha definido dos tipos de modulación para la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS), la modulación *DBPSK* (Differential Binary Phase Shift Keying) y la modulación *DQPSK* (Differential Quadrature Phase Shift Keying), que proporcionan una velocidad de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Recientemente el IEEE ha revisado este estándar, y en esta revisión, conocida como 802.11b, además de otras mejoras en seguridad, aumenta esta velocidad hasta los 11Mbps, lo que incrementa notablemente el rendimiento de este tipo de redes.

En el caso de Estados Unidos y Europa la tecnología DSSS utiliza un rango de frecuencias que va desde los 2.4 GHz hasta los 2.4835 GHz, lo que permite tener un ancho de banda total de 83.5 MHz. Este ancho de banda se subdivide en canales de 5 MHz, lo que hace un total de 14 canales independientes. Cada país está autorizado a utilizar un subconjunto de estos canales. En el caso de España se utilizan los canales 10 y 11, que corresponden a una frecuencia central de 2.457 GHz y 2.462 GHz.

En configuraciones donde existan más de una celda, estas pueden operar simultáneamente y sin interferencias siempre y cuando la diferencia entre las frecuencias centrales de las distintas celdas sea de al menos 30 MHz, lo que reduce a tres el número de canales independientes y funcionando simultáneamente en el ancho de banda total de 83.5 MHz. Esta independencia entre canales nos permite aumentar la capacidad del sistema de forma lineal. La técnica de DSSS podría compararse con una multiplexación en frecuencia.

Canal	Frec. U.S.A	Frec. Europa	Frec. Japón
1	2412 MHz	N/A	N/A
2	2417 MHz	N/A	N/A
3	2422 MHz	2422 MHz	N/A
4	2427 MHz	2427 MHz	N/A
5	2432 MHz	2432 MHz	N/A
6	2437 MHz	2437 MHz	N/A
7	2442 MHz	2442 MHz	N/A
8	2447 MHz	2447 MHz	N/A
9	2452 MHz	2452 MHz	N/A
10	2457 MHz	2457 MHz	N/A
11	2462 MHz	2462 MHz	N/A
12	N/A	N/A	2484 MHz

Tabla de frecuencias DSSS

Espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS)

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS) consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada *dwell time* e inferior a 400 ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo.



El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer.

Si se mantiene la sincronización en los saltos de frecuencias se consigue que, aunque el tiempo se cambie de canal físico, a nivel lógico se mantiene un solo canal por el que se realiza la comunicación. Esta técnica también utiliza la zona de los 2.4GHz, la cual organiza en 79 canales con un ancho de banda de 1MHz cada uno. El número de saltos por segundo es regulado por cada país, así, por ejemplo, Estados Unidos fija una tasa mínima de saltos de 2.5 por segundo.

El estándar IEEE 802.11 define la modulación aplicable en este caso. Se utiliza la modulación en frecuencia *FSK* (Frequency Shift Keying), con una velocidad de 1Mbps ampliable a 2Mbps.

En la revisión del estándar, la 802.11b, esta velocidad también ha aumentado a 11Mbps.

La técnica FHSS sería equivalente a una multiplexación en frecuencia.

Límite inferior	Límite superior	Rango regulatorio	Área geográfica
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400-2.4835 GHz	América del Norte
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400-2.4835 GHz	Europa
2.473 GHz	2.495 GHz	2.471-2.497 GHz	Japón
2.447 GHz	2.473 GHz	2.445-2.475 GHz	España
2.448 GHz	2.482 GHz	2.4465-2.4835 GHz	Francia

SEGURIDAD

En el estándar se dirigen suministros de seguridad como una característica optativa para aquellos afectados por la escucha secreta, es decir, por el "fisqueo". Incluye dos aspectos básicos: autenticación y privacidad.

La seguridad de los datos se realiza por una compleja técnica de codificación, conocida como WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm). WEP se basa en proteger los datos transmitidos en el medio RF, usando clave de 64 bits y el algoritmo de encriptación RC4 (desarrollado por RSA Security Inc.).

La clave se configura en el punto de acceso y en sus estaciones (clientes wireless), de forma que sólo aquellos dispositivos con una clave válida puedan estar asociados a un determinado punto de acceso.

WEP, cuando se habilita, sólo protege la información del paquete de datos y no protege el encabezamiento de la capa física para que otras estaciones en la red puedan escuchar el control de datos necesario para manejar la red. Sin embargo, las otras estaciones no pueden distinguir las partes de datos del paquete. Se utiliza la misma clave de autenticación para encriptar y desencriptar los datos, de forma que solo las estaciones autorizadas puedan traducir correctamente los datos.

FUNCIONALIDAD ADICIONAL

En las LAN inalámbricas la capa MAC, además de efectuar la función de controlar el acceso al medio, desempeña otras funciones:

- Fragmentación.
- Control de flujo.
- Manejo de múltiples tasas de transmisión.
- Gestión de potencia.

En los diferentes tipos de LAN por cable es posible usar tramas grandes gracias a errores de bit bajos (10^{-9} a 10^{-11}). En las LAN inalámbricas, el multicamino y las interferencias pueden elevar considerablemente los valores de errores de bit (10^{-3} a 10^{-5}).

Para poder transmitir eficientemente por estos medios, hay que reducir el tamaño de las tramas. La capa MAC se encarga de fragmentar las tramas en otras más pequeñas antes de transmitir las por el medio inalámbrico. De la misma manera deberá ensamblar las tramas para obtener la trama original antes de entregarla a la capa superior.

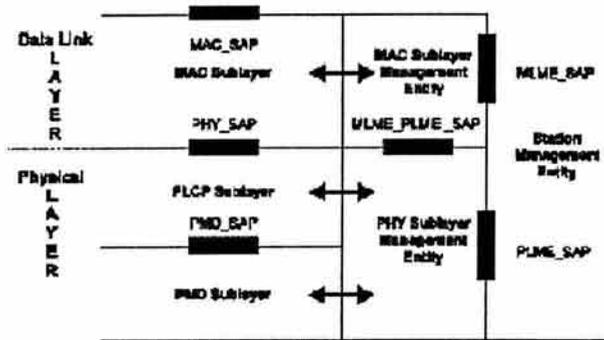
También debe cumplir un control de flujo, cada vez que un segmento sea pasado a la capa física, deberá esperar que este sea transmitido antes de enviar el próximo segmento.

NIVEL FÍSICO ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍAS DE MODULACIÓN

En este apartado realizaremos una revisión de la arquitectura de la capa de nivel físico, donde nos centraremos en describir ligeramente el funcionamiento de la capa de convergencia, fundamentalmente resaltando el proceso de transmisión y recepción de y las técnicas de modulación utilizadas por 802.11 y 802.11b.

Arquitectura de capas 802.11

La capa física proporciona una serie de servicios a la capa MAC o capa de acceso al medio. Diferentes tecnologías de capa física se definen para transmitir por el medio inalámbrico.



-Portion of the IEEE basic reference model covered in this standard

La capa física de servicios consiste en dos protocolos:

- Una función de convergencia de capa física, que adapta las capacidades del sistema físico dependiente del medio (PMD). Esta función es implementada por el protocolo PLCP o procedimiento de convergencia de capa física, que define una forma de mapear MPDU's o unidades de datos MAC en un formato de tramas susceptibles de ser transmitidas o recibidas entre diferentes estaciones o STAS's a través de la capa PMD.
- Un sistema PMD, cuya función define las características y un medio de transmitir y recibir a través de un medio sin cables entre dos o más STA's. La comunicación entre MAC's de diferentes estaciones se realizará a través de la capa física mediante una serie de puntos de acceso al servicio, donde la capa MAC invocará las primitivas de servicio. Además de estas capas, podemos distinguir la capa física de gestión. En esta capa podemos distinguir la estructura MIB (Management Information Base) que contienen por definición las variables de gestión, los atributos, las acciones y las notificaciones requeridas para gestionar una estación. Consiste en un conjunto de variables donde podemos especificar o contener el estado y la configuración de las comunicaciones de una estación.

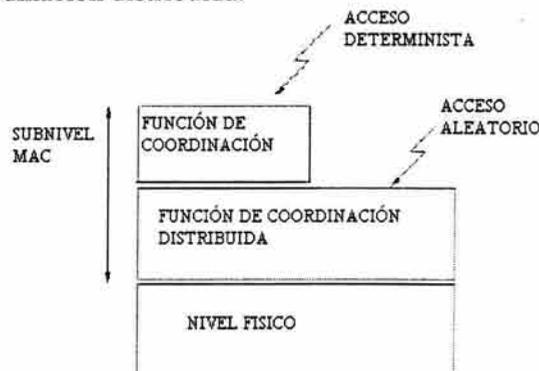
NIVEL DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

Los diferentes métodos de acceso de IEEE802 están diseñados según el modelo OSI y se encuentran ubicados en el nivel físico y en la parte inferior del nivel de enlace o subnivel MAC.

Además, la capa de gestión MAC controlará aspectos como sincronización y los algoritmos del sistema de distribución, que se define como el conjunto de servicios que precisa o propone el modo infraestructura. Por último, veremos el aspecto y los tipos de tramas MAC.

Descripción Funcional MAC

La arquitectura MAC del estándar 802.11 se compone de dos funcionalidades básicas: la función de coordinación puntual (PCF) y la función de coordinación distribuida.



DFC Función de Coordinación Distribuida

Definimos *función de coordinación* como la funcionalidad que determina, dentro de un conjunto básico de servicios (BSS), cuándo una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico. En el nivel inferior del subnivel MAC se encuentra la función de coordinación distribuida y su funcionamiento se basa en técnicas de acceso aleatorias de contienda por el medio.

El tráfico que se transmite bajo esta funcionalidad es de carácter asíncrono ya que estas técnicas de contienda introducen retardos aleatorios y no predecibles no tolerados por los servicios síncronos.

Las características de DFC las podemos resumir en estos puntos:

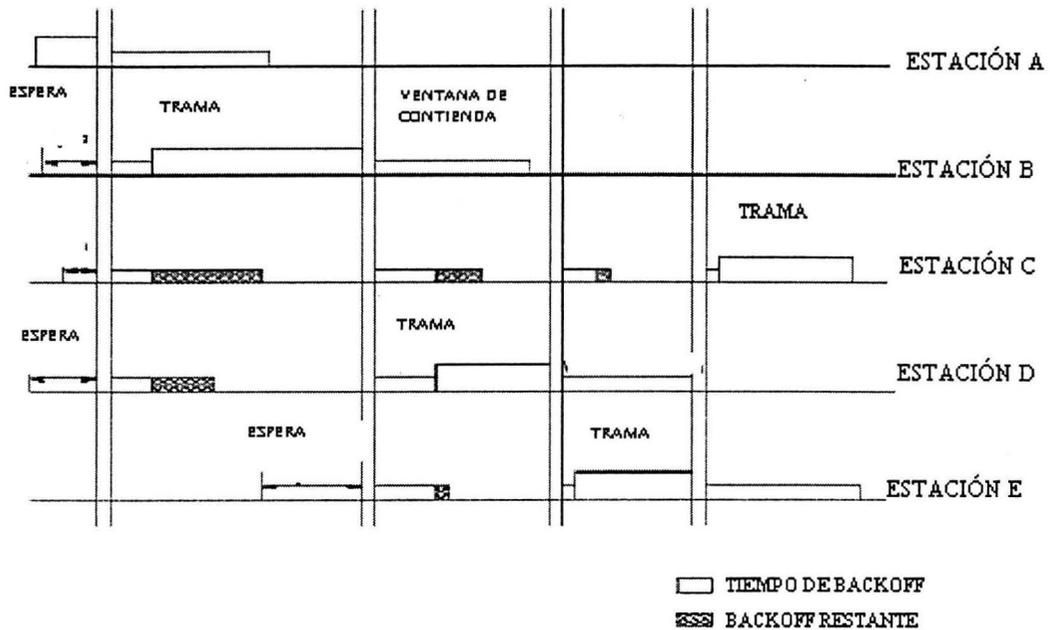
- Utiliza MACA (CSMA/CA con RTS/CTS) como protocolo de acceso al medio.
- Necesario reconocimientos ACK's, provocando retransmisiones si no se recibe.
- Usa campo Duration/ID que contiene el tiempo de reserva para transmisión y ACK. Esto quiere decir que todos los nodos conocerán al escuchar cuando el canal volverá a quedar libre.
- Implementa fragmentación de datos.
- Concede prioridad a tramas mediante el espaciado entre tramas (IFS).
- Soporta Broadcast y Multicast sin ACK's.

Protocolo de Acceso al medio CSMA/CA y MACA

El algoritmo básico de acceso a este nivel es muy similar al implementado en el estándar IEEE 802.3 y es el llamado CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Este algoritmo funciona tal y como describimos a continuación:

- 1.- Antes de transmitir información una estación debe testear el medio, o canal inalámbrico, para determinar su estado (libre / ocupado).
- 2.- Si el medio no está ocupado por ninguna otra trama la estación ejecuta una espera adicional llamada *espaciado entre tramas* (IFS).
- 3.- Si durante este intervalo temporal, o bien ya desde el principio, el medio se determina ocupado, entonces la estación debe esperar hasta el final de la transacción actual antes de realizar cualquier acción.
- 4.- Una vez finalizada esta espera debida a la ocupación del medio la estación ejecuta el llamado algoritmo de Backoff, según el cual se determina una espera adicional y aleatoria escogida uniformemente en un intervalo llamado *ventana de contienda* (CW). El algoritmo de Backoff nos da un número aleatorio y entero de ranuras temporales (slot time) y su función es la de reducir la probabilidad de colisión que es máxima cuando varias estaciones están esperando a que el medio quede libre para transmitir.
- 5.- Mientras se ejecuta la espera marcada por el algoritmo de Backoff se continúa escuchando el medio de tal manera que si el medio se determina libre durante un tiempo de al menos IFS. Esta espera va avanzando temporalmente hasta que la estación consume todas las ranura temporales asignadas. En cambio, si el medio no permanece libre durante un tiempo igual o superior a IFS el algoritmo de Backoff queda suspendido hasta que se cumpla esta condición.

Cada retransmisión provocará que el valor de CW, que se encontrará entre CW_{\min} y CW_{\max} se duplique hasta llegar al valor máximo. Por otra parte, el valor del slot time es 20 mseg.



En la figura anterior, podemos ver un ejemplo de funcionamiento de acceso CSMA/CA.

Sin embargo, CSMA/CA en un entorno inalámbrico y celular, presenta una serie de problemas que intentaremos resolver con alguna modificación. Los dos principales problemas que podemos detectar son:

- Nodos ocultos. Una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo que no oye.
- Nodos expuestos. Una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que oye no le interferiría para transmitir a otro destino.

La solución que propone 802.11 es MACA o MultiAccess Collision Avoidance. Según este protocolo, antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (Request to Send), indicando la longitud de datos que quiere enviar. El receptor le contesta con una trama CTS (Clear to Send), repitiendo la longitud. Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos.

Los nodos seguirán una serie de normas para evitar los nodos ocultos y expuestos:

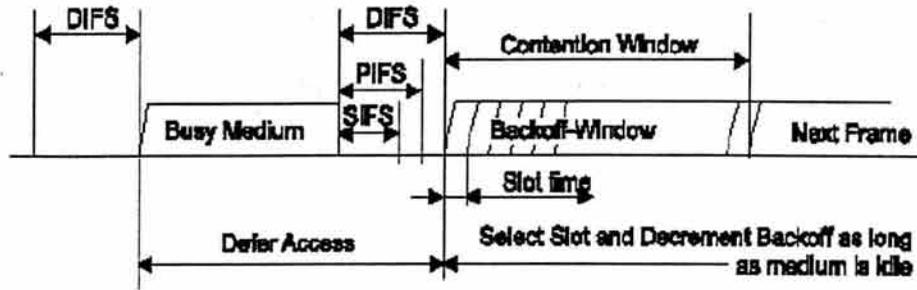
- Al escuchar un RTS, hay que esperar un tiempo por el CTS.
- Al escuchar un CTS, hay que esperar según la longitud.

La solución final de 802.11 utiliza MACA con CSMA/CA para enviar los RTS y CTS.

Espaciado entre tramas IFS

El tiempo de intervalo entre tramas se llama IFS. Durante este periodo mínimo, una estación STA estará escuchando el medio antes de transmitir. Se definen cuatro espaciados para dar prioridad de acceso al medio inalámbrico. Veámoslos de más cortos a más largos:

Immediate access when medium is free \geq DIFS



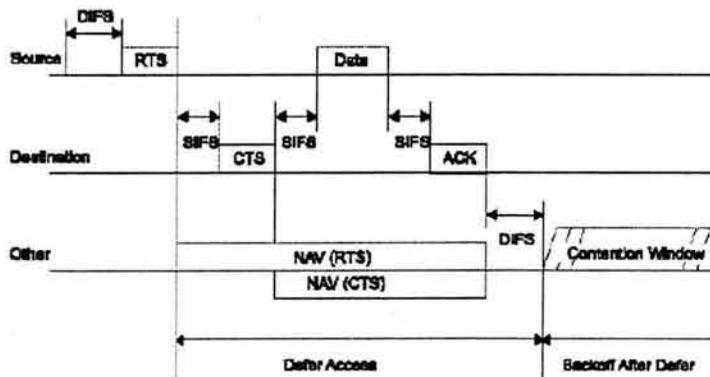
- SIFS (Short IFS). Este es el periodo más corto. Se utiliza fundamentalmente para transmitir los reconocimientos. También es utilizado para transmitir cada uno de los fragmentos de una trama. Por último, es usado por la PC o Point Control para enviar testigo a estaciones que quieran transmitir datos síncronos.
- PIFS (PCF). Es utilizado por STA's para ganar prioridad de acceso en los periodos libres de contienda. Lo utiliza la PC para ganar la contienda normal, que se produce al esperar DIFS.
- DIFS (DCF). Es el tiempo de espera habitual en las contiendas con mecanismo MACA. Se utiliza pues para el envío de tramas MAC MPDU's y tramas de gestión MMPDU's.
- EIFS (Extended IFS). Controla la espera en los casos en los que se detecta la llegada de una trama errónea. Espera un tiempo suficiente para que le vuelvan a enviar la trama u otra solución.

Conocimiento del medio

Las estaciones tienen un conocimiento específico de cuando la estación, que en estos momentos tiene el control del medio porque está transmitiendo o recibiendo, va a finalizar su periodo de reserva del canal.

Esto se hace a través de una variable llamada NAV (Network Allocation Vector) que mantendrá una predicción de cuando el medio quedará liberado.

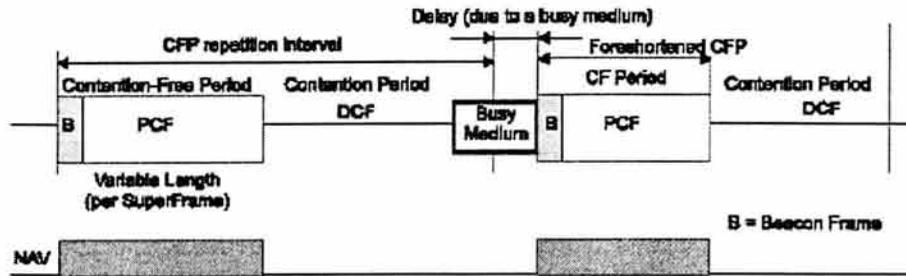
Tanto al enviar un RTS como al recibir un CTS, se envía el campo Duration/ID con el valor reservado para la transmisión y el subsiguiente reconocimiento. Las estaciones que estén a la escucha modificarán su NAV según el valor de este campo Duration/ID. En realidad, hay una serie de normas para modificar el NAV, una de ellas es que el NAV siempre se situará al valor más alto de entre los que se disponga.



PFC Función de Coordinación Puntual

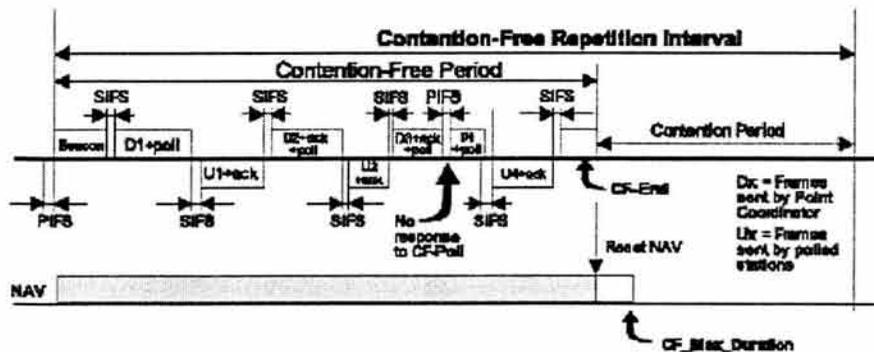
Por encima de la funcionalidad DCF se sitúa la función de coordinación puntual, PCF, asociada a las transmisiones libres de contienda que utilizan técnicas de acceso deterministas. El estándar IEEE 802.11, en concreto, define una técnica de interrogación circular desde el punto de acceso para este nivel. Esta funcionalidad está pensada para servicios de tipo síncrono que no toleran retardos aleatorios en el acceso al medio.

Estos dos métodos de acceso pueden operar conjuntamente dentro de una misma celda o conjunto básico de servicios dentro de una estructura llamada *supertrama*. Una parte de esta *supertrama* se asigna al periodo de contienda permitiendo al subconjunto de estaciones que lo requieran transmitir bajo mecanismos aleatorios. Una vez que finaliza este periodo el punto de acceso toma el medio y se inicia un periodo libre de contienda en el que pueden transmitir el resto de estaciones de la celda que utilizan técnicas deterministas.



Un aspecto previo a comentar el funcionamiento de PFC es que es totalmente compatible con el modo DCF, observándose que el funcionamiento es transparente para las estaciones. De esta manera, una estación se asociará (se dará de alta en un modo infraestructura) de modo que pueda actuar en el periodo CFP, declarándose como CFPollable, o por el contrario, se situará su NAV según las indicaciones del punto de coordinación.

Existe un nodo organizador o director, llamado punto de coordinación o PC. Este nodo tomará el control mediante el método PIFS, y enviará un CF-Poll a cada estación que pueda transmitir en CFP, concediéndole poder transmitir una trama MPDU. El PC mantendrá una lista Pollable donde tendrá todos los datos de las estaciones que se han asociado al modo CF-Pollable. La concesión de transmisiones será por riguroso listado y no permitirá que se envíen dos tramas hasta que la lista se haya completado. El nodo utilizará una trama para la configuración de la supertrama, llamada Beacon, donde establecerá una CFRate o tasa de periodos de contienda. Pese a que el periodo de contienda se puede retrasar por estar el medio ocupado, la tasa se mantendrá en el siguiente periodo con medio libre.



Como podemos observar, la transmisión de CF-Polls espera un tiempo SIFS. También podemos ver que si una estación no aprovecha su CF-Poll se transmite a la siguiente en el listado Pollable.

Las estaciones que no usen el CF, situarán su NAV al valor del final del CF y luego lo resetearán para poder modificarlo en el periodo de contienda en igualdad de condiciones.

Un problema importante que podemos encontrar en solapamiento de redes wireless ocurrirá cuando varios sistemas con coordinación puntual compartan una tasa CFRate semejante. Una solución suele ser establecer un periodo de contienda entre PC's para ganar el medio esperando un tiempo DIFS+ BackOff ($1-CW_{min}$). Sin embargo, podemos encontrar con mayores dificultades que exigirían un estudio diferenciado.

Formato de las tramas MAC

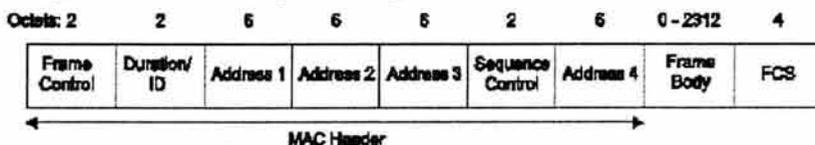
Las tramas MAC contienen los siguientes componentes básicos:

- Una cabecera MAC, que comprende campos de control, duración, direccionamiento y control de secuencia.
- Un cuerpo de trama de longitud variable, que contiene información específica del tipo de trama.
- Un secuencia checksum (FCS) que contiene un código de redundancia CRC de 32 bits.

Las tramas MAC se pueden clasificar según tres tipos:

- Tramas de datos.
- Tramas de control. Los ejemplos de tramas de este tipo son los reconocimientos o ACK's, las tramas para multiacceso RTS y CTS y las tramas libres de contienda.
- Tramas de gestión. Como ejemplo podemos citar los diferentes servicios de distribución, como el servicio de Asociación, las tramas de Beacon o portadora y las tramas TIM o de tráfico pendiente en el punto de acceso.

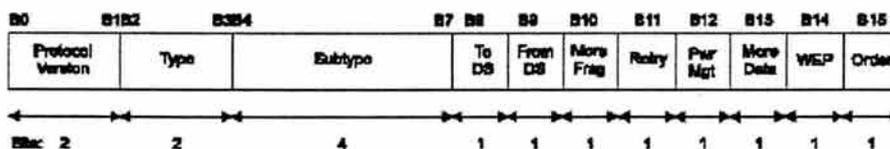
El formato de la trama MC genérica tiene el siguiente aspecto:



Los campos que componen esta trama son:

- Campo de control. Merece examinar aparte. Lo haremos más abajo.
- Duration/ID. En tramas del tipo PS o Power-Save para dispositivos con limitaciones de potencia, contiene el identificador o AID de estación. En el resto, se utiliza para indicar la duración del periodo que se ha reservado una estación.
- Campos address1-4. Contiene direcciones de 48 bits donde se incluirán las direcciones de la estación que transmite, la que recibe, el punto de acceso origen y el punto de acceso destino.
- Campo de control de secuencia. Contiene tanto el número de secuencia como el número de fragmento en la trama que se está enviando.
- Cuerpo de la trama. Varía según el tipo de trama que se quiere enviar.
- FCS. Contiene el checksum.

Los campos de control de trama tienen el formato siguiente:



- Versión.
- Type/Subtype. Mientras el tipo identifica si la trama es del tipo de datos, control o gestión, el campo subtipo nos identifica cada uno de los tipos de tramas de cada uno de estos tipos.
- ToDS/FromDS. Identifica si la trama si envía o se recibe al/del sistema de distribución. En redes ad-hoc, tanto ToDS como FromDS están a cero. El caso más complejo contempla el envío entre dos estaciones a través del sistema de distribución. Para ello situamos a uno tanto ToDS como FromDS.
- Más fragmentos. Se activa si se usa fragmentación.
- Retry. Se activa si la trama es una retransmisión.
- Power Management. Se activa si la estación utiliza el modo de economía de potencia.

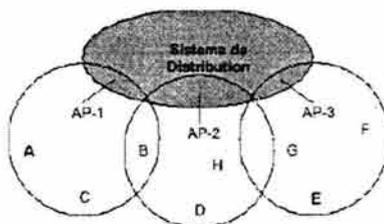
- More Data. Se activa si la estación tiene tramas pendientes en un punto de acceso.
- WEP. Se activa si se usa el mecanismo de autenticación y encriptado.
- Order. Se utiliza con el servicio de ordenamiento estricto, en el cual no nos detendremos.

Direccionamiento en modo infraestructura

Veamos de manera específica como funciona el direccionamiento en modo infraestructura. Como hemos comentado con anterioridad, el caso más complejo de direccionamiento se produce cuando una estación quiere transmitir a otra ubicada en otro BSS o sistema de servicios básicos.

En este caso los campos ToDS=FromDS=1 y las direcciones de cada uno de los componentes por los que pasa la trama toman el siguiente valor en la trama MAC, quedando la dirección 1 como el nodo destino, la dirección 2 será la del punto de acceso final, la dirección 3 sería la del punto de acceso origen y por último, la dirección 4 sería la del nodo origen.

En la figura podemos ver un ejemplo de transmisión del nodo A al nodo E.



Addr1: nodo E, Addr2: AP-3, Addr3: AP-1
Addr4: nodo A

Servicios del Sistema de Distribución. Asociación

La especificación IEEE802.11 define el sistema de distribución como la arquitectura encargada de interconectar diferentes IBSS o redes inalámbricas independientes.

El componente fundamental de este sistema de distribución es el punto de acceso, y además la especificación define lo que llama los servicios de distribución que facilitan y posibilitan el funcionamiento en modo infraestructura. Se definirán servicios diferentes para cada componente, según se tratase de punto de acceso o estación.

Enumeraremos los servicios y expondremos el servicio de asociación, por su carácter básico. Los cinco primeros los implementa el punto de acceso y los cuatro últimos la estación. La especificación añade en algunos servicios la información necesaria para implementarlo pero no se detiene en esta implementación.

- Distribución. Se encarga de llevar un paquete del punto de acceso de origen al de destino.
- Integración. Se encarga de la función de pasarela con otros sistemas IEEE802.x.

En concreto, define el componente portal que se encargará de aspectos necesarios como redireccionamiento.

- Asociación. Servicio necesario para que una estación pueda adherirse al modo infraestructura y utilizar sus servicios.
- Reasociación. Consiste en el campo de punto de acceso al que se asocia la estación para adherirse al modo infraestructura. También se utiliza para modificar las características de la asociación.

El proceso pues de conexión, pasa por la autenticación previamente a la asociación.

- Privacidad. Este servicio utilizará WEP para el encriptado de los datos en el medio.
- Reparto de MSDU's entre STA's. Este es el servicio básico de intercambio.

Algoritmo de Asociación Activa

Veremos como ejemplo como funciona el sencillo algoritmo de asociación activa, según la cual la estación utilizará las tramas de prueba y respuesta para mantenerse asociada a un punto de acceso que puede variar si tiene la condición de móvil.

El algoritmo consiste en los siguientes pasos:

- El nodo envía una trama de prueba (Probe).
- Los puntos de acceso alcanzados responden con una trama de respuesta (Response).
- El nodo seleccionará generalmente por nivel de señal recibida el punto de acceso al que desea asociarse, enviándole una trama de requerimiento de asociación.
- El punto de acceso responderá con una respuesta de asociación afirmativa o negativa.

La asociación activa implica que la estación continuará enviando este tipo de tramas y podrá provocar una reasociación en función de los parámetros de selección que él mismo utilice y defina.

Subnivel de Gestión MAC

La subcapa de gestión MAC implementa las siguientes funcionalidades:

- Sincronización.
- Gestión de potencia
- Asociación-Reasociación
- Utiliza el MIB o Management Information Base.

Describiremos los dos primeros puntos.

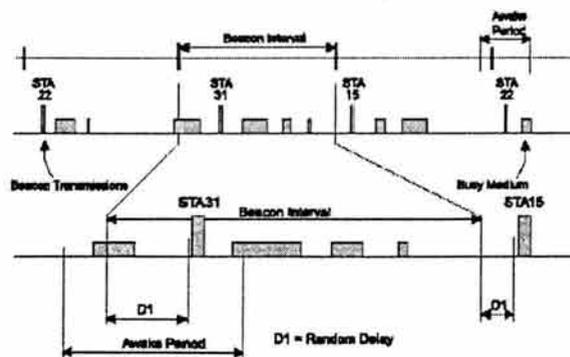
Sincronización

La sincronización se consigue mediante una función de sincronización (TSF) que mantendrá los relojes de las estaciones sincronizados. Según el modo de operación, distinguiremos el modo de funcionamiento.

En el modo infraestructura, la función de sincronización recaerá en el punto de acceso, de tal manera que el punto de acceso enviará la sincronización en la trama portadora o Beacon y todas las estaciones se sincronizarán según su valor.

En el modo ad-hoc, el funcionamiento es más complejo. Por una parte, la estación que instancia la red establecerá un intervalo de beacon, esto es, una tasa de transferencia de portadoras que permitan la sincronización.

Sin embargo, en este caso, el control está distribuido y entre todas las estaciones se intentará mantener la sincronización. Para ello, toda esta estación que no detecte en un determinado tiempo de BackOff una trama de sincronización, enviará ella misma una trama de portadora para intentar que no se desincronice la red.



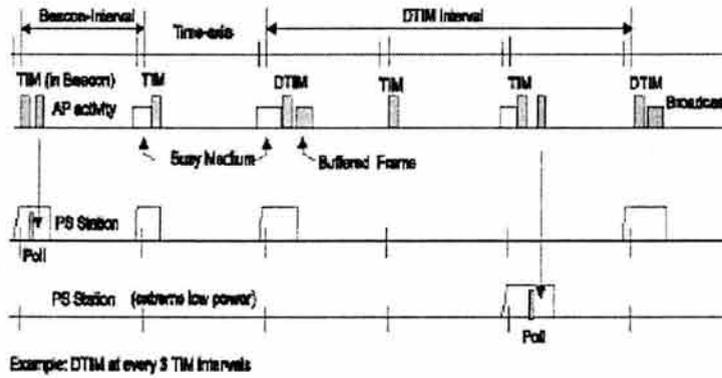
Gestión de Potencia

Las estaciones en la red pueden adoptar un modo limitado de potencia. Este modo de funcionamiento implicará que la estación se “despertará” sólo en determinados momentos para conectarse a la red.

Estas estaciones se denominan PS-STA's (Power Save Station) y estarán a la escucha de determinadas tramas como la de portadora y poco más. El control de este tipo de estaciones lo llevará el punto de acceso, que tendrá conocimiento de qué estación se ha asociado en este modo.

El punto de acceso mantendrá almacenados los paquetes que le lleguen con destino a los nodos limitados de potencia. Por tanto, el punto de acceso mantendrá un mapa de paquetes almacenados y los destinos a quienes tendrá que repartirlos o enviarlos.

Cuando el punto de acceso decida enviarle el paquete lo hará enviándole una trama TIM o Traffic Indication Map a la estación para que despierte en el próximo intervalo de portadora. De esta manera, estas estaciones recibirán la información con un desgaste mínimo de potencia.



BIBLIOGRAFIA

- **P. Bowler**, *U.P.S. SPECIFICATIONS & PERFORMANCE*. Concordia University, Canada, 1994.
- *UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEM (UPS) TECHNOLOGY*, Stanex , Québec, Canadá.
- *CLASSICAL UPS DEFINITIONS* (UPS Internet).
- *UPS OR SPS?: QUESTIONS OF TERMINOLOGY* (UPS Internet).
- **R Krishnan & Srinivasan**, *TOLOGIES FOR UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES*. The Bradley Department of Electrical Engineering, Va Tech., Blacksburg, USA, IEEE 1993.
- **David C. Griffith**. *UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES, Power Contidioners for Critical Equipment*, Ed. Marcel Dekker, Inc. New York, 1989.
- **R. Boylestad – L. Nashelsky**. *ELECTRÓNICA: TEORÍA DE CIRCUITOS*, Sexta Edición. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México 1997.
- **Mohan-Underland-Robbins**. *POWER ELECTRONICS*. Converters, Aplications and Desing. Second Edition. Ed. Wiley & Sons, Inc.1995, USA.
- **Gil-García-Martínez**. *ELECTRONICA INDUSTRIAL*. Técnica de Potencia. Marcombo Editores, Barcelona España 1982.
- **Muhammad H. Rashid**. *ELECTRONICA DE POTENCIA, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones*. 2º Edición. Ed. Prentice-Hall, Mexico, 1995.
- **Otmir Kilgenstein**: *SWITCHED-MODE POWER SUPPLIES IN PRACTICE*. Edit. John Wiley & Sons. England 1994.
- **CATALOGO siemens**.
- *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS ELÉCTRICAS SELMEC*.
- **E. Streit & H. Tietge**: *IGBT Modules for Dynamic Drives and Power Supplies: ENGINNERING*. Power Semiconductors. Siemens 1995.
- **Leo Lorenz**: *The IGBT – a Power-semiconductor Switch with Many Application Benefits*. ENGINNERING, Power Semiconductors. Siemens 1996.
- **International Rectifier**, *Power Conversión*, 1999.
- **Semikron**, *Power Semiconductors*, 1998.
- **Ho-Lio-Feng**: *Economic UPS structure with phase-controlled battery charger and input power-factor improvement*. IEE Proc-Electr. Power Appl. Vol 144, Nº 4 July 1997.
- **ANDERSEN, B**. *Wireless LAN notes* [En línea]. http://softail.visi.com/robotics/Wireless_lan.html
- **ARABAUGH, W**. *Your 802.11 wireless network has no clothes* [En línea]. <http://www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf>
- **CISCO**. *Wireless LANs: Improving productivity and quality of life* [En línea]. http://newsroom.cisco.com/dlls/sage_report.pdf
- **GEIER, J**. *Wireless LANs 2nd Ed*. SAMS
- **FLUHRER; MANTIN; SHAMIR**. *Weaknesses in the key scheduling algorithm of RC4* [En línea]. http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~itsik/RC4/Papers/Rc4_ksa.ps
- **HODGES, K**. *Is your wireless network secure?* [En línea]. http://rr.sans.org/wireless/wireless_net2.php
- **LOUGH, D.L.; BLANKENSHIP, T.K.; KRIZMAN, K.J**. *A short tutorial on Wireless LANs and IEEE 802.11* [En línea]. <http://www.computer.org/students/looking/summer97/ieee802.htm>
- **ROBERTS, R**. *The ABCs of Spread Spectrum. A tutorial*. [En línea]. <http://www.sss-mag.com/ss.html>
- **TOURRILHES, J**. *Wireless LAN technology overview* [En línea]. http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Linux.Wireless.Overview.html
- **Gast, Matthew**. *"Seven Security Problems of 802.11 Wireless"*. The O'Reilly Network. 24/05/2002. <http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2002/05/24/wlan.html>
- **Barnes, Christian; Bautts, Tony; Lloyd, Donald**. *"Hack Proofing your Wireless Network."*. SyngressPublishing, Inc. 2002. ISBN: 1-928994-59-8.

- **Arbaugh, William; Mishra, Arunesh.** *"An Initial Security Analysis of the IEEE 802.1X Standard"*. Department of Computer Science. University of Maryland. 6/2/2002. <http://www.cs.umd.edu/~waa/1x.pdf>
- <http://www.homerf.org/>
- <http://www.hiperlan2.com/>
- <http://www.bluetooth.com/>
- *IEEE Wireless Standards Zone.* <http://standards.ieee.org/wireless/>
- *Hiperlan2 Global Forum.* <http://www.hiperlan2.com/>
- *Atheros Communications.* <http://www.atheros.com/>
- <http://www.ieee.org/>
- <http://www.wlana.org/>
- <http://www.wirelessethernet.org/>
- <http://www.homerf.org/>
- *HomeRF Working Group.* <http://www.homerf.org/>
- <http://www.rs485.com>
- <http://standards.ieee.org/db>