

16  
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**REDES DE COMPUTADORAS APLICADAS  
EN SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION**

**QUE PRESENTAN**

**PATRICIA CASTILLO ALLIER**

**HILDA ROBLES ARANA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ**



MEXICO D.F.

**TESIS CON  
FALLA FE ORCEN 1991**



## **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 está 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.

## PROLOGO

En los últimos años se ha visto que la computación se ha introducido en todos los campos, algunos de ellos son: humanidades, científico, tecnológico, etc. El uso de computadoras se ha incrementado a pasos agigantados, por lo que en el área industrial la ha ido introduciendo; esta área es tan grande que nosotros no la podemos abarcar completamente por lo que nos vamos a referir particularmente a lo que está pasando en la industria de control conjuntamente con la computación (especialmente en las redes).

Debido a este crecimiento los sistemas de control se han tenido que revolucionar. Los vendedores de dichos sistemas han entendido que si desean seguir en el mercado tendrán que proporcionar más que la tecnología electrónica. Además de que están muy interesados ante la perspectiva de incrementar sus ventas al ofrecer sistemas que monitoreen y supervisen, pero la tecnología de control es relativamente nueva y requiere de gente especializada para la instalación y examinación.

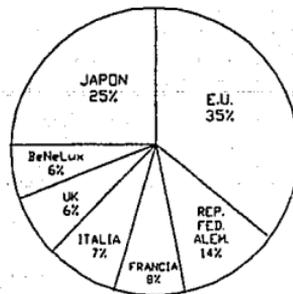
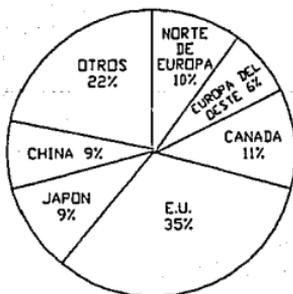
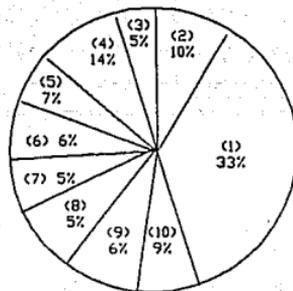
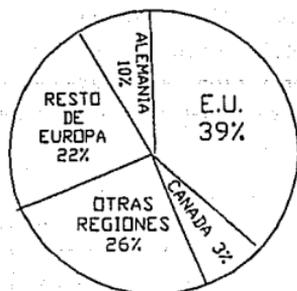
Los usuarios de los sistemas de control probablemente no sólo comprarán un sistema porque éste tenga un buen microprocesador, un bus de comunicaciones confiable o porque sea del mismo proveedor que le vendió la demás instrumentación, sino también verán que se les pueda proporcionar de procesos expertos (a un nivel local) para sus futuras necesidades. Por lo tanto, desearán (a no muy largo plazo) un apoyo y control de mantenimiento en los departamentos de ingeniería, además de que tomarán su decisión basada en la cantidad de paquetes de software y en los servicios de soporte que el proveedor le pueda proporcionar.

Otro de los problemas que tienen los usuarios es que muchos de los sistemas que requieren están contruidos con interfaces especiales, aumentano así su costo y complejidad de conexión. Viendo éste problema los proveedores de éstos sistemas han visto las ventajas que tiene el utilizar los estándares de hardware en lugar de utilizar los sistemas abiertos, por lo que los han ido incorporando en sus productos; por lo tanto se ha facilitado la conexión de PLC's, PC's, minicomputadoras y otros sistemas de control e instrumentación.

Algunos ejemplos de paquetes de software de sistemas de control han sido realizados para la industria de refinarias, pulpa y papel, etc. En la figura P.1 se muestra el comportamiento del mercado para los sistemas de control en el mundo (esquina superior izquierda), la distribución en la industria mundial (esquina superior derecha), en el comportamiento del mercado para la pulpa y papel (esquina inferior izquierda) y finalmente en la industria química (esquina inferior derecha).

Una de las características más importantes que ha surgido con la revolución tecnológica es el uso de redes en los sistemas de control de procesos y es el resultado de que los usuarios buscan una integración de controladores basados en microprocesadores, subsistemas de adquisición de datos y computadoras manejadoras de planta además de bases de datos distribuidas. Las redes de computadoras permiten al usuario funciones de procesamiento distribuido a través de procesadores que incrementan la ejecución, la expandibilidad y la confiabilidad; en contraste al maestro-esclavo y su relación inherente de los datos del bus dedicado orientado al sistema de comunicaciones, el cual requiere el funcionamiento del maestro para que el sistema se mantenga en operación.

Figura P.1 (Comportamiento del mercado para los sistemas de control)



Los esquemas que se utilizan actualmente en el mercado son basados en el control distribuido y en los sistemas de control de adquisición de datos (SCADA). A continuación se dará una reseña de dichos sistemas.

En los primeros intentos para manejar los procesos industriales se necesitaban muchos operadores para vigilar los indicadores y manejar las válvulas manuales, debido a esto y a otros factores, la eficiencia de la operación y calidad del producto variaba de acuerdo al tipo de operador con que se contaba.

Gracias a los avances de la tecnología, surgió la posibilidad de transmitir señales (de diversos tipos) a cierta distancia. De esta manera todos los indicadores o la mayoría de ellos pudieron trasladarse a un solo lugar (local o cuarto de control) y montarlos en un tablero de control, junto con algunos controladores que enviaban señales de mando a las válvulas.

Este fue el principio de un nuevo enfoque de la operación de procesos industriales, el cual se baso en la idea de traer la planta al operador, en vez de que el operador fuera a la planta. Con las modificaciones introducidas se redujo el tiempo de retraso en las decisiones de operación, por lo cual fue más fácil y rápido detectar las interacciones entre las diferentes porciones del proceso.

En este momento se podían ya tener pocos operadores para el control total de la planta y un operador podía ver, comprender y controlar segmentos de la planta más grandes y complicados, por lo que la necesidad de incrementar aún la eficiencia de los procesos y el abatimiento de los costos en la computadoras llevó a la integración de ellas en los procesos industriales.

Posteriormente surge el control distribuido (basado en microprocesadores) que tiene por concepto básico la distribución del equipo a todo lo largo y lo ancho del área a controlar, distribuyéndose la inteligencia en el área bajo control.

El cuarto de control distribuido no desaparece pero se substituyen los tableros de instrumentación analógicos por ventanas o vistas virtuales de la planta.

De esta forma el operador no tiene la necesidad alguna de ir a la planta, ya que puede llamar grupos de controladores a un sólo y único controlador o instrumento específico a su pantalla para monitorear el progreso de su proceso.

Si el proceso a controlar es muy grande existe la posibilidad de localizar cuartos de control para alguna unidad específica del proceso. En dicho cuarto de control se localizarían estaciones de operador que pudieran monitorear la zona del proceso que se le hubiera asignado, mientras que en el cuarto de control central se pueden observar y controlar todas las variables de la planta.

Al paralelo con el control distribuido, surge el Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos el cual se considera como un medio de control remoto y monitoreo del estado de los elementos del sistema (en este caso la planta).

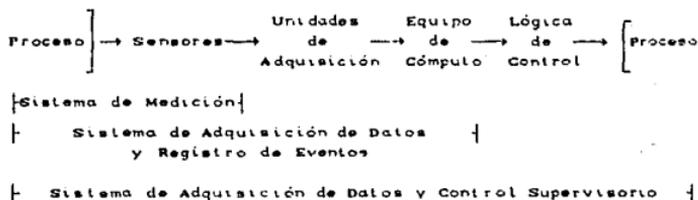
Entre las características más importantes que presentan los SCADA son:

- Los controladores están ubicados a grandes distancias unos de otros.
- Las comunicaciones se realizan por algún medio inalámbrico o por cualquier otro que permita transmisiones a grandes

distancias.

- Un computador supervisor central (Host computer) se encarga de manejar toda la información y de la coordinación del sistema.
- Existencia de unos procesadores, llamados *Unidades Terminales Remotas (UTR's)*, cuyo número puede ser de unos pocos hasta varios cientos, los cuales transmiten datos al computador central y pueden recibir o no datos de los niveles superiores.
- Disponibilidad de un sistema de codificación para transmitir la información en forma segura y confiable.

En el diagrama siguiente se podrán ver las características que se necesitaron para llegar a un SCADA.



Por lo tanto los sistemas SCADA se utilizan en empresas que cuentan con varias plantas ubicadas en sitios muy distantes entre sí, cada una con sus propios sistemas de control, pero que además requieren de un centro de control para todas ellas, desde donde se pueda tener una visión general de todo el proceso y a donde se llevan los datos de todas las plantas, con el fin de ejercer un control supervisor, modificando cuando sea necesario los valores de referencia, para coordinar la operación de todo el conjunto.

Por lo que en la figura P.2 se muestra las diferentes necesidades (en lo que concierne a nosotros) que tiene los

usuarios, como son en general, en sistemas de informática y en sistemas de control.

El objetivo de esta tesis es por lo tanto el de investigar las formas de aplicación de las redes de computadoras en sistemas de control de procesos: arquitecturas, transferencia de información dentro de la red (protocolos, interfases, etc.) y posibilidades de intercomunicación entre diferentes marcas, arquitecturas, etc; además de conocer y proponer soluciones a problemas típicos actuales relativos en este campo de aplicación de la computación.

México D.F.  
6 de Octubre de 1991.

Patricia Castillo Allier.  
Hilda Robles Arana.

**NOTA:**

Es conveniente aclarar que en el ambiente de la computación se emplean muchos términos en inglés, los cuales no tienen una fiel traducción al español y en muchos casos no es conveniente, además muchas de las personas que se encuentran en dicho ambiente están acostumbradas a utilizar estos términos en inglés.

Figura P.2 (Necesidades de los usuarios en diferentes ambientes).



Necesidades generales



Necesidades en Control



Necesidades en Informatica

Prólogo.....	VIII
Capítulo I (Antecedentes teóricos sobre redes de computadora).....	3
1.- Bosquejo histórico de redes de computadoras.....	3
1.1. En sistemas de control.....	4
1.2. En sistemas de informática.....	4
2.- Conceptos y definiciones a utilizar.....	6
2.1. Definición de una red de computadoras.....	7
2.2. Estructura de una red de computadoras.....	7
2.2.1. Arquitectura.....	9
2.2.2. Capa.....	9
2.2.3. Nodo o IMP.....	10
2.2.4. Host.....	10
2.2.5. Bridge.....	10
2.2.6. Gateway.....	10
2.2.7. Router.....	10
2.2.8. Modelo ISO/OSI.....	12
2.2.8.1. Capa física.....	12
2.2.8.2. Capa de enlace de datos.....	16
2.2.8.3. Capa de enrutamiento o de red.....	19
2.2.8.4. Capa de transporte.....	32
2.2.8.5. Capa de sesión.....	34
2.2.8.6. Capa de presentación.....	36
2.2.8.7. Capa de aplicación.....	37
2.3. Clasificación de las redes de computadoras por su extensión geográfica.....	38
2.4. Objetivos principales de las redes de computadoras.....	40
2.5. Definición de control de procesos por computadora.....	40
3.- Topología de las redes de computadoras en informática y las redes de computadoras en sistemas de control.....	42
3.1. Punto a punto.....	44
3.2. Broadcast.....	44
4.- Sistemas de comunicación.....	50
4.1. Tipo de cable usado.....	53
4.1.1. Coaxial.....	53
4.1.2. Fibra óptica.....	53
4.2. Interfases.....	55
4.3. Protocolos.....	56
4.3.1. Protocolos básicos.....	56
4.3.2. Protocolos de ventana deslizante.....	60
4.3.3. Protocolos basados en detección de portadora.....	63
4.4. Puertos.....	66

Capítulo II (Redes de computadoras en control: sistemas		
SCADA (Sistemas de Control de Adquisición		
de Datos)).....		67
1.-	Redes de operación automática.....	69
1.1.	U.T.R. (Unidades Terminales Remotas).....	70
1.2.	Funciones de las U.T.R.....	71
1.2.1.	Canal de comunicación.....	72
1.2.2.	Alimentación primaria.....	
1.2.3.	Interfase hombre/máquina.....	
1.2.4.	Arquitectura e Interfases.....	73
1.2.4.1.	Módulo de procesamiento.....	
1.2.4.2.	Módulo de comunicaciones.....	75
1.2.4.3.	Módulo de conversión	
	analógica-digital.....	76
1.2.4.4.	Módulo de entradas analógicas.....	
1.2.4.5.	Módulo de salidas analógicas.....	
1.2.4.6.	Módulo de entradas	
	binarias-digitales.....	
1.2.4.7.	Módulo de salidas	
	binarias-digitales.....	77
1.2.4.8.	Módulo de vigilancia.....	
1.3.	Programación jerárquica.....	
1.3.1.	Módulo de procesamiento.....	78
1.3.2.	Módulo de comunicación.....	79
1.3.3.	Módulo de conversiones.....	
2.-	Redes de supervisión y monitoreo.....	
2.1.	Objetivos.....	80
2.2.	Características.....	81
2.3.	Funciones.....	
2.4.	Elementos de un SCADA.....	82
2.4.1.	Estación maestra.....	
2.4.2.	Interfase hombre-máquina.....	83
2.4.3.	Controlador de comunicaciones.....	
2.4.4.	Unidades terminales remotas.....	85
2.4.5.	Unidades de adquisición.....	
2.4.6.	Equipo de cómputo.....	89
2.4.7.	Periféricos.....	90
2.4.8.	Software.....	
2.4.9.	Notificación de alarmas.....	95
Capítulo III (Práctica actual de las redes de		
computadoras en SCADA).....		97
1.	Network 90 (Bailey).....	
1.1.	Arquitectura.....	
1.2.	Actualización de hardware.....	100
1.3.	Nivel de campo de los dispositivos.....	101
1.4.	Módulo de nivel esclavo E/S.....	102
1.5.	Nivel del módulo inteligente.....	
1.6.	Interfase hombre/máquina.....	103
1.6.1.	Computadoras personales.....	104
1.7.	Paquetes de alto nivel de software.....	105

1.8. Sistemas de comunicación.....	106
2. MAX-1 (L&N).....	107
2.1. Arquitectura.....	
2.2. Controlador multiprocesos.....	108
2.3. Configuraciones de E/S.....	113
2.4. Data highway.....	114
2.5. Interfase local del operador.....	116
2.6. Estación de operador.....	
2.7. Manejador de información.....	120
2.8. Computadora Huésped.....	121
2.9. Interfase DEC de seri VAX.....	122
2.10. Detección de errores y sistema de seguridad.....	
2.10.1. Chequeo antes de la ejecución.....	
2.10.2. Tiempo de salida del comando/respuesta o la pérdida de una transmisión.....	123
2.10.3. Chequeo cíclico redundante.....	
2.10.4. Excepción de condiciones y acción de recuperación de error.....	124
2.11. Perturbaciones del procesamiento.....	
2.12. Interfase del controlador lógico programable.....	125
2.13. Manual de enlace del MAX-1 y Allen-Bradley.....	128
2.13.1. Organización.....	
2.13.2. Conexión de enlace.....	129
2.13.3. Configuración.....	
2.13.3.1. Definición de ventana.....	
3. TDC-300 (Honeywell).....	132
3.1. Arquitectura.....	
3.2. Red de control universal (UCN)-Basado en control distribuido.....	133
3.3. Hiway (DH)-Basado en control distribuido.....	135
3.3.1. Unidad de adquisición de datos.....	
3.3.2. Controladores.....	136
3.3.3. Otros dispositivos.....	137
3.4. Red de control local (LCN).....	138
3.5. Funciones del cuarto de control.....	
3.5.1. Función de interfase hombre/máquina.....	139
3.5.1.1. Estación Universal.....	
3.5.1.2. Estación Universal de Trabajo.....	140
3.5.2. Funciones de almacenamiento en masa.....	141
3.5.2.1. Módulo histórico.....	
3.5.3. Control anticipado.....	
3.5.3.1. Módulo de aplicación.....	
3.5.3.2. Módulo de cómputo.....	142
3.5.4. Interfase de datos.....	
3.5.4.1. Módulo de interfase de la red.....	
3.5.4.2. Hiway gateway.....	143
3.5.4.3. Computer gateway.....	
3.6. Sistema de comunicaciones.....	
3.6.1. Procesos controlados por redes.....	144
4. LN-700 (L&N).....	147
4.1. Arquitectura.....	

4.2. Data highway.....	149
4.2.1. Estación de comunicaciones.....	149
4.2.2. Estación del operador.....	152
4.2.3. Estación de registro.....	155
4.2.4. Estación local de E/S.....	157
4.3. Interfase con la computadora host.....	159
4.4. Estación de generación de control.....	163
4.5. Interfase Hombre/máquina.....	165
4.6. Sistema de comunicaciones.....	166
4.7. Filosofía y configuración de las comunicaciones remotas.....	169
4.7.1 Horarios de comunicación.....	171
4.7.2 Comunicación de datos procesados.....	174
Análisis.....	175
Conclusiones.....	185
Apéndice A.....	187
Apéndice B.....	204
Apéndice C.....	207
Bibliografía.....	209

**REDES DE COMPUTADORAS APLICADAS  
EN SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS**

## CAPITULO I

## ANTECEDENTES TEORICOS SOBRE REDES DE COMPUTADORA

En nuestros días como en los de antaño los sistemas de control han desempeñado un papel muy importante en la industria, ahora otra área es la que está jugando un papel sumamente importante y es la computación, pero principalmente las redes de computadoras. En este capítulo se dará una introducción a todo lo que ella implica, pero principalmente nos basaremos en un modelo (ISO/OSI) de redes.

## 1- BOSQUEJO HISTORICO DE REDES DE COMPUTADORAS.

## 1.1 En sistemas de control.

La reseña que se presenta a continuación es relativa, debido a que en sus principios los esquemas que se utilizaron fueron los de Maestro/Esclavo, los cuales no se pueden considerar como una red de computadoras debido a que los esclavos dependen directamente del Maestro.

AÑO	DESARROLLO
1948-1950	Primera aplicación: Control de misiles y dispositivos aeroespaciales. <i>Analizadores Diferenciales Digitales (DDA):</i> computadoras de carácter específico aplicadas a navegación.
1956-1959	Primera aplicación en control de procesos (petroquímica): control de una unidad polimerización en refinería de PORT ARTHUR, Texas.

- 1959 Inicio de la primera etapa del control por computadora: *esquema de control supervisorio.*
- 1962 Número de computadoras aplicadas al control: 100 aproximadamente.  
Substitución de todos los controladores y dispositivos analógicos por una computadora digital: control realizado directamente por la computadora (*Control Digital Directo (DDC)*).
- 1965 Número de computadoras aplicadas al control de procesos: 1000 aproximadamente.

A mediados de los 60's con el surgimiento de las minicomputadoras: solución de problemas de control de mediana magnitud y costo. A partir de ésta época, los fabricantes se dieron cuenta que se necesitaban esquemas con mayores alcance que los que se tenían hasta ese momento, decidiendo así entrar a esquemas elementales de las redes de computadoras (*Control Digital*).

- 1972 Aparición de las microcomputadoras: solución a los pequeños problemas a través de *Control Digital* de un solo lazo.
- 1975 Número de computadoras aplicadas al control : 100,000 aproximadamente.  
Surge el *Control Distribuido* con la marca Honeywell.

La época reciente es la de la aplicación de los microprocesadores al control. Control de plantas complejas por

medio de *Redes Centralizadas* y posteriormente se empezaron a aplicar las *Redes de Control Distribuido*, estos dos esquemas son los que se utilizan actualmente en casi todos los sistemas de control.

## 12. En sistemas de informática.

Al final de la primera mitad de los años sesenta, la evolución tecnológica dispuso de nuevas generaciones de ordenadores, los cuales tenían las siguientes características: eran más eficaces, más potentes, de una experiencia creciente en lógica de comunicaciones, con estándares de equipos de transmisión y alfabeto.

En la segunda mitad de los años sesenta la organización de redes de datos para aplicaciones batch, militares y comerciales, así como la aparición de redes de acceso a sistemas de tiempo compartido, dieron lugar a diversos cuestionamientos respecto al rendimiento de las líneas de comunicaciones, lo que dio origen al surgimiento de multiplexores, líneas compartidas con disciplinas multipunto, concentradores y controladores. Estos nuevos dispositivos ocasionaron con mayor rapidez gran cantidad de inteligencia a medida que el uso de miniordenadores para el diseño se hizo un tanto familiar, generando así lo que se llama inteligencia distribuida o sea un concepto de red.

Poco antes de 1970 en un entorno experimental, académico y con patrocinio militar surge la red ARPA (Advanced Research Project Agency) que trajo consigo tecnología basada en miniordenadores, se establece además el concepto de que el mensaje muy corto (paquete) disminuye el tamaño de los almacenamientos. Con ésta red surge lo que conocemos como conmutación de paquetes.

A mediados de los años setenta surge la idea de las arquitecturas estratificadas, en donde se separan las distintas funciones para clasificarlas según se aproximen más a las tareas de transmisión o al usuario. Estas funciones se separan entre niveles de tal forma que entre dos sistemas remotos cada función tiene su homólogo en el mismo nivel, originando que las interfases entre niveles o funciones estén normalizados para el reemplazo de una solución de función por otra, sin que se desencadene la necesidad de sustituir el resto de las funciones.

Finalmente surge el modelo de arquitectura de referencia para sistemas heterogéneos o sistemas abiertos de ISO (International Standards Organization), el cual trata de orientar la aparición de múltiples arquitecturas con una de referencia, hacia la que puedan converger las demás.

## 2- CONCEPTOS Y DEFINICIONES A UTILIZAR.

### 2.1 Definición de una red de computadoras.

Es un conjunto de computadoras independientes, entrelazadas entre sí (conocidas como Nodos o IMP's), con el fin de compartir recursos de cómputo, como objetivo principal. Además las redes de computadora se dividen en dos tipos dependiendo del tipo de red a emplear, los cuales son:

#### Red pública.

En este tipo de redes la subnet es administrada por cierto organismo, el cual presta los servicios de comunicación (capas 1, 2 y 3) a los usuarios que deseen abonarse a ésta (tal vez mediante una cuota o abono).

El objetivo principal de una red pública de transmisión de datos, consiste en satisfacer la demanda que se tiene en todos los sectores profesionales que se adecuan a este tipo de transmisiones, permitiendo así la interconexión de terminales y computadoras tanto a nivel nacional como internacional.

Las principales características que debe de cumplir son:

- Contar con una infraestructura nueva y dedicada a manejar señales de datos.
- Transparente a los principales protocolos de acceso.
- Capaz de interconectar equipos síncronos y asíncronos.
- Conexión a distintas velocidades.
- Modularidad para crecer.
- Alta confiabilidad y disponibilidad.
- Alta privacidad y seguridad.
- Futuras interconexiones de los servicios de valor agregado.

Red privada.

Tanto la subnet como los host son propiedad de una misma compañía, la cual administra el uso y el crecimiento de la red.

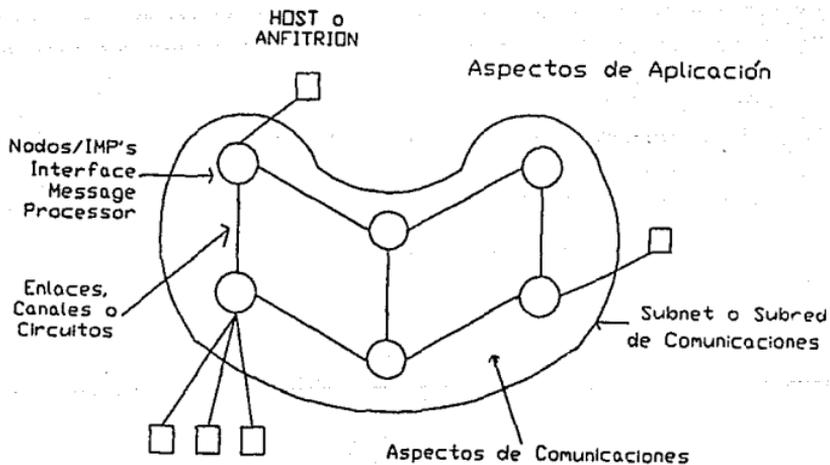
## 2.2. Estructura de una red de computadoras.

En la figura 1.1 se muestra la estructura general de una red de computadoras, tanto elementos, aspecto de aplicación y el aspecto de comunicaciones.

### 2.2.1. Arquitectura.

Arquitectura en un conjunto de capas y protocolos que facilitan la implantación de las funciones en una red, así como

Figura 1.1 (Estructura general de una red de computadoras).



la introducción de nuevas tecnologías a la subnet.

### 2.2.2. Capa.

Es un grupo de funciones perfectamente definida que permite la adecuación (adaptación) de los datos para la comunicación a través de un protocolo.

### 2.2.3. Nodo o IMP.

Es el ente más pequeño de una red de computadoras tales como: una minicomputadora o una microcomputadora. Puede tener más de una computadora Host o bien si no tiene Host sólo es un nodo de paso.

### 2.2.4. Host.

Se podría decir que es el anfitrión (receptor/transmisor) de la información de una computadora a otra.

### 2.2.5. Bridge.

Es un dispositivo (interfase) que puede enlazar dos o más LAN's hasta formar una LAN expandida al mismo tiempo pueda enlazar a muchos miles. Los bridges eliminan la restricción de distancia y el máximo número de estaciones límites de las LAN's. En suma, los bridges actúan como paquetes filtradores y se dedican a recibir datos únicamente de LAN's remotas. Además de que sólo funcionan cuando las LAN's son similares.

### 2.2.6. Gateway.

Es un módulo (interfase) o conjunto de módulos (interfases),

que transforman las características propias (diferentes sistemas operativos, lenguajes, etc.) de una red a las características propias de otra red. Un gateway actúa como un traductor de lenguaje que permite operar dos redes diferentes que actúan bajo diferentes protocolos de comunicación.

### 2.2.7. Router.

Es un nodo que transmite paquetes de datos a otros sistemas.

### 2.2.8. Modelo ISO/OSI.

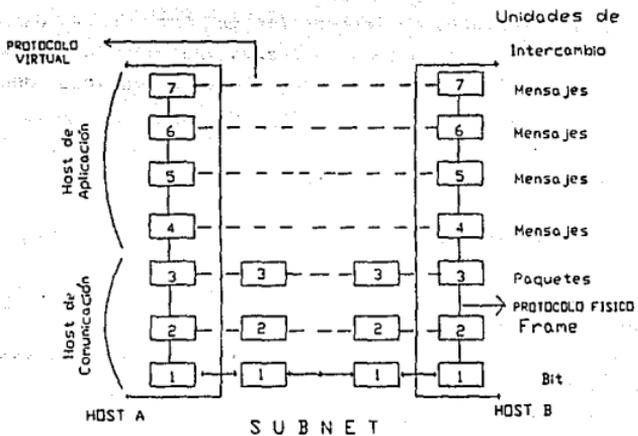
En las últimas décadas, los fabricantes de computadoras han ido desarrollando diversas arquitecturas para la realización de sistemas orientados fundamentalmente a la interconexión de equipos diseñados por los propios fabricantes. Sin embargo, aunque estas arquitecturas son en gran parte similares, no permite, en principio, la interconexión de material heterogéneo, lo cual representa un gran inconveniente para los usuarios que pudieran tener tal necesidad.

ISO tiene como objetivo el definir un conjunto de mecanismos que hagan posible la interconexión de sistemas informáticos heterogéneos, utilizando los medios públicos de transmisión de datos.

OSI (Open Systems Interconnection) es el modelo general para arquitectura de redes de computadoras, y ésta formado por siete capas (figura 1.2), las cuales son:

- Capa uno o capa física.
- Capa dos o capa de enlace de datos.
- Capa tres o capa de enrutamiento (red).
- Capa cuatro o capa de transporte.

Figura 1.2 (Modelo ISO/OSI).



- Capa cinco o capa de sesión.
- Capa seis o capa de presentación.
- Capa siete o capa de aplicación.

### 2.2.8.1. Capa física.

Define todos los elementos eléctrico, electrónicos y mecánicos que intervienen en la conexión de computadoras. Se definen a nivel de hardware.

Para la transferencia de información en esta capa existen varias formas de conmutación (manera física y/o lógica mediante la cual se indica a la información que ruta va a seguir), dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes:

#### Conmutación de circuitos (Circuit Switching).

Las características principales de esta técnica son las siguientes:

- El establecimiento de circuitos (dedicados) de la ruta a seguir de la información.
- La información seguirá única y exclusivamente el camino marcado por el circuito.
- Al finalizar el enlace se procede a retirar la línea dedicada.
- Ningún otro Host podrá intervenir en la ruta que se estableció entre los Host que se estén comunicando.
- Si falla un IMP toda la información se pierde y se tendrá que pedir una retransmisión de dicha información.

#### Conmutación de mensajes (Message Switching).

Las características principales de esta técnica son las

siguientes:

- El mensaje original es enviado completo entre computadoras.
- Analiza la mejor ruta a seguir entre IMP's.
- Todo IMP sigue una política denominada Almacena y Adelanta (Store & Forward).
- Los mensajes contienen información sobre el Host destino.
- Los mensajes generados de un mismo Host hacia un mismo destino pueden llegar en distinto orden del que fueron generados.
- Si falla un IMP se tiene que pedir una retransmisión y por lo tanto marcar la mejor ruta a seguir entre IMP's.

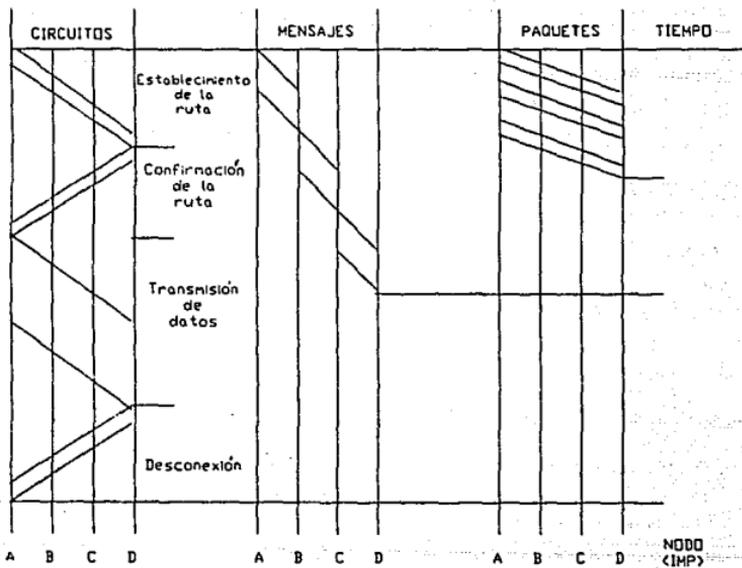
Commutación de paquetes (Packet Switching).

Las características principales de ésta técnica son las siguientes:

- La conmutación de paquetes es, en gran parte, un caso especial de la conmutación de mensajes, sólo que los mensajes son descompuestos en piezas más pequeñas llamadas paquetes, cada una de las cuales tienen una longitud máxima estrictamente restringida.
  - Estos paquetes son numerados, direccionados y trazan su camino a través de la red en forma de conmutación de paquetes.
- De ésta forma, varios paquetes del mismo mensaje pueden estar en transmisión simultánea y obtener una de las principales ventajas de la conmutación de paquetes.
- Se basa en los principios de formación de colas y retardos por bloqueo de información.

En la figura 1.3 se presentan los tres tipos de conmutaciones y el tiempo en que se tarda cada una de ellas llevando el mismo mensaje a un determinado destino.

Figura 1.3 (Tabla comparativa de tiempos de las conmutaciones).



Para la conexión directa o indirecta de las terminales (a través de un host) dentro de la red requieren de un elemento que administre su operación y acceso a la red. Este elemento suele ser un controlador de terminales, el cual se presenta en los siguientes esquemas generales:

1. Multipunto
2. Punto a punto.

Cada uno de éstos esquemas maneja una técnica diferente para controlar sus terminales, las cuales son:

1) Multipunto.

- Polling.

Mediante el cual un controlador de terminales atiende/administra las terminales que tiene conectadas. Esta técnica sólo es usada en el esquema de multipunto. Existen dos tipos básicos de polling, los cuales son:

- Roll-a-Call Polling.

A cada terminal el controlador va pidiendo el envío de datos que la terminal ha generado; en caso de no tener datos, la terminal envía un caracter *dummy*: el controlador de terminales siempre estará preguntando de una manera ordenada a las terminales.

- Hub Polling.

Esta sólo envía la señal de petición a la terminal más lejana, la cual, si tiene algo que enviar, regresa el dato anexado al identificador de la terminal; en caso contrario sólo turnará la petición a la siguiente terminal.

## 2) Punto a punto.

Esta se divide en dos técnicas, las cuales son:

- Multiplexor o Synchronous Time Division Multiplexer (S.T.D.M.).

La forma en que se maneja el controlador de terminales es semejante al del Roll-a-Call polling, la cual tiene las siguientes variantes: el *concentrador* (controlador de terminales) sólo envía información cuando se recibe algo de las terminales; el *concentrador* únicamente agrega un identificador de la terminal que produjo el dato, además de que se le da un tiempo determinado a cada paquete para que pueda entrar en la red.

- Concentrador o Asynchronous Time Division Multiplexer (A.T.D.M.) o también llamado Multiplexor Estadístico.

Se denomina estadístico debido a que el tamaño de los registros de E/S de la estación (*frames*) no es constante y por lo tanto ATDM no puede ser determinado en forma óptima, además de que el buffer es de tamaño fijo, y otra característica es que no se conoce de antemano la cantidad de datos (tráfico) que podrá recibir.

Además de que se le asigna un tiempo aleatorio a cada paquete para que pueda entrar en la red.

## 2.2.8.2. Capa de enlace de datos.

Su objetivo principal es la definición de los detalles de comunicación entre pares de IMP's y de IMP's a HOST's, mediante estructuras conocidas como *frames de datos* (Un *frame* está formado por la colección de bits que conforman datos y/o reconocimientos

más los bits de detección/corrección de errores). Para asegurar una transmisión confiable de frames de datos, se suele definir también el uso de *frames de reconocimiento* (acknowledge).

Otra función de ésta capa es detectar y/o corregir errores de transmisión; además de realizar una comunicación libre de errores entre pares de nodos o IMP's, regulando el tráfico entre IMP's productores veloces contra IMP's consumidores lentos.

Existen dos técnicas generales para el tratamiento de errores, las cuales son:

- Detectarlos.
  - + Half dúplex.
  - + Full dúplex.
- Corregirlos.
  - + Simplex.

Sin embargo es más fácil detectarlos que corregirlos. Lo anterior se explica mediante el concepto de *Distancia de un Código*.

Al enviar un frame de bits, éste suele ir compuesto de  $m$  bits de mensaje y de  $r$  bits para el tratamiento de errores. A la unión de  $m+r$  bits se le conoce como *CODEWORD*, la cual tiene la siguiente estructura:

1001....100.....0011....1				
<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Bits de información</td> <td style="padding: 0 10px;">Bits para detección y</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">(m)</td> <td style="padding: 0 10px;">corrección de errores (r)</td> </tr> </table>	Bits de información	Bits para detección y	(m)	corrección de errores (r)
Bits de información	Bits para detección y			
(m)	corrección de errores (r)			
<div style="border-top: 1px solid black; width: 100%; margin-top: 5px;"> <span style="display: inline-block; width: 50%; text-align: center;">C O D E W O R D</span> </div>				

Se denomina como *Distancia de Hamming* al número de bits

diferentes entre dos codewords.

La distancia de un código se obtiene al distinguir la distancia mínima entre pares de codewords al desarrollar todas las combinaciones de codewords que genere el código.

La distancia de un código  $d$  es la mínima distancia de Hamming de entre todos los posibles codewords generados para todos los mensajes válidos.

Para detectar  $d$  errores se requiere que el código tenga una distancia de  $d+1$  (mínimo deberán ser 2 bits).

Para corregir  $d$  errores se requiere que el código tenga una distancia de  $2d+1$  (mínimo deberán ser 3 bits).

Este es un método que se puede utilizar para la detección/corrección de errores, pero no es la única que existe, por ejemplo otro método que se utiliza mucho para esta práctica es el C.R.C. (Cyclic Redundancy Code) o también llamado Método de Detección de Errores Mediante Polinomios, y otros más.

El método C.R.C requiere de las siguientes características:

- Tanto el emisor como el receptor requieren de un polinomio, el cual se le denomina *polinomio generador* ( $G(x)$ ) mediante éste se dividirá a  $K(x) * x^g$ , donde  $g$  es el grado de  $G(x)$ .
- El residuo de la división entre  $K(x) * x^g$  y  $G(x)$  se le denominará *checksum*  $R(x)$ .
- La representación que tendrán los elementos de dicho polinomio será de forma binaria (0 ó 1).
- Los elementos que no aparezcan en dicho polinomio serán representados con el cero (0), y los elementos que sí aparezcan serán representados con el uno (1).

- Toda la aritmética que se realiza durante la división es del tipo módulo 2, la cual es una resta con un XOR.
- El checksum indica si la transmisión fue completamente limpia, esto se sabe cuando el checksum es igual con cero y si es diferente es que la transmisión tuvo errores y se pide una retransmisión a dicho IMP.
- El formato del mensaje a transmitir es el siguiente:  

$$T(x) = H(x) + R(x)$$
(el cual es el grado de  $g(x)$ )
- En el receptor se realiza la división entre  $T(x)$  y  $G(x)$ , el residuo de dicha operación indica si el mensaje llegó correctamente, lo cual se sabe cuando el residuo es igual con cero y si no es igual se pide una retransmisión al IMP hasta que se indique que fue correcta.

El método C.R.C. ayuda en las siguientes situaciones:

- Corregir errores en un solo bit
- Detectar errores en dos bits.

Otra función de la capa es el de regular el tipo de tráfico entre computadoras adyacentes, es decir, determina si la comunicación será half o full-duplex.

Como ya antes se mencionó los frames se pueden distinguir en dos tipos:

- Frames de información
- Frames de reconocimiento

Para realizar la comunicación entre los pares de IMP's y de IMP's a HOST's se utilizan las estructuras llamadas *Protocolos*.

### 2.2.8.3. Capa de enrutamiento o de red.

Se encarga de llevar un paquete desde el HOST/IMP origen

hasta el IMP/HOST destino (se debe conocer tanto el origen como el destino).

Por tanto se deben considerar algoritmos para resolver situaciones que:

- Determinen la mejor ruta a seguir por un paquete.
- Evitar situaciones de congestión.
- Evitar/corregir deadlocks (atascamientos).
- Se suele implantar en un DRIVER (programa manejador de un dispositivo contenido en el sistema operativo).
- Proporcionar una apariencia (transparente o no transparente) de los servicios de la red a capas superiores.

Existen dos tipos de servicios que puede proporcionar esta capa:

- Circuito Virtual
- Datagramas

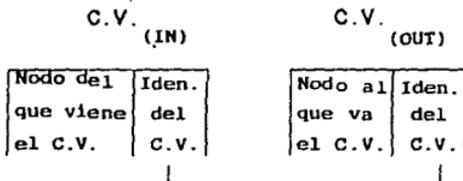
#### *Servicio de Circuitos Virtuales:*

Este tipo de servicio es muy parecido a la conmutación de circuitos y se caracteriza por la posibilidad de liberar de responsabilidades de comunicación a los procesos en las computadoras Host, por lo que la subnet es la encargada de:

- Establecimiento de el circuito virtual o la ruta a seguir, se llevará a cabo a través de un paquete de enrutamiento inicial, el cual contiene información sobre el nodo destino.
- Los paquetes subsecuentes que utilicen el mismo circuito virtual solo requieren el identificador del circuito virtual que utilizaran como camino; en caso de salir más paquetes el circuito utiliza otro identificador para dichos

paquetes.

- Administración de las tablas de circuitos virtuales en cada nodo.
- Por cada nodo en la subnet existen dos tablas de circuitos virtuales, las cuales se representan de la siguiente manera:



- El IMP origen deberá tener el siguiente formato:

Orden a seguir de los paquetes	Ruta a seguir de los paquetes	Operación Creación Borrado del C.V.
-----------------------------------	-------------------------------------	--

- Reponer eventuales fallas en los nodos.
- La subnet estará encargada de entregar secuencialmente y en el orden generado, los paquetes enviados.
- El nodo destino debe reensamblar los paquetes para generar el mensaje que se turnará al host.

En decir, mediante este servicio, la capa de red procura ocultar todos los detalles de comunicación de la subnet al usuario, proporcionandole un canal aparente libre de errores, cuyo mantenimiento (inicio, establecimiento del circuito virtual, su operación y la clausura del mismo) es llevada a acabo por la capa de red.

Para comunicaciones de tipo dúplex se necesitan dos circuitos virtuales.

La desventaja más grande que tiene es que si llega un nuevo nodo se tiene que volver a hacer todo el proceso.

El costo de los circuitos virtuales provienen del uso o mantenimiento de las tablas que representan los enlaces virtuales, las cuales residen en todos los nodos de la subnet, estos costos son debidos a que los nodos gastan memoria y procesamiento de transiciones en las tablas. Los costos de operación resultan en cargos al propietario/administrador de la subnet.

#### Servicio de Datagramas:

A través del servicio de datagramas, es el usuario o host inicial o el host final el encargado de revisar varios aspectos de la transmisión de los paquetes, como son:

- El evitar y/o corregir situaciones provocadas por errores o fallas en los nodos. Así en el host se debe hacer el manejo de errores, en la pérdida parcial o total de los paquetes y la recuperación de aquellos que se pierdan debido a la caída de un nodo; en caso de suceder esto la ventaja que tiene éste servicio es que sólo se pediría la retransmisión de aquellos paquetes que se perdieron.
- El reensable de un mensaje a partir de los paquetes que lo forman es tarea del host, o en caso contrario de el usuario, pero nunca de un IMP, como se realiza en circuitos virtuales.
- Cada paquete viaja por rutas independientes dadas en un momento dado por las condiciones de la subnet, es decir, cada paquete posee la información sobre el IMP/HOST al que

va dirigido, es por eso que los paquetes al momento de llegar al host no necesariamente llegarán en orden.

Los costos de operación de éste servicio suele ser absorbidos por el usuario. Además de que la mayoría de las redes públicas utilizan datagramas.

Otra función que proporciona ésta capa son los algoritmos de enrutamiento, éstos toman la decisión de un nodo sobre la línea (canal) por la cual seguirá su camino un paquete a través de la mejor ruta posible.

Las condiciones principales que deben de procurar los algoritmos de enrutamiento son las siguientes:

- Equilibrio de trabajo entre nodos.
- Óptimo en cuanto a la decisión de la mejor ruta.
- Estable en cuanto a su política de servicio.
- Robusto o tolerante a fallas.
- Simple.

Existen dos tipos generales de algoritmos de enrutamiento, los cuales son:

- Adaptativos
- No adaptativos

Adaptativos:

Son aquellos que toman en cuenta los cambios en la topología y/o el tráfico de la subnet; entre éstos se encuentran:

- Centralizados.
- Aislados.
- Distribuidos.

**No adaptativos:**

Son aquellos que no toman en cuenta las condiciones instantáneas de la subnet.

**METODOS DE ENRUTAMIENTO NO ADAPTATIVOS****METODO DE INUNDACION DE PAQUETES.**

La principal función de éste algoritmo consiste en que cada paquete que es inyectado en un nodo, es reproducido por todas las vías posibles de salida de éste nodo, a excepción del canal por el que llegó el paquete.

Las ventajas que tiene éste algoritmos son:

- Sumamente simple.
- Robusto.

La desventaja principal es:

- Se llega a acabar la memoria por saturación de paquetes en los canales cuando existen ciclos infinitos.

Esta desventaja puede ser contrarrestada agregando un contador de vueltas en el nodo, para que cuando se llega al número de vueltas definido, se termina su ciclo de vida en la red.

**METODO DE TABLAS DE ENRUTAMIENTO ESTATICAS.**

Este algoritmo necesita tablas para poder trabajar, dichas tablas se arman una sola vez para cada nodo al arranque de las funciones del enrutamiento.

Las tablas son realizadas y armadas por el *administrador de la red*, el cual se basa en su experiencia (estudio de la topología, condiciones de la red, conocimiento del congestionamiento, etc.). Su estructura se describe a continuación:

TABLA PARA X NODO

Nodo Destino	Nodo o canal de salida(n)	N de probabilidad para enrutar de la salida(n)
En esta sección únicamente se pone el(los) nodo(s) al que se quiere llegar	En esta sección se va indicando el nodo y la probabilidad de que línea se puede utilizar de salida para llegar al nodo destino, la colocación de los nodos se realiza de la mayor probabilidad a la menor, donde $n=1, \dots$	

Posteriormente se genera un número aleatorio para definir la línea de salida del paquete, dicha comparación se hace por medio de el porcentaje de probabilidad de los nodos de la red.

La principal ventaja de este algoritmo es que es muy sencillo de implementar.

La mayor desventaja es que si se cae un nodo, cambia la topología de la red y tendrían que volverse a armar cada una de las tablas. Por lo tanto este algoritmo es sumamente ineficiente.

## METODOS ADAPTATIVOS CENTRALIZADOS

En este método existe un nodo, denominado *centro de control de rutas (C.C.R.)* el cual concentra la información sobre el estado de la subnet para indicar en que condiciones se encuentra el resto de los nodos a través de sus tablas; dichas tablas se contruyen basadas en:

- Cambios de topología.
- Tráfico en la subnet.
- Deadlock's.

Periódicamente todos los nodos reportan sus tablas al C.C.R., éste determina si existen cambios en la topología de la red, esto lo hace por medio de la información que le mandan los nodos al C.C.R.; en caso de que alguno no se reporte, deduce que el nodo se dió de baja o le sucedió algún percance; posteriormente define la nueva topología y vuelve a distribuir sus tablas.

Las mayores desventajas que tiene éste método son:

- Muy vulnerable a fallas en el C.C.R., la solución que puede tener éste problema es que exista un C.C.R. de respaldo.
- Es lento en crear las tablas.
- En ciertos instantes las inmediaciones del C.C.R. se saturan de paquetes debido al tráfico en la subnet.

## METODOS ADAPTATIVOS AISLADOS

En éste tipo de métodos los nodos no intercambian información de tráfico, topología, etc., con el resto de los nodos. Por lo tanto, sólo toma decisiones de enrutamiento basado en sus propias condiciones.

### METODO DE LA PAPA CALIENTE.

Este método maneja colas de trabajo, cuya formación se basa con la llegada de los paquetes al nodo.

El procedimiento de atención al paquete es la siguiente:

- El host manda un paquete al IMP.

- El IMP define tamaño de colas de atención para los paquetes que vayan llegando. Si llega un paquete nuevo al nodo, éste hace un chequeo del tamaño de las colas de atención, colocando el paquete en la cola más pequeña; en caso de que las colas estén en su cupo máximo y haya realizado un análisis de los pesos de las tablas del IMP, el IMP manda el paquete de regreso al Host.

La ventaja de este método es que trata de hacer lo más eficiente posible el tiempo de las colas del IMP.

#### METODO DEL VIAJERO.

En este método cada IMP contiene tablas estáticas, las cuales llevan la siguiente información:

- Nodo origen.
- Número de líneas o canales por el que ha viajado el paquete, el cual se inicia con cero.
- Dichas tablas se purgan periódicamente y el IMP las vuelve a armar.

El procedimiento de atención al paquete es la siguiente:

- El host manda un paquete al IMP.
- El IMP define y elige un método de enrutamiento para el(los) paquete(s).
- Actualiza en sus tablas la información el número de lazos o líneas a recorrer para cada nodo.

La desventaja de este método es que si se llega a perder un nodo, la información contenida en la tabla de el nodo se pierde y hay que iniciar de nuevo las tablas y volverlas a llenar posteriormente, esto provoca una pérdida en el tiempo de proceso.

## METODOS DE ENRUTAMIENTO DISTRIBUIDO

En este tipo de métodos, los IMP's intercambian periódicamente información con nodos adyacentes.

Se debe de acordar algún tipo de *unidad métrica de desempeño* (U.M.D.D.), tales como: tiempo para llegar a un nodo destino, número de canales a través de los cuales viaja un paquete, tamaño de las colas, porcentaje de uso del canal, tiempo de transmisión, velocidad de transmisión, número de nodos/canales a recorrer, etc.

Se sensa periódicamente al IMP adyacente porque el IMP sensor quiere ver si su IMP adjunto está en servicio o no.

En determinados instantes de tiempo se actualizan las tablas de cada nodo, esto es debido a que se checa si entró o salió un nodo de la red.

En caso de que un nodo salga de la red, la UMDD se infiere como infinita; en caso de que un nodo entre a la red se le va calculando la U.M.D.D. para cada nodo adyacente.

## METODO DE ENRUTAMIENTO TIPO BROADCAST

La principal función de este algoritmo es que a cada paquete se le pueden generar todas las rutas destino que será reproducido por todas las vías posibles de salida de este nodo, a excepción del canal por el que llegó el paquete.

Las ventajas que tiene este algoritmo son:

- Sumamente simple.
- Robusto.

La solución al enrutamiento de tipo broadcast es la utilización de un mapa de bits, el cual estará contenido en cada paquete generado, mismo que estará contenido en un arreglo de bits; dicho mapa contendrá todos los nodos existentes en la red.

La información que lleva el mapa de bits es la siguiente:

- Para cada nodo contendrá un uno o un cero; el uno indicará que se enrute el paquete hacia un cierto IMP y el cero indicará que no se enrute el paquete hacia ese IMP.

Uno de los mayores problemas que se presenta en esta capa es el congestionamiento que se presenta en la red provocando bajo desempeño en ésta; dicho congestionamiento es debido a que tenemos una capacidad de atención finita en la red; ésta es medida por medio de la siguiente relación:

$$\frac{\# \text{ de paquetes recibidos}}{\# \text{ de paquetes enviados}} < 1$$

Algunas técnicas que se utilizan para controlar el congestionamiento, son las siguientes:

- Reservación previa de recursos.
- Descarte de paquetes.
- Control isarrítmico.
- Purga de paquetes.

### RESERVACION PREVIA DE RECURSOS

En ésta técnica se hace una reservación previa de el número de buffers a utilizar en la trayectoria del paquete, éste número será llevado en el encabezado del paquete de enrutamiento inicial.

Esta técnica sólo opera con circuitos virtuales y no es posible de adaptar en datagramas.

La mayor ventaja es que tiene la probabilidad de asignar óptimamente la cantidad de buffers de acuerdo al tráfico esperado.

La mayor desventaja es: existe desperdicio de los recursos debido a la reservación de buffers y en caso de no contar con recursos (buffers) ni con rutas alternativas el establecimiento de circuitos virtuales queda en espera, esto puede determinar la posición indefinida (deadlock); una solución a éste problema es el integrarle timers en cada buffer para que si no se usa, se desocupe el IMP y si posteriormente se utiliza, se baja nuevamente al IMP que lo vaya a utilizar.

### DESCARTE DE PAQUETES

Esta técnica lo que hace es que, sin reservar recursos de antemano, recibe cada paquete al que se le asigna un buffer de entrada por lo menos y los buffers restantes se asignan por igual a las salidas; en caso de que no existan buffers disponibles, el paquete es descartado y posteriormente se pedirá n retransmisiones del paquete.

Una variante al método es el reparto equitativo de los buffers entre las líneas de entrada y las de salida.

Si para una línea de entrada o salida, un paquete que desee utilizar dicha línea no encuentre buffers, el paquete es descartado.

## CONTROL ISARRITMICO

Esta técnica intenta reducir el overhead de la red debido a que tiene circulando unidireccionalmente cierto número de paquetes denominados *permisivos*, éstos reflejan la capacidad de manejo de paquetes en la red, solucionando así el congestionamiento de toda la red pero no así de cada nodo.

Los *permisivos* son los encargados de transportar los mensajes (paquetes) de nodo a nodo hasta que éstos lleguen a su destino.

Si un nodo no tiene un *permisivo*, dicho nodo es incapaz de enrutar el mensaje y realiza una transmisión broadcast pidiendo un *permisivo* a un nodo adyacente, el cual tiene que proporcionárselo.

Llega un momento en que algún nodo tiene muchos *permisivos* y otros nodos no tienen ninguno, en caso de desaparecer éste se reducirá considerablemente el número de *permisivos* en la red perjudicandola cuando otros nodos soliciten algunos de ellos.

Los *permisivos* se van regenerando debido a que cuando un paquete llega a su destino desocupa el *permisivo* en el cual se transporto.

## PURGA DE PAQUETES

Este método limita el manejo de paquetes en el nodo (precritico y critico), y envía una señal que indica cuando llega al límite precritico para que baje en envío de paquetes a éste; posteriormente si llega al límite critico vuelve a enviar una señal para que baje el envío de paquetes o para que lo suspenda

hasta que pueda volver a recibir paquetes sin el peligro de que exista un congestionamiento posterior.

Los límites crítico y precrítico se encuentran asociados (diferente valor) para cada cola de paquetes.

Además del congestionamiento, pueden ocurrir deadlocks o posposición indefinida debido a la reserva de los recursos de los paquetes. Existen varios tipos de deadlocks, los cuales puede ser:

- Deadlocks directos.
- Deadlocks indirectos.
- Deadlocks de ensamble.

Las soluciones que se pueden proponer a éstos son las siguientes:

- Evitar apropiación total de los buffers por un solo canal.
- Colocar un timer en cada paquete para detectar un tiempo de vida máximo en un nodo (desafortunadamente se perderían paquetes).
- En caso de haber apartado un número de buffers determinado y no llenarlos, llenar con basura los buffers restantes y hacer que el IMP siguiente reconozca cuales tienen basura y cuales no.

#### 2284. Capa de transporte.

Establece los mecanismos para que dos computadoras HOST inicien, mantengan y terminen una comunicación de mensajes. Esta es la primera capa que sale de la subnet.

Su implantación depende en gran parte de los servicios que ofrece la subnet, ya sean: circuitos virtuales o datagramas en el

cual se tendrá que implantar un protocolo para la detección de errores.

Esta capa se suele implantar como un grupo de rutinas del S.O. (bibliotecas o módulos residentes en memoria) y definen objetos de transporte entre los que encontramos:

- Direcciones de transporte (socket, puerto).
- Nombres de las direcciones de transporte (identificador de socket o puerto).
- Mensajes.

Es decir, que cada HOST posee por lo menos, una estructura de datos conocida como *puerto* o *socket*, la cual sirve para recibir/enviar mensajes a otra computadora, así mismo, permite la multiplexación/demultiplexación de varios canales de comunicación virtuales através de uno o varios canales físicos.

Las reglas para el uso de servicios con circuitos virtuales son las siguientes:

- Creación de puertos en los procesos que participan en el circuito virtual.
- Asociar a un puerto un nombre simbólico.
- Aquel puerto que haya creado el nombre debe esperar la conexión del otro nodo.
- El puerto que complete la conexión debe traducir el nombre simbólico del puerto con el que se desea conectar.
- Completar la conexión entre ambos puertos.
- Transferir los mensajes.
- Desconectar el circuito virtual.
- Deshacernos de los objetos de transporte.

Las reglas para el uso de servicios con datagramas son las siguientes:

- Creación de puertos.
- Dependiendo de el tipo de comunicación simplex (un solo puerto) half dúplex (dos puertos), se le asociara al o a los puertos un nombre simbólico.
- Realizar la traducción del nombre(s).
- Comenzar la comunicación, recepción, transmisión del mensaje(s).
- Una vez que la comunicación termine, librarse de los objetos de transporte.

Las reglas para el uso de servicios en esquemas de Servidor/Clientes, donde servidor es un proceso con una función única y bien definida, y que recibe peticiones a través de un puerto, de nombre simbólico bien conocido, desde varios procesos denominados clientes, son las siguientes:

- Creación del puerto en el servidor.
- Creación del nombre simbólico permanente en el servidor.
- Poner al servidor en un estado de espera de peticiones.
- Un cliente crea su puerto para conectarse con el servidor (no necesita un nombre simbólico).
- El cliente termina la conexión.
- El cliente envía un mensaje en el que indica el tipo de operación requerida del servidor.
- El servidor decodifica la operación y (en sistemas multitarea) el servidor crea un nuevo proceso para el procesamiento y respuesta de la petición.

#### 2.2.8.5. Capa de sesión.

Permite establecer una sesión entre procesos y/o personas; ésta comunicación se implementa con software únicamente.

Las sesiones remotas se establecen de la siguiente forma:

- Con otras personas en la red.
- Con un proceso remoto.

Mediante ésta capa se establecen los mecanismos para iniciar, mantener y terminar un enlace de alto nivel (sesión) entre procesos y/o personas, por lo que se suele implantar un mecanismo de detección y corrección de fallas en HOST's a través de técnicas de *puntos de revisión* (checkpoints).

Los *puntos de revisión* deberán incluir tanto el contexto de hardware como el de software, dichos puntos de revisión serán almacenados periódicamente en un HOST de respaldo.

Si falla el nodo con el que se estableció la sesión, el nodo que la originó deberá utilizar los contextos almacenados para reestablecer la misma sesión en otro HOST.

La máquina de respaldo debe poseer recursos (hardware, software) similares a aquella que respalda.

Otro aspecto que contempla la capa de sesión es el proporcionar un canal virtual libre de fallas en cooperación con la capa de transporte y debe de hacer transparente el restablecimiento de CV's al usuario.

Esta capa debe procurar mantener la transferencia de los servicios y fallas en la subnet (red).

Típicamente un usuario podrá establecer una sesión en un host remoto una vez que su acceso haya sido validado por la subnet.

## 2.2.8.6. Capa de presentación.

Proporciona un grupo de funciones necesarias más no indispensables, que permiten compartir los recursos de la red, tales como: archivos, terminales, periféricos, etc. Este grupo de utilerías ayudan a:

- Estandarizar los formatos de mensajes.
- Guardar la confidencialidad de la información.
- Compactación de la información a transmitir.
- Estandarización de los medios de E/S utilizados para presentar información al usuario.

Entre las funciones más comunes tenemos:

### Encriptamiento.

El encriptamiento sirve para guardar la confidencialidad de la información, existen dos métodos generales de encriptamiento, éstos son:

#### - Por substitución.

No cambia el orden del texto original, los métodos más usados en éste son:

- Corrimiento de texto.
- Substitución monoalfabética.
- Substitución polialfabética.

#### - Por transposición.

Si altera el orden del texto original.

Nota: Dichos métodos pueden ser implantados en hardware.

### Compresión de texto.

La compresión de texto sirve para compactar la información a transmitir, existen cinco métodos generales de compresión, los cuales son:

- Compresión basada en la frecuencia de aparición de patrones en el texto.
- Compresión basada en el contexto de los datos.
- Compresión basada en lo infinito de un vocabulario.
- Emuladores (terminales virtuales).
- Protocolos de transferencia de archivos.

### 2.2.8.7. Capa de aplicación.

Se deja abierta para que el usuario ejecute diversos programas, ya sean desarrollados por él mismo, o por otra compañía. Algunos productos comunes son:

- Sistemas operativos.
  - Procesamiento distribuido.
  - Bases de datos distribuidas.
- Sistemas Operativos.

Los sistemas operativos se pueden dividir en dos, los cuales son:

#### De Red.

En este tipo de sistema operativo se conserva la estructura original de cada SO en toda la máquina host, pero se agrega un sustrato (complemento ó parche), denominado proceso agente, éste es el encargado de traducir (o interpretar) solicitudes a los servicios de la red.

Distribuidos u Orientados a Objetos.

En este enfoque, los SO's de las máquinas host son retirados y substituidos por un nuevo SO que contemple los servicios originales y las adiciones pertinentes para la red.

Existen ocasiones en que los servicios de red ofrecidos por el SO distribuido no residen en la misma máquina, sino que se encuentran dispersos en varios host's. Los servicios en este caso se enfocan a un esquema de servidor/clientes.

- Procesamiento Distribuido.

Permite repartir la carga de trabajo (procesamiento y E/S) entre varios host para:

- Velocidad
- Seguridad
- Por disponibilidad de recursos.

Los sistemas de procesamiento distribuido pueden ser de la siguiente forma:

- Jerárquico.
- Procesador caché.
- Esquema de clientes/servidores.
- Pool de CPU's.

2.3. Clasificación de las redes de computadoras por su extensión geográfica.

En la figura 1.4 se muestra la clasificación general de una red de computadoras por su extensión geográfica.

2.4. Objetivos principales de las redes de computadoras.

- Compartir recursos de cómputo como: procesadores,

Figura 1.4 (Clasificación general de una red de computadoras por su extensión geográfica).

Distancia entre procesadores	Ubicada en ....	' Nombre de la Red '
< 1m	En el mismo gob. o tarj.	Procesadores altamente acoplados
1m	En el mismo gabinete	Multiprocesador
10m	En el mismo cuarto o local	LOCAL AREA NETWORK (LAN)
100m	En el mismo edificio	
1000m	En el mismo Campus	
10 km	En la misma Ciudad	WIDE AREA NETWORK (WAN)
100 km	En el mismo País o Edo.	
> 1000 km	En el mismo Continente	Interconexión de WAN's

periféricos, programas, datos, etc.

- Agilizar la comunicación entre personas, programas, etc.
- Aumentar la capacidad de procesamiento distribuido.
- Aumentar los índices de confiabilidad y disponibilidad de los recursos con que se cuentan.
- Proveer al usuario, donde quiera que se encuentre, con los recursos de cómputo e informáticos que requiera.
- Proveer compatibilidad entre equipo y software de fabricantes diversos.
- Permitir con relativa facilidad una capacidad de crecimiento.
- Reducir el costo de desarrollo de software, evitando sistemas de propósito general en una sola computadora.
- Mejorar el desempeño de los sistemas, mediante la distribución de las tareas.

## 2.5. Definición de control de procesos por computadora.

Se considera como un medio de control remoto y monitoreo del estado de los elementos del sistema (en este caso la planta). Comprende las funciones de adquisición de datos, control, procesamiento y presentación de la información.

Existen varias modalidades del control de procesos, en este caso control digital, entre las cuales, las más comunes son:

Control digital supervisorio.

En este esquema la computadora se encarga de procesar toda la información necesaria bajo las estrategias de control que hayan programado, para determinar los mejores puntos de ajuste e indicárselos a controladores analógicos convencionales, que enviarán las señales de control al campo (planta); por lo tanto,

la computadora no maneja directamente los elementos finales de control, sino que se encarga de fijar los valores de referencia para los controladores que gobiernan dichos elementos y que funcionan fuera de la computadora.

#### Control Digital Directo.

En éste esquema de control se dejan totalmente a un lado los instrumentos analógicos convencionales para asignar a una computadora todas las funciones concernientes al control de planta. A través de convertidores analógico/digital se entregan las señales de campo, para que las procese, también bajo las estrategias de control previamente programadas, y a través de convertidores digital/analógicos, envíe las señales de control directamente al campo (planta); por lo tanto éste sistema es un sistema centralizado en el que todas las mediciones se llevan a la sala de control, lugar donde una o varias computadoras ejercen directamente el control de todos los lazos existentes en la planta y desde donde se envían las señales de mando para los actuadores.

En la sala de control operan varias computadoras, una principal y las demás subalternas, que son más pequeñas.

#### Control Distribuido.

En éste sistema de control las computadoras se distribuyen físicamente a todo lo largo de la planta, controlando cada una de ellas una sección. Al estar los controladores más cerca del proceso se previenen los ruidos que se pueden originar en las transmisiones largas y se evitan la congestión de cables en la sala de control.

### Sistemas de Control supervisor y de Adquisición de Datos (SCADA).

Los sistemas SCADA se utilizan en empresas que cuentan con varias plantas ubicadas en sitios muy distantes entre sí, cada una con sus propios sistemas de control, pero que además requieren de un centro de control único, desde donde se puede tener una visión general de todo el proceso y a donde se llevan los datos de todas las plantas con el fin de ejercer un control supervisor, modificando cuando sea necesario los valores de referencia, para coordinar la operación de todo el conjunto.

### 3.- TOPOLOGIA DE LAS REDES DE COMPUTADORAS EN INFORMATICA Y LAS REDES DE COMPUTADORAS EN SISTEMAS DE CONTROL.

La estructura topológica de la red es un parametro basico que condiciona fuertemente los servicios que de la red han de obtenerse. El acertar en la elección de una u otra de las diversas formas de interconectar las estaciones de una red, o sea la estructura, dependerá de su adaptación en cada caso al tipo de tráfico y de una evaluación de la importancia relativa de las prestaciones que de la red se pretende obtener.

Las topologías que se utilizan tanto en informática como en control son semejantes, pero realmente lo que significa topología es lo siguiente: Es la disposición física de los nodos o IMP's y sus enlaces. En esta área se distinguen dos topologías generales, las cuales son las siguientes:

#### 3.1 Punto a punto.

Cada canal une sólo una pareja de nodos o IMP's, de la cual se forma una pequeña malla. Este tipo de topología se divide en varios tipos, de acuerdo a como están unidos sus nodos:

## 1) Estrella.

En la figura 1.5 (esquina superior izquierda) se muestra la topología de Estrella y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Todas las estaciones están unidas, mediante medios bidireccionales, a un módulo o nodo central que efectúa funciones de conmutación.
- El nodo central asume labores de control y dispone de gran parte de los recursos informáticos comunes (memorias masivas, impresoras rápidas, etc), también aísla a una estación de otra resultando una red fiable frente a fallas en las estaciones, pero si ocurre una falla en el nodo se queda totalmente bloqueada la red y sin posibilidad de reconfiguración.
- No permite transmitir grandes flujos de tráfico, por congestionarse el nodo central.
- El costo en longitud de las líneas en instalación es elevado.
- No es recomendable para redes con gran dispersión geográfica.

## 2) Malla (todos contra todos).

En la figura 1.5 (esquina superior derecha y esquina inferior izquierda) se muestra la topología de Malla y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Cada estación ésta conectada con todas (red completa) o varias estaciones (red incompleta) formando una estructura que puede ser regular (simétrica) o irregular.
- No se adapta a grandes dispersiones geográficas pero permite tráficos elevados con retardos medios bajos.

### 3) Multiple.

En la figura 1.5 (esquina inferior derecha) se muestra la topología de *Multiple* y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Cuando las estaciones pueden agruparse en conjuntos de forma que el tráfico hacia otro conjunto es mucho menor que en el interior, puede resultar preferible distribuir las en varias redes en lugar de una, conectadas a través de un puerto o puente, sin que naturalmente sea necesario que todas las redes tengan la misma topología.

### 4) Arbol.

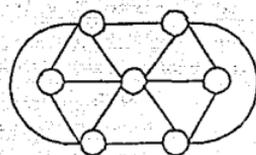
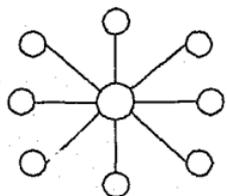
En la figura 1.5 (centro inferior) se muestra la topología de *Arbol* y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Es una extensión de la arquitectura en estrella por interconexión de varios nodos, permitiendo a su vez, establecer una jerarquía, clasificando a las estaciones en grupos y niveles de acuerdo a: el nodo a que están conectadas y su distancia jerárquica al nodo central.
- Reduce la longitud de los medios de comunicación incrementando el número de nodos.
- Se adapta a redes con grandes distancias geográficas y predominancia de tráfico local.

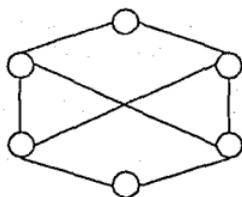
### 3.2. Broadcast.

Esta también es llamada Topología en un solo canal o enlace, la cual es un sólo canal compartido por todos los nodos o IMP's.

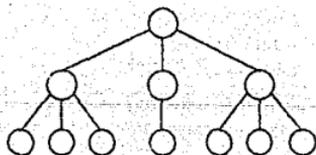
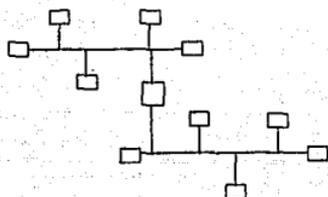
Figura 1.5 (Topologías punto a punto).



Completa



Incompleta



Este tipo de topología se divide en varios tipos, de acuerdo a como están unidos sus nodos:

### 1) Bus.

En la figura 1.6 (esquina superior izquierda) se muestra la topología de *Bus* y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Los módulos de las estaciones están conectados de un único medio de comunicación (bus) que recorre las estaciones. Esta topología es de difusión, o sea, todas las estaciones reciben simultáneamente la información.
- Suele ser distribuido el control de acceso al medio, en aplicaciones a redes locales.
- Cuando una red es más compleja, la conexión suele efectuarse a través de un controlador que gestiona también el bus y su estructura se denomina multipunto.
- La topología en bus se clasifica en:
  - Bus bidireccional
  - Bus unidireccional
    - Lazo
    - Horquilla
    - Espiral

### 2) Anillo (un solo canal).

En la figura 1.6 (esquina superior derecha, inferior izquierda y centro) se muestra la topología de *Anillo* y a continuación se señalan sus características más importantes:

- Los módulos de las estaciones de comunicaciones están interconectadas formando un anillo de forma que todas las informaciones pasan por todos los módulos, que únicamente envían a la estación los paquetes a ella destinados, es

decir, los mensajes recorren sucesivamente todas las estaciones siguiendo el orden de conexión.

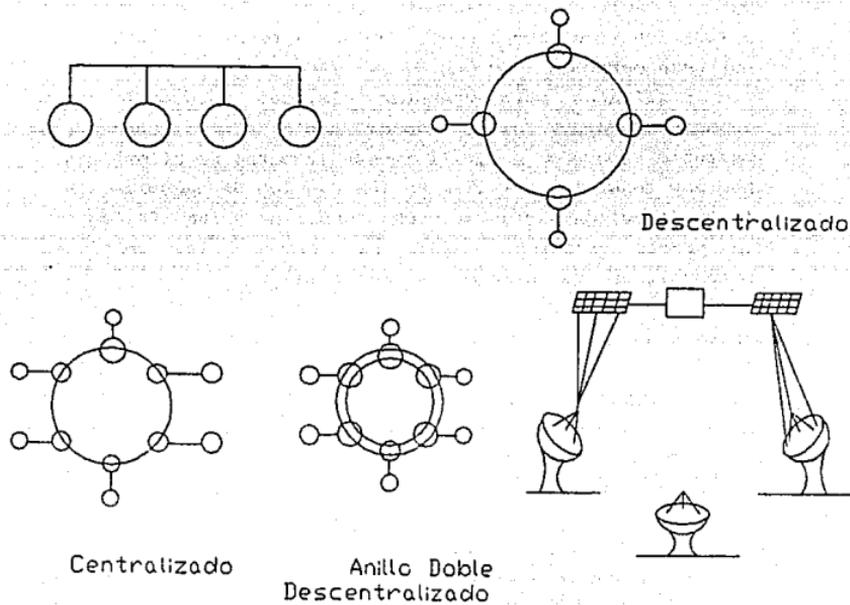
- El flujo que puede cursar está limitado por el ancho de banda del recurso de transmisión.
- Si el número de estaciones es elevado, el retardo total puede resultar excesivamente grande para determinadas aplicaciones en tiempo real, debido al retardo introducido por cada estación.
- Son utilizadas para conectar sistemas informáticos de capacidad media y alta, especialmente si se encuentran bastante separados geográficamente (decenas de kilómetros).
- Son muy sensibles a fallas en los módulos de comunicaciones (interfases) de las estaciones, aunque no a las fallas en la propia estación, sino se afecta la capacidad retransmisora de la interfase del anillo.

### 3) Vía satélite.

Los satélites proporcionan una forma especial de transferencia de relevo de las microondas (figura 1.6 (esquina inferior derecha)). El satélite no es otra cosa que una transmisión de microondas colocadas a muchos kilómetros de altura sobre la superficie de la tierra, generalmente sobre el Ecuador. De esta manera puede retransmitir señales a distancias mayores que las posibles sobre la superficie terrestre. En la actualidad los satélites comerciales se colocan en órbitas muy altas, de unos 35680 km, viajando a la misma velocidad que la rotación de la tierra. Esta órbita síncrona hace que parezca que el satélite esté estacionario sobre un punto específico de la tierra.

Además, los diferentes tipos de topologías se pueden dividir en dos formas distintas de acuerdo a como se reserva el canal de información, éstos son:

Figura 6 (Topologías broadcast).



**Estático.**

En éste tipo de topología lo que hace es dividir el canal en forma equitativa para los diferentes mensajes que le lleguen, aunque ésto signifique tener que dividir los mensajes en partes, y asignarles un identificador para que sepa a que mensaje corresponde cada parte dividida, y colocar dicha parte en el orden correspondiente en que fué llegando la información al canal.

**Dinámico.**

En éste tipo de topología lo que hace es tener diferentes prioridades para cada uno de sus nodos o IMP's.

El nodo que tenga la mayor prioridad es el que va a utilizar el canal cuando éste se desocupe.

A la vez ésta topología se divide en dos tipos :

**- Centralizado.**

Aquí sólo existe un nodo que otorga el acceso del canal al resto de los nodos, además dispone de un algoritmo que sensa la demanda del canal por los nodos que se encuentran desocupados; a dicho canal se le llama *estación de control de acceso al canal*.

**- Distribuido.**

Aquí todos los nodos tienen la misma prioridad y están pendientes del momento en que se desocupe el canal para poder tener acceso inmediatamente.

#### 4.- SISTEMAS DE COMUNICACION.

##### 4.1 Tipo de cable usado (MEDIOS DE TRANSMISION)

###### 4.1.1 Coaxial.

Por medio del cable coaxial se pueden obtener grandes velocidades de transmisión. Pueden ser empleados dos métodos de transmisión: banda base y banda ancha. El de banda base proporciona un solo canal de datos, en cambio el banda ancha proporciona simultáneamente múltiples canales de datos.

###### 4.1.2 Fibra óptica.

Son filamentos delgados de materiales retraídos (silicio). Permite que la transferencia sea clara, exacta y complementamente confidencial. La fibra óptica permite que la luz viaje direccionalmente transfiriendo grandes cantidades de información en forma de puntos luminicos que, en base a un sofisticado equipo electrónico, codifica señales de audio, video, datos, telemetría y telecontrol, logrando transferencias de hasta 30000 canales simultáneos en distancias superiores a los 10 km. Sus características principales son: una velocidad de 420 Mbits/seg en una distancia de 75 millas con un índice de error menor que el del cable coaxial. La secuencia de operación es la de la luz puesto que transporta rayos de luz. La longitud de onda de luz tiene una frecuencia de  $800 \times 10^{12}$  hz permitiendo una gran velocidad. Las fibras ópticas no radian energía puesto que no conducen electricidad, y por lo mismo, no son inductoras. Físicamente son más pequeñas y ligeras que los cables metálicos de la misma capacidad.

En la figura 1.7 se muestra una tabla de los más típicos medios de transmisión utilizados, aparte de los ya mencionados.

Figura 1.7 (Tabla de medios de transmisión).

	DESCRIPCION	DISTANCIA	VEL. DATOS	FREC. TRAN	CAP.DAT./VOZ	MULTIPLAJE
<b>PAR TRENADO</b>	Dos pares de alambre de cobre trenzados y aislados. Hasta 3,000 pares en un cable.	Transm. cor las y largas.	4800 bps, 9600 bps y hasta 4Mbps	3KHz-4MHz	Cada par puede transm. una con- versación telefónica hasta los 4800bps.	Efficacemente no se multiplexan.
<b>CABLE COAXIAL I/O CATV</b>	Cilindro circundante de insulación plástica donde su centro consiste de un conductor o alambre de cobre.	1.25millas a 3 millas	2 Mbps a 140 Mbps	2MHz a 10,000MHz	Banda base: Al- ternativa para usar voz y da- tos. Banda ancha: Di- versos canales que pueden transmitir a multiples comu- nicaciones: datos, voz, gráficas, etc.	Banda base: Por FDM (Time Division Multiplexing) Banda ancha: Probable: Canales multipl- s. ancho de banda ) menudo por FDM (Frequency Division Multiplexing)
<b>FIBRA OPTICA</b>	Rayo de luz transmitido a través de fibras de vidrio. Existen diferentes tipos, modo sencillo y modo múltiple con diferentes anchos de banda para distancias y aplicaciones.	Transm. cor las y lar- gas. general- mente se necesitan después de 1-4 millas dependien- do de la aplicación y el uso de transm. lar- gas.	Velocidades tí- picas: Transm. cortas : 20Mbps Transm. largas : 420 Mbps Altas veloci- dad de datos (esp.) es de: 60 trillones bps, 60,000,000 bps.	Bajo 100 terahertz, hasta 800 terahertz (o 800 trillones de Hertz.	1/2" cable con 144 fib. puede llevar 80,000 conversaciones por telefono por dos caminos con mucha m- capacidad.	Puede ser multipl- xa- do de diferentes maneras: FDM y WDM (Wavelength Division Multiplexing)
<b>SISTEMAS DE TRIN- -PORTE DIGITAL</b>	Un medio para enviar señales desde muchos orígenes sobre un solo canal físico. El ancho de banda es dividido en pequeñas porciones por frecuencia o intervalos de tiempo por un multiplexor o mux. Puede transportar voz, datos, imágenes, gráficas, textos, etc. Entre los mas populares están las líneas T-1 (Sistema de campana). También conocido como DS-1.	Transm. larg as. Lineas con una const. con un su- que es una porción del canal usado y distribuye la info en paquetes	DS-1: 5,444 bps (T-1) DS-2: 8,312 bps (T-2) DS-3: 44,736 bps (T-3) DS-4: 274,176 bps (T-2)	Ancho y muy ancho	T-1: 24 circ. de voz T-2: 96 circ. de voz T-3: 672 circ. de voz T-4: 4,032 circ. de voz	Puede ser multipl- xa- do por varios caminos incluyendo por tiempo o multi- plexación está- tica.
<b>MICRO- ONDAS MEDIO</b>	Medio Broadcast transporta muchos miles de canales de voces sin cable. Torres altas con "Antas" o "Platos" que son estaciones repetidoras, éstas recogen la señal, la amplifican y la pasa a la siguiente torre. Las torres deberán estar dentro de la línea de la señal (DS-1 generalmente menor que 25 o 30 millas).	Has f- cil- mente sus- tituido para usos de transm. largas uti- lizando la técnica de piggyba- cing.	Rangos típicos de 44,736 bps hasta a 274.176Mbps.	1.73-19.3 GHz. (Rango de frecuencia asignado por un tra- tado in- ternacio- nal).	Uso extensivo para transmitir partes substan- ciales de voz, datos, cable T.V.	Sí, pero el rango de frecuencia está gobernado por el tratado. Las micro ondas terrestres no son bien situa- das para multi- ples destinos.
<b>SATELITE ENLACE DE MEDIO</b>	Los Transponders en Satélites actúan como estaciones transmisoras para enlaces bajos y enlaces altos de las estaciones de tierra. Las transmisiones de enlaces bajos están limitadas en microondas por Satellite. Los enlaces altos amplifi- can señales para los Transponders de los Satélites.	Depende de las loca- ciones de las estaciones.	Depende del uso de los Tra nsponders. Para T.V. puede ser multiplexado para 44K bps. Un svst. disti- tal privado.	3,700 a 6,425 MHz.	Uso extensivo en transmisiones de partes substanciales de voz, datos y cable T.V.	Sí, pero deberá adherirse al estándar de FCC para usar una frecuen- cia de radio. Las microondas por Satellite son idga- les para multi- ples destinos.

Figura 1.7.1 (Tabla de consideraciones para los medios de transmisión).

	USO TÍPICO	FRENTE DEL COSTO FINAL	CONSIDERACIONES
PAR TRENZADO	Primariamente como una ruta entre teléfonos, terminales y módems para una oficina central, menos de 60 circuitos pueden ser transmitidos a menos de 5 millas de la LAN en uso.	El costo es más bajo por pie, metro, etc. El costo de instalación por dato es más alto que el del cable coaxial, pero la estructura de su topología es muy cómoda para futuros crecimientos, movimientos y cambios.	Barato, y muchas construcciones con pre-alambre par trenzado Telco y muy fácil de instalar.
CABLE COAXIAL Y/O CATV	- 3278, 3279. - Conexión con una PC en red, terminal y procesador. - CATV.	Más caro que el par trenzado Telco.	Banda Base: Menos cara que la Banda Ancha; se utiliza a menudo para la transmisión entre terminales. Banda Ancha: Menos sensible a la interferencia electromagnética, Económica para necesidades de multiplexación digital, y redes multifunciones.
FIBRA OPTICA	Uso de trans. cortas enlace de datos, conexión de LAN, líneas locales de telefonos. Uso trans. de largas telecomunicaciones a largas distancias.	Generalmente más cara que cualquier otra alternativa de cable, muy utilizada porque algunos dispositivos requieren interfaces especiales.	Sobrecarga de luz y flexible; 1/4 de fibra óptica puede tener la misma capacidad como 4-1/2 300-par de cable de alambre. Tiene bajo error de velocidades; necesita muy pocos repetidores para transmisiones largas. Se consideran usuarios a más de 50 circuitos, para necesidades de transmisiones largas. Alta seguridad en los datos.
SISTEMAS DE TRAMS-PORTE DIGITAL	Conectados a múltiples líneas de voz y datos, para y desde muchas locaciones.	Muy caro comparado a las líneas de Telco.	Dificultades para obtenerse desde el lugar de Telco. Se requiere de largo tiempo para una instalación.
MICROONDAS RADIO	Las redes públicas las usa para transm. a grandes distancias; Redes Privadas Bypass para conectar 2 sw. en diferentes lugares 20 o más circuitos que están separados más de 5 millas.	La instalación es muy cara, pero puede ser menos caro usando el método de transmisión de señales desde largas distancias. El costo se justifica para grandes organizaciones con grandes volúmenes de comunicaciones.	Las microondas están suetas a interferencia relativa del agua y variaciones geológicas. Las microondas terrestres mejor si se sitúan como comunicaciones punto a punto. El enlace por Satélite es mejor para destinos múltiples.
SATELITE ENLACE DE RADIO	Uso similar para microondas punto a punto, pero más globales.	Muy caro. Requiere estaciones terrestres, muchos permisos y satélites. Costo justificable para grandes organizaciones con gran volumen de comunicaciones, o con usos de red con mayores capacidades.	Puede ser Broadcast con cualquier estación de tierra localizada. Muy usado porque no importa la distancia, porque los Satélites están localizados a 26,000 millas sobre el Ecuador, el retardo de 1/2 segundo en transmisiones puede ser problemático para dos transmisiones de datos, para que éstos sean correctos. Las microondas están sujetas a interferencias

En la figura 1.7.1 se muestra una tabla donde se toman las más importantes consideraciones que se deberán realizar para la instalación de los medios de transmisión ya antes mencionados.

#### 4.2. Interfases.

Las Interfases estan normatizadas por los siguientes estándares:

- CCITT (The International Telegraph and Telephone Consultative Committee).
- EIA (Electronics Industries Association).
- MIL (Militares).
- IEEE (Institute for Electric and Electronic Engineers).

La siguientes funciones dependerán de como se deseen transmitir/recibir los mensajes:

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| - Modo.           | - Tipo.                |
| + Bit.            | + Eléctricas           |
| + Byte.           | + Señal (Valor o dato) |
| - Medio (equipo). |                        |

En otras palabras las interfases son dispositivos implementados en hardware (puede incluir software), que especifican la relación entre las diferentes capas dentro de la red, es decir, que relaciona un nivel con su inmediato inferior para proporcionarle el servicio que requiera.

Una de las interfases que es importante mencionar es el **modem** en el caso de utilizar línea telefónica.

Las características que se deben considerar en un **modem** son las siguientes:

- Velocidad del **modem** (300-9600 bps).

- Baja velocidad: Son los que transmiten abajo de 1200 bps.
- Alta velocidad: Son los que transmiten abajo de 4800 bps.
- Muy alta velocidad: Son los que transmiten arriba de 4800 bps.
- Método de codificación/agrupamiento de la información.
- Método de modulación del modem.
  - ASK.
  - FSK.
  - PSK.
- Normas con la que cumple.

Existen dos asociaciones que emiten normas para modems: El CCITT y EIA, entre las cuales existen equivalencias como son:

----- CCITT ----- V. 24	----- EIA ----- RS-232/D
----------------------------------	-----------------------------------

- Tomar en consideración si el modem es programable.
- Autoanswer (Capacidad de poder recibir llamadas)
- Autodial (Capacidad para generar llamadas)
  - Adaptables a tonos.
  - Adaptables a pulsos.
- Conexión directa a la línea telefónica, en la cual se verifica si el modem es acoplable a la línea conmutada (teléfono) o a la línea privada.
- Protocolos o mecanismos de corrección de errores.
- Tomar en cuenta el software para la explotación del modem.
- Capacidad de reconocimiento de comandos del equipo digital.
- Compresión de bits.
- El montaje del modem (si es de tarjeta o conexión externa).
- Asíncrono o síncrono.
- Modo de operación full-dúplex o half-dúplex.

### 4.3. Protocolos.

Los protocolos son el conjunto de reglas de comunicación entre dos entidades (seres humanos, instituciones, software) además de definir el formato de los mensajes que se intercambian entre los nodos.

Además permiten la detección de errores, la identificación del camino, el control de flujo de información y la identificación del tipo de mensaje de que se trate, dependiendo del protocolo de comunicación que se éste utilizando.

Los protocolos se dividen en dos tipos:

#### Protocolos Físicos o Reales.

Son aquellos que hacen la transferencia física de los datos (frames) directamente de un capa a otra capa, hasta llegar de un host a otro host de la red. Esto se realiza entre las capas de cada una de las redes y más notoriamente en la capa física de ellas.

#### Protocolo Virtuales.

Son aquellos que hacen una comunicación virtual (no física) de los datos de la red, pero que se realiza entre las capas de cada host que están a un mismo nivel.

Aquí se presentan las características más importantes de los protocolos básicos, en los cuales se podrá ver fácilmente la comunicación que existe entre un IMP a otro IMP y de IMP a un HOST.

#### 4.3.1. Protocolos básicos.

##### PROTOCOLO 1 (UTOPIA):

En la figura 1.8 (figura superior) se muestra la estructura de este protocolo, a continuación se señalan las características más importantes:

- El canal está libre de errores.
- La comunicación que realiza es Simplex.
- El receptor procesa a velocidad infinita los frames de datos que recibe; además de poseer buffers de tamaño infinito.
- El IMP receptor de frames siempre estará listo.
- El host que va a generar los mensajes siempre tendrá uno, cuando lo solicite su IMP.

La manera en que funciona este protocolo es la siguiente:

- El host envía el mensaje a transmitir al IMP transmisor y lo guarda en el buffer asignado a éste.
- El IMP transmisor envía el frame de datos al IMP receptor.
- El IMP receptor espera el frame de datos.
- El IMP receptor recibe el frame que le envía el IMP transmisor.
- El IMP receptor envía la información al host receptor, el cual la recibe y muestra el mensaje al usuario.

##### PROTOCOLO 2 (STOP AND WAIT):

En la figura 1.8 (figura central) se muestra la estructura de este protocolo, a continuación se señalan las características más importantes:

- El IMP receptor no procesa a velocidad infinita.
- El IMP receptor no posee recursos de memoria ilimitada.

- Considera una transmisión simplex (en cuanto a frames de datos); sin embargo, pueden viajar frames de reconocimiento en el otro sentido.
- El frame de reconocimiento no trae ninguna información útil.
- El canal físico de comunicación no es del tipo simplex (sólo lo usa lógicamente), sino del tipo half duplex.

La manera en que funciona éste protocolo es la siguiente:

- El host envía el mensaje a transmitir al IMP transmisor y lo guarda en el buffer asignado a éste.
- El IMP transmisor envía el frame de datos y el frame de reconocimiento al IMP receptor.
- El IMP receptor espera el frame de datos y el de reconocimiento.
- El IMP receptor recibe el frame que le envió el IMP transmisor.
- El IMP receptor envía la información al host receptor, además de enviar el frame de reconocimiento al IMP transmisor para que éste sepa que llegó el frame al IMP receptor.
- Si se pierde el frame de reconocimiento el IMP transmisor pide que le sea retransmitido de nuevo el mensaje al IMP receptor (puesto que no sabe qué pasó con el frame de reconocimiento), hasta que el IMP transmisor reciba el frame de reconocimiento.

PROTOCOLO 3 (PAR - POSITIVE ACKNOWLEDGMENT WITH RETRANSMISSION):

Este protocolo (figura 1.8 (figura interior)) es semejante al anterior pero con las siguientes variantes:

- El canal produce errores y tienen que ser corregidos antes de llegar al host receptor.

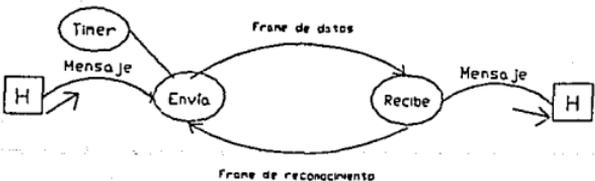
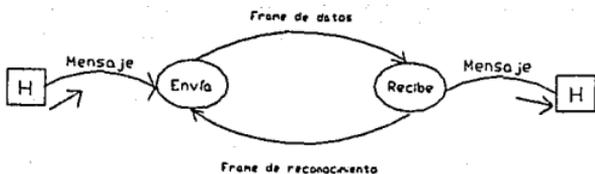
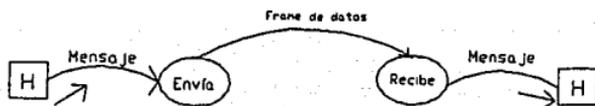
La manera en que funciona este protocolo es la siguiente:

- El host envía el mensaje a transmitir al IMP transmisor y lo guarda en el buffer asignado a éste.
- El IMP transmisor envía el frame de datos y el de reconocimiento al IMP receptor.
- El IMP receptor espera el frame de datos y el de reconocimiento.
- Si se pierde o se daña el frame de reconocimiento el IMP transmisor pide que le sea retransmitido de nuevo el mensaje al IMP receptor, esta pérdida o daño es determinada por medio de un tiempo asignado para recibir el frame de reconocimiento, esto es repetido hasta que el IMP transmisor reciba el frame de reconocimiento; si el tiempo asignado expira antes de que llegue el frame de reconocimiento asume que no llegará y pide la retransmisión del mensaje.

Si esta falla es constante, entonces se considera que lo que está fallando en realidad es el protocolo.

- La información puede estar repetida varias veces.
- Los IMP's (transmisor/receptor) llevan un contador que sólo puede ser 0 ó 1, si es 0 significa que no llegó el frame de reconocimiento, y si es 1 es que si llegó. Los contadores serán iguales en el momento en que llegué el frame de reconocimiento al IMP transmisor.
- La información repetida será eliminada por el IMP receptor.
- El IMP receptor recibe el frame que le envió el IMP transmisor.
- El IMP receptor envía la información al host receptor libre de errores.

Figura 1.8 (Protocolos básicos 1, 2, 3).



#### 4.3.2. Protocolos de ventana deslizante.

Se denominan *Protocolos de Ventana Deslizante* debido a que utilizan (tanto en el IMP transmisor como en el IMP receptor) unas estructuras llamadas *listas* (ventanas), las cuales guardarán los números de secuencia de los frames en tránsito.

La *ventana de transmisión* (envío(Ve)) guarda los números de secuencia de los frames que han sido enviados, pero que aún no han sido reconocidos, pero cuando éstos frames son reconocidos, en la ventana se borra el número de frame que se reconoció.

La *ventana de recepción* (Vr) almacena los números de secuencia de los frames que se pueden recibir en dicho nodo (IMP).

La ventana de envío (Ve) se le asignaran dos límites, uno inferior ( $Ve_{inf}$ ) y otro superior ( $Ve_{sup}$ ), esto es con el fin de conocer si el mensaje ha sido recibido y enviado. El límite superior se incrementará en uno cada vez que reciba un mensaje del host, posteriormente se igualara al número que tenga el límite inferior cuando el frame haya sido enviado y reconocido, incrementandose el límite inferior en uno.

Para la ventana de recepción (Vr) al igual que la Ve tendrán dos límites: un límite inferior ( $Vr_{inf}$ ) y el otro superior ( $Vr_{sup}$ ); sin embargo, el tamaño de la ventana ( $Vr_{sup} - Vr_{inf}$ ) es constante. El incremento de ambos límites sucede cuando se recibe un frame (el menor que ha sido almacenado dentro de la ventana) y se envía el reconocimiento.

Los protocolos de ventana deslizante utilizan la técnica de *Piggybacking* o también llamada *reconocimiento de caballito*; en

ésta técnica los reconocimientos de los frames de datos no son enviados en frames especiales, sino que se aprovecha el viaje o la transmisión de un frame de datos para incluir un reconocimiento.

La manera en como trabaja la técnica de Piggybacking es la siguiente:

- Los IMP' s pueden ser tanto transmisores como receptores, es decir, tienen una comunicación full dúplex.
- Se habilitan los dos host.
- El host 1 envía el frame a transmitir al IMP 1 transmisor.
- El IMP 1 transmisor envía el frame.
- El IMP 2 receptor espera el frame.
- El IMP 2 receptor recibe el frame que le envió el IMP 1 transmisor.
- El IMP 2 receptor envía la información al host 2 receptor.
- El host 2 receptor se vuelve un host 2 transmisor el cual envía un nuevo mensaje a transmitir (en sentido contrario al que llegó), además de enviar el reconocimiento del frame anterior en una sola estructura, a través del IMP 2 de éste host.
- El IMP 2 transmisor envía el frame.
- El IMP 1 receptor espera el frame.
- El IMP 1 receptor recibe el frame que le envió el IMP 2 transmisor.
- El IMP 1 receptor envía la información al host 1 receptor. Y continuará dentro de éste loop hasta que se terminen de transmitir todos los mensajes que se deseen en cada uno de los host.
- Cuando no se utilicen ya los host se deshabilitarán.
- Se arranca un timer por cada frame, en previsión de que se pierda el mensaje. Si llega su frame de reconocimiento se para y se elimina de la ventana de envío.

#### PROCOLO 4 (VENTANA DESLIZANTE DE TAMAÑO 1):

En la figura 1.9 (figura superior) se muestra la estructura de éste protocolo, a continuación se señalan las características más importantes:

- Es similar al protocolo 3 a excepción de que todo el protocolo está codificado en un solo procedimiento.
- Sólo un IMP debe empezar la transmisión, no pueden ser los dos.
- La ventana de transmisión tiene tamaño 1 ( $V_e=1$ )
- La ventana de recepción tiene tamaño 1 ( $V_r=1$ ).
- El host asociado siempre tiene un mensaje a transmitir.
- Utiliza la técnica de Piggybacking.

Los protocolos que a continuación se presentan también utilizan las técnicas de PIPELINING (entubamiento) en las cuales se tiene en cuenta el tiempo de propagación a través de un canal.

Las principales características de los protocolos que se enuncian a continuación son las siguientes:

- No esperan su frame de reconocimiento, sino que envían los siguientes frames de datos hasta que se detiene un momento a esperar los frames de reconocimiento de los frames enviados.
- El número de frames que pueden permanecer en la ventana de envío (transmisión) son mayores a 1.

#### PROCOLO 5 (GO BACK "N": RETROCEDE "N"):

En la figura 1.9 (figura central) se muestra la estructura de éste protocolo, a continuación se señalan las características más importantes:

- La ventana de recepción tiene tamaño 1 ( $Vr=1$ ).
- La ventana de transmisión siempre debe estar llena; la desventaja es el tamaño del buffer.
- En caso de que un frame no llegue a su destino y por consecuencia nunca llega el reconocimiento, todos los mensajes subsecuentes se descartan y posteriormente se vuelven a retransmitir éstos en secuencia a partir del cual no llegó el reconocimiento.
- La desventaja es que éste protocolo retransmite sólo aquellos que no fueron reconocidos y por lo tanto pierde tiempo en la retransmisión de los posteriores de los cuales si llegó su reconocimiento.

#### PROTOCOLO 6 (NONSEQUENTIAL RECEIVE: REPETICION SELECTIVA):

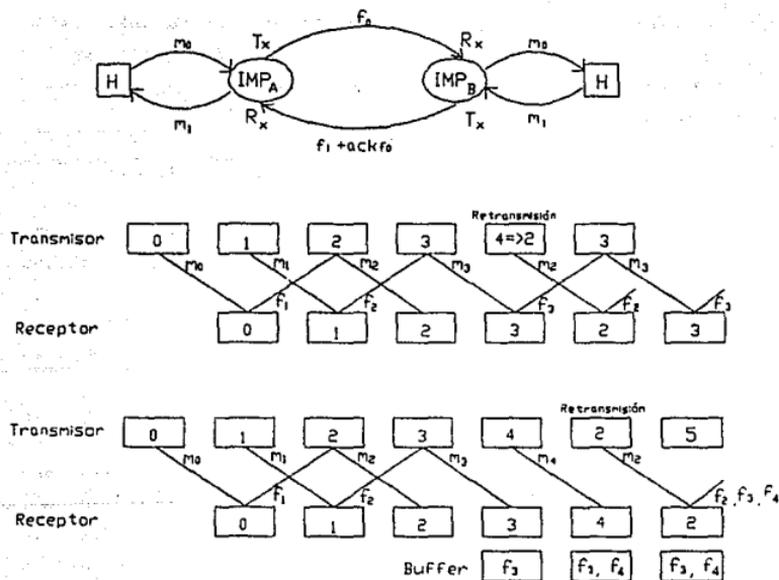
En la figura 1.9 (figura inferior) se muestra la estructura de éste protocolo, a continuación se señalan las características más importantes:

- La ventana de recepción tiene tamaño mayor a 1 ( $Vr>1$ ).
- La ventana de transmisión siempre debe estar llena; la desventaja es el tamaño del buffer.
- En caso de que un frame no llegue a su destino y por consecuencia nunca llega el reconocimiento, además de que se almacenan los frames de reconocimiento de los frames que se enviaron posteriormente se hace una retransmisión del frame del que no llegó su reconocimiento para que sea reconocido y se envía junto con los que se almacenaron para que pueda seguir con la transmisión.

#### 4.3.3. Protocolos basados en detección de portadora.

Típicamente las LAN's (Local Area Network) basadas en detección de portadora tienen un protocolo denominado Protocolo

Figura 1.0 (Protocolos de ventana deslizante 4, 5, 6).



de Acceso al Medio, a través del cual, los nodos abonados a un solo canal conocen el estado del canal (ocioso, ocupado o en colisión) del canal.

Existen dos tipos de protocolos, éstos son:

- Protocolos determinísticos.
- Protocolos no determinísticos.

Los protocolos no determinísticos necesitan saber el número de nodos, la cantidad de tráfico existente en la red, el tiempo de propagación del mensaje y el tamaño de los paquetes.

El nombre genérico de los protocolos basados en sentido de portadora es CSMA (Carrier Sensing With Multiple Access). Existen dos tipos, y son:

Persistentes.

En éste protocolo, un nodo que desea hacer una transmisión debe sensar el canal, si está ocioso el canal, el IMP transmite (radia el canal) su paquete esperando que éste sea recibido. En el caso de que el canal se encuentre ocupado (cuando otro esté transmitiendo), el nodo sensa constantemente hasta que el canal cambie a un estado ocioso. En caso de que dos o más nodos que quieren transmitir sensen al mismo tiempo el canal y esté ocioso (desocupado), se producirá una mezcla de paquetes transmitidos poniendo al canal en estado de colisión, abortándose la transmisión. En este caso deberán esperar cada uno de los nodos un tiempo aleatorio para volver a intentar la transmisión (canal persistente).

No persistentes.

La diferencia de éste con el anterior es que cuando está ocupado el canal, éste no está siendo sensado constantemente, sino que el nodo toma un tiempo aleatorio la primera vez. Si ocurre una colisión el mensaje no es abortado inmediatamente, pero el nodo deberá esperar un tiempo mayor que la vez anterior (el doble) para volver a sensar el canal.

#### 4.4. Puertos.

Un puerto es una estructura de datos (es una colección de nodos o registros que están relacionados entre sí) que tiene como función el recibir o enviar mensajes, y no es aquel dispositivo de hardware con el que se relaciona comúnmente, puesto que dicho dispositivo es una interfase.

La estructura típica de un puerto está dada de la siguiente forma:

```
<puerto>:=<id_red> <id_host> <id_puerto>
```

Esto es por si existen varias subnets interconectadas.

## CAPITULO II

REDES DE COMPUTADORAS EN CONTROL: SISTEMAS SCADA  
(SISTEMAS DE CONTROL DE ADQUISICION DE DATOS)

En el control distribuido los cerebros son los controladores básicos, que son quienes se encargan de la tarea de controlar.

En la figura 2.1 podemos observar un diagrama de bloques del flujo que tendrían las señales en el controlador básico y que a continuación se explica.

Las señales obtenidas de campo son filtradas para la eliminación de los posibles ruidos eléctricos. El número  $N$  de señales de entradas varían de fabricante a fabricante, pero típicamente se puede hablar de 30 señales de entrada.

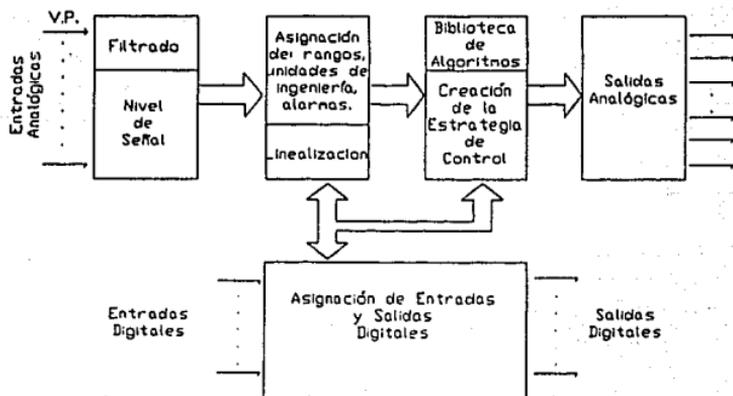
Los algoritmos de control se encuentran grabados en memoria de estado sólido (su número también cambia de acuerdo al fabricante, pero normalmente son más de 40) y se encuentran siempre disponibles.

En un controlador básico se realiza una función de multiplexaje en tiempo, por medio de la cual se comparten las diferentes habilidades de los microprocesadores para ejecutar diversas tareas.

Los algoritmos disponibles para realizar el control pueden ser empleados cuantas veces sea necesario.

Haciendo una analogía con la instrumentación analógica convencional, cada uno de los algoritmos de control disponibles representaría un diferente tipo de instrumento analógico. Esto

Figura 2.1 (Diagrama de bloques).



significa que al adquirir un sistema de control distribuido, estamos adquiriendo toda una línea de instrumentos analógicos, que están a nuestra disposición en el momento que se les requiera.

Otro punto muy importante es que los controladores básicos son absolutamente independientes de las estaciones de los operadores, siendo éstas únicamente ventanas al proceso. Esto significa que si en un momento dado dejan de operar las estaciones, los controladores básicos seguirán ejecutando las funciones de control asignadas, ya que toda la programación se encuentra residente en ellos.

## 1. REDES DE OPERACION AUTOMATICA.

Los sistemas SCADA constan de una computadora maestra que está en comunicación permanente con un grupo de terminales situadas en puntos lejanos denominados *Unidades Terminales Remotas (UTR's)*, teniendo entre sí un lenguaje en común. El conjunto de estas unidades forman un sistema de redes de operación automática, el cual se encarga de mantener el sistema en un punto de operación óptimo, requiriendo para ello, datos de toda la red. Las UTR's se encargan de la adquisición de la información y su posterior transmisión a la computadora maestra.

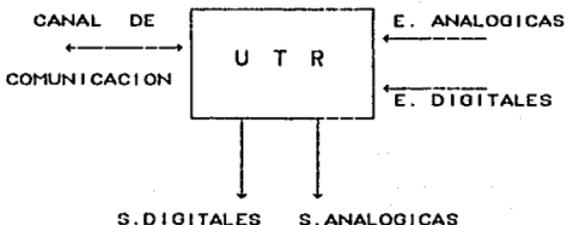
Debido a la distancia en que se encuentran distribuidas las UTR's, éstas deben comunicarse con la estación maestra por medio de pares de hilos (cable telefónico, coaxial, etc.) u otro medio (microondas, satélite, radio, etc.), pero definitivamente en forma confiable. Esto se logra por diversos tipos de canales (comunicación digital tipo serie, etc) que reduzca al mínimo la comunicación incorrecta.

### 1.1 Unidades Terminales Remotas.

Las UTR's son equipos electrónicos, fabricados con tecnología digital, mediante el uso de microprocesadores en la mayoría de los casos fueron pensadas, diseñadas y construidas para aplicaciones de adquisición de datos y control en las que la estación maestra se encuentra distante de los puntos de medición y control, por lo cual, las UTR's desempeñan el papel de interfase entre la computadora maestra y los sistemas de control e instrumentación de campo.

Las UTR's cuentan con elementos eléctricos y electrónicos suficientes para, por una parte, recibir las señales eléctricas provenientes de los instrumentos de medición o para enviar señales de control a los elementos actuadores; y por el otro, para recibir y enviar mensajes a la computadora de la estación maestra. En la figura 2.2 podemos observar un diagrama de bloques de una unidad terminal remota que recibe y envía señales desde y hacia el campo y que además cuenta con un canal de comunicación para su enlace con otros equipos.

Figura 2.2 (Diagrama de bloques de una UTR).



## 12. Funciones de las UTR's.

Para cumplir adecuadamente con su trabajo como interfase entre la computadora de la estación maestra y los instrumentos de campo, las UTR's realizan principalmente las siguientes funciones:

- Adquisición de señales de campo, analógicas y digitales, provenientes de los instrumentos de campo.
- Almacenamiento de la información obtenida y actualización de su base de datos.
- Ejecución de acciones de control a través de señales de salida cuando la estación maestra lo ordena.
- Envío de señales a equipo de señalización, como indicadores luminosos, registrador analógico, etc., por orden de la computadora de la estación maestra.
- Detección de cambios, y en algunos casos registro de eventos con hora de ocurrencia.
- Ejecución de programas de aplicación especiales que se encuentran almacenados en memoria secundaria.
- Intercambio de información con la estación maestra mediante la recepción y envío de comandos y respuestas de acuerdo con un protocolo preestablecido, y en el que las UTR's casi siempre actúan como esclavas de la maestra.

En la mayoría de los sistemas que se desean supervisar o controlar, se cuenta con elementos de instrumentación y control que generan o aceptan señales eléctricas de acuerdo con los valores de las variables físicas que se desean manejar o conocer; estas señales eléctricas se explican más adelante en *Unidades de Adquisición*.

### 12.1. Canal de comunicación.

Es el medio por el cual se comunican o enlazan las UTR's con la computadora de la estación maestra, por lo tanto se debe tener en cuenta para la selección de éste de acuerdo con las condiciones físicas y geográficas que existan entre ambos equipos.

Los canales de comunicación que generalmente se utilizan son: línea telefónica, portadora en línea de potencia, radio y microondas. Generalmente en el diseño de las UTR's se utiliza el estándar RS-232 para permitir el manejo de los modems, los que a su vez son la interfases con el canal de comunicación.

El protocolo de comunicaciones a emplear se define en base a las características del equipo y de la cantidad de información a manejar.

### 12.2. Alimentación primaria.

Los niveles de voltaje utilizados comúnmente para alimentar a una UTR's son: 24, 48, 125 o 250 Vcd. Las baterías que suministran estos voltajes deben ser colocadas de tal manera que una falla a tierra no cause daños al equipo o provoque operaciones incorrectas.

### 12.3. Interfase hombre/máquina.

Para una UTR's es importante el contar con alguna señalización que permita al operador del sistema conocer su estado y operación, de tal forma que al dar mantenimiento al equipo se puedan detectar fácilmente condiciones del buen o mal estado del mismo. Por ésta razón se utilizan el empleo de

indicadores luminosos o leds a nivel local.

Es recomendable contar con un interruptor para la deshabilitación de las salidas de control, y poder evitar, durante el mantenimiento, disparos o cambios no deseados en la evolución del proceso.

En función de las aplicaciones de las UTR's, éstas se instalan normalmente dentro de los gabinetes que las protegen de ambientes que pudieran dañarlas. En el caso de utilizar gabinetes que estarán expuestos a la interperie, éstos son construidos a prueba de explosiones en algunos casos.

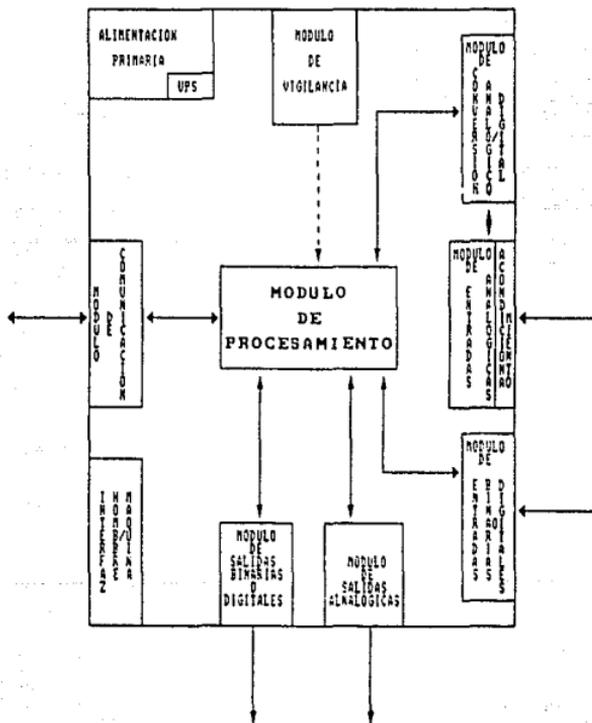
#### 12.4. Arquitectura e Interfases.

La arquitectura de las unidades terminales remotas (figura 2.3), generalmente, se basa en módulos funcionales que realizan tareas complementarias en el proceso de adquirir y reportar el estado de las variables de campo. Estos módulos pueden estar distribuidos en más de una tarjeta, por lo que la comunicación entre ellas es mediante buses dedicados, consistentes en unaplaca de circuito impreso provista de conectores que facilitan la inserción y extracción de las tarjetas.

##### 12.4.1. Módulo de procesamiento.

Se encarga de decodificar y verificar que se ejecuten los comandos provenientes de la estación maestra, así como de controlar el funcionamiento global de la UTR. Generalmente consta de un microprocesador, la memoria del programa y las interfases de conexión con los otros módulos.

FIGURA 2.3 (Arquitectura de las UTR's)



**Funciones:**

- Recibir la información del módulo de comunicaciones cuando éste le indica que ha recibido un mensaje desde la estación maestra.
- Solicitar a los módulos de salidas de control el accionamiento de mandos, con o sin verificación antes de operar.
- Actualizar las salidas digitales y analógicas asignadas a equipos de señalización.
- Preparar los mensajes de respuesta que se enviarán a la estación maestra.
- Realizar procedimientos de supervisión y diagnóstico del sistema.

**1.2.4.2. Módulo de comunicaciones.**

Se encarga de realizar la función de interfase entre la estación maestra y el módulo de procesamiento.

**Funciones:**

- Monitoreo continuo del canal serie.
- Recepción y validación de la integración de los mensajes y comandos enviados por la estación maestra, cuando éstos son dirigidos a la UTR a la que pertenece.
- Procesar el mensaje y notificar al módulo de procesamiento que se ha recibido un mensaje de la estación maestra para que éste lo atienda.
- Esperar y recibir el mensaje de respuesta del módulo de procesamiento, añadirle el encabezado y el código de seguridad de acuerdo al protocolo de comunicación empleado.
- Enviar el mensaje a la estación maestra.

En los equipos en los que el módulo de comunicaciones se

encuentra ensamblado en una tarjeta dedicada, ésta suele colocarse en la ranura (slot) que ésta situada inmediatamente que la del procesador.

#### 12.4.3. Módulo de conversión analógica-digital.

Es el que se encarga de monitorear y solicitar a los módulos de entrada analógica la información proveniente de campo, realiza la conversión analógica digital, procesar esa información comparándola contra límites de validación preestablecidos y finalmente reportar los datos obtenidos al módulo de procesamiento.

#### 12.4.4. Módulos de entradas analógicas.

Son todos aquellos módulos que reciben las señales eléctricas provenientes de los elementos de medición y que corresponden a funciones continuas en el tiempo.

#### 12.4.5. Módulos de salidas analógicas.

Son los módulos que normalmente son accedidos por el módulo de procesamiento; a través de los cuales la UTR puede enviar señales analógicas a controladores o equipos de señalización local, para la modificación de los valores de referencia (Set Point) o de la posición de plumillas o agujas.

#### 12.4.6. Módulos de entradas binarias o digitales.

Son aquellos módulos que normalmente son controlados por el módulo de procesamiento; a través de éstos la UTR adquiere los estados (valores binarios) de los elementos de campo.

#### 12.4.7. Módulos de salidas binarias o digitales.

Por medio de éstos módulos las UTR's pueden enviar señales de voltaje a actuadores, motores, etc. para así modificar la evolución del proceso que se desea controlar y ajustarlo a los lineamientos requeridos.

#### 12.4.8. Módulos de vigilancia.

En función de las aplicaciones de las UTR's, éstos se instalan normalmente dentro de gabinetes que los protegen de ambientes que pudieran dañarlos, además de encargarse de sensar valores de parámetros básicos para el correcto funcionamiento del resto de los módulos que componen a la UTR, como son los voltajes de alimentación, tanto de corriente directa como alterna. En el caso de pérdida de la alimentación principal, los módulos de vigilancia interrumpen al módulo de procesamiento para ejecutar rutinas de emergencia.

Los módulos de vigilancia normalmente son accedidos por el módulo de procesamiento, al que le entregan información del estado de las variables que monitorea. Para realizar actividades de supervisión y mantenimiento suelen presentar una interfase hombre-máquina basada en indicadores luminosos.

#### 13. Programación jerárquica.

La gran mayoría de la UTR's presentan una programación jerárquica en la que los programas del módulo de procesamiento coordinan la ejecución de los programas de los otros módulos, controlando el intercambio de información y datos dentro del sistema. Algunas de las tareas más importantes ejecutadas por los programas del módulo son:

### 13.1 Módulo de procesamiento.

Algunas de las funciones de mayor importancia por este módulo son:

#### Inicialización:

- El módulo de procesamiento pone en condiciones iniciales a todas sus variables (registros en memoria, stack pointer) y entra en un ciclo de ejecución continua en espera de comandos provenientes de la estación maestra.
- Simultáneamente ordena que se ejecuten los programas de inicialización en los módulos restantes.

#### Atención y ejecución de comandos:

- Recibe desde el módulo de comunicaciones los datos enviados por la estación maestra, los analiza y valida.
- Coordina a los módulos restantes para que el comando sea ejecutado.
- Finalmente elabora el mensaje de respuesta y se lo pasa al módulo de comunicaciones para que lo formatee y lo transmita a la estación maestra.

#### Muestreo continuo:

- Esta tarea puede ser activada por comando, o bien después de una secuencia de encendido cuando la UTR así ha sido programada.
- Tiene como objetivo el coordinar a los módulos de entrada para que periódicamente le presenten los datos que reflejan el estado de las señales de campo, procesándolos y almacenándolos posteriormente en sus estructuras de datos.
- Mantiene lo más actualizada posible la información que deberá reportar a la estación maestra cuando ésta se lo solicite.

**Diagnóstico continuo:**

- El módulo de procesamiento corre periódicamente rutinas que permiten conocer el estado de la información almacenada en memoria y la correcta comunicación con los módulos restantes verificando simultáneamente su correcta operación.
- Almacena en forma codificada los errores detectados y los notifica a la estación maestra a través de los mensajes de respuesta.

**1.3.2. Módulo de comunicaciones.****Inicialización:**

- Tarea activada desde el módulo de procesamiento, ya sea por comando o por hardware.
- Básicamente tiene como objetivo el mismo con el que cuenta la rutina correspondiente del módulo de procesamiento.

**Monitoreo continuo del canal de comunicaciones:**

- En esta tarea se vigila continuamente el canal de comunicación en espera de algún mensaje dirigido a la UTR.
- Una vez que el mensaje se presenta, lo recibe, valida, formatea y comunica al módulo de procesamiento.

**1.3.3. Módulo de conversiones.**

- Atención de comandos provenientes del módulo de procesamiento.
- Recibe los comandos y coordina los elementos a su disposición para ejecutarlos, generando (o no) una respuesta que posteriormente envía al módulo de procesamiento.

**2. SISTEMAS DE CONTROL DE ADQUISICION DE DATOS (SCADA).**

Los Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos

CAP/RAH

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

(conocidos como *Redes de Supervisión y Monitoreo*), son un medio de control remoto y monitoreo del estado de los elementos de un sistema, el cual comprende las funciones de adquisición de datos, monitoreo, control, procesamiento y presentación de la información.

Los primeros sistemas de control supervisorio fueron instalados en los años 20's para operar remotamente vía relevadores electromecánicos. Hasta la introducción del equipo de estado sólido muy pocas modificaciones fueron realizadas. En los años 60's los sistemas supervisorios modernos de estado sólido transformaron la función del control.

El diseño jerárquico de control supervisorio es un concepto avanzado que organiza la capacidad de procesamiento distribuido para una solución integrada a los requisitos funcionales del mismo.

La ventaja que se puede considerar de importancia mayor es que si en un momento dado deja de operar alguna o todas las estaciones de control, los controladores básicos seguirán realizando las funciones de control, ya que toda la programación se encuentra residente en ellos.

## 2.1. Objetivos.

- Operar el sistema en forma segura y confiable.
  - Adquisición de datos y control remoto.
- Mantener la continuidad de servicio.
  - Localización y aislación de fallas.
  - Desconexión y reconexión de equipo.
- Optimizar la eficiencia del sistema.
  - Administración del proceso.

Reconfiguración del proceso.

- Almacenamiento y proceso de información histórica.
- Estudios de carga.
- Análisis de fallas.
- Coordinación de protecciones.

## 2.2 Características.

Los sistemas SCADA presentan las siguientes características:

- Los controladores están ubicados a grandes distancias unos de otros.
- Las comunicaciones se realizan por algún medio inalámbrico o por cualquier otro que permita transmisiones a grandes distancias.
- Un computador supervisor central (Host computer) se encarga de manejar toda la información y de la coordinación del sistema.
- Existencia de unos procesadores, llamados *Unidades Terminales Remotas (UTR's)*, cuyo número puede ser de unos pocos hasta varios cientos, los cuales transmiten datos al computador central y pueden recibir o no datos de los niveles superiores.
- Disponibilidad de un sistema de codificación para transmitir la información en forma segura y confiable.

## 2.3 Funciones.

Después de enumerar las principales características se podrán mencionar las principales funciones del Control Supervisorio, las cuales son:

- Monitorear y controlar el proceso por medio de un enlace entre el operador y el sistema o viceversa.
- Mantener archivos de datos estructurados dependiendo de las

necesidades que se presentan.

- Adquirir y organizar los datos para la actualización constante del proceso con la información captada por medio de estaciones remotas.
- Comparar los datos contra límites establecidos y ejecutar cálculos de ingeniería predefinidos.
- Suministrar diagramas del proceso, gráficas de sus variables de eventos, de acciones, del estado de los equipos, etc.
- Generación de reportes bajo normas preestablecidas de eventos, acciones, estado de los equipos, etc.
- Generación de mensajes o alarmas de asistencia al operador y suministrar la posibilidad de imprimir mensajes, gráficas, etc. importantes para él u otras personas.

## 2.4. Elementos de un sistema SCADA.

### 2.4.1. Estación maestra.

Es un equipo estructurado en base a tecnología de microprocesadores y arquitecturas de multiprocesamiento basado en módulos del tipo de computadora en una sola tarjeta, tanto para el procesador central como para módulos de manejo de periféricos y de extensión de memoria.

#### Funciones:

- Recepción de información sobre el estado de la red eléctrica.
- Reconocimiento e identificación de cambios
- Comandos de operación para configurar la red, señalar fallas de la subestación.
- Actualización dinámica de la Base de Datos.
- Almacenamiento horario de alarmas, mediciones y estado de

la red de comunicaciones.

- Enlace con el sistema.
- Control de interfase hombre-máquina auxiliar
- Envío de controles a las UTR's para que sean ejecutados sobre puntos específicos del proceso
- Presentación de datos relevantes en forma clara y completa para la toma de decisiones.

#### 2.4.2. Interfase hombre-máquina.

En la figura 2.4 se muestra dicho subsistema, en el cual se encuentran las funciones de presentación gráfica de información del proceso, presentación de resultados y generación de reportes de tipo administrativo, estadístico o de planeación.

##### Funciones:

- El despliegue del proceso con capacidad de selección a diversos niveles de detalle.
- La entrada de comandos de control.
- Cambios de parámetros límites de operación del sistema.
- El operador puede acceder información y enviar comandos al sistema a través de este subsistema.

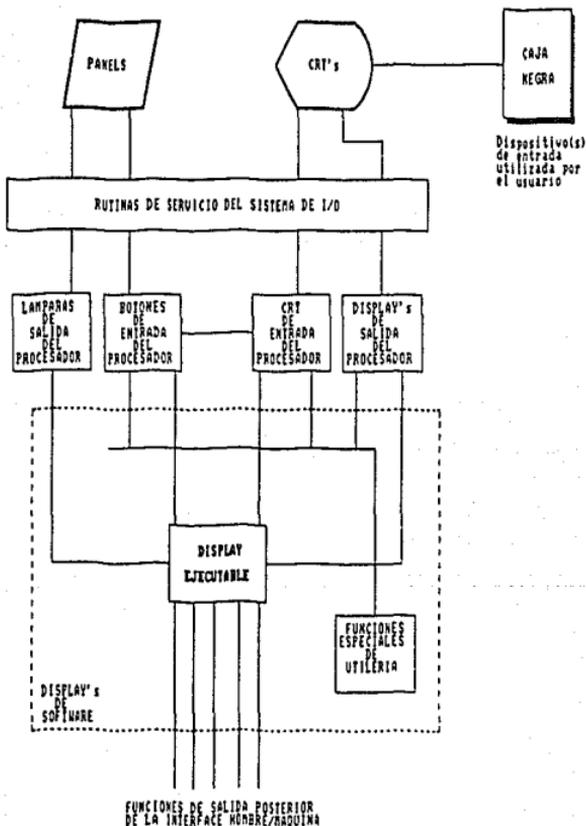
La introducción de datos y comandos, así como la obtención de la información que se muestra al operador se realiza mediante equipo de cómputo de entrada y salida.

#### 2.4.3. Controlador de comunicaciones.

##### Funciones:

- Mantener comunicación continua con las unidades terminales remotas.
- Reportar a la estación maestra la presencia de alarmas.

Figura 2.4 (Interfase de hombre-máquina).



- Controlar, evaluar y reportar los canales de comunicación a la estación maestra.
- Mantener bases de datos de exploración periódica.
- Proveer medios de enlace alternativos para mantener la integridad del sistema.

#### 2.4.4. Unidades terminales remotas.

Las UTR's son equipos electrónicos operados a base de microprocesadores para trabajar bajo la supervisión de la estación maestra.

##### Funciones:

- La comunicación del estado de las variables de interés a la estación maestra.
- Adquisición de datos sobre variables eléctricas y elementos del proceso así, como el procesamiento de los mismos.
- Almacenamiento de información adquirida y actualizada de sus base de datos.
- Ejecución de acciones de control por comandos cuando la estación maestra lo ordene.
- Detección de cambios e identificación de puntos.
- Reacción automática (automatismos locales).
- Capacidad para ejecutar programas de aplicación especial.
- Capacidad de recepción y transmisión de datos de acuerdo a un protocolo de comunicaciones.

#### 2.4.5. Unidades de adquisición.

Este tipo de unidades son la interfase entre las señales recibidas del campo y el equipo de cómputo que hace uso de ellas.

## a) Digital (Binaria).

Es la información proporcionada a las UTR's por el cierre o apertura de contactos de relevadores de interposición de los equipos de la subestación sensando continuamente los estados y/o alarmas de los mismos. Esta información puede ser:

## - Estándar de 1 bit.

Sin memoria y sensando el estado del contacto en el momento del sondeo.

Dicho contacto podrá ser *Normalmente Abierto* (NA) ó *Normalmente Cerrado* (NC).

## - Detección momentánea con estado retardado de 1 bit.

Con memoria para registrar una posible transición del contacto entre un sondeo y otro o su estado permanente. El contacto podrá ser NA o NC, en cuyo caso las transiciones que se detectarán serán abierto/cerrado/abierto o viceversa.

Dicha información tiene formatos estándares de datos para su salida y entrada, los cuales son:

ENTRADAS	SALIDAS
0-24 VCD	0-24 VCD
0-48 VCD	0-48 VCD
0-127 VCA	0-12 VCA

## b) Analógicas.

Es la información proporcionada a las UTR's por medio de transductores, transformandolas a señal digital mediante convertidores A/D.

Al igual que las digitales, éstas tienen formatos estándares de datos para su entrada y salida, los cuales son:

**ENTRADAS**

- Lazo de corriente de 4-20 mA
- Lazo de corriente de -1 a +1 mA
- Entrada de voltaje unipolar de 1-5 Volts.
- Entrada de voltaje bipolar de -10 a +10 Volts.
- RTD's.
- Termopares.

**SALIDAS**

- Lazo de corriente de 4-20 mA
- Lazo de corriente de -1 a +1 mA
- Voltaje de 1-5 Volts.
- Voltaje -10 a +10 Volts.

**Acumuladores.**

Es la información proporcionada a las UTR's mediante contactos transductores, los cuales son empleados como contadores de valores de puntos del proceso, pudiendo ser registros de 16 bits.

Los dispositivos del proceso podrán comandarse a control remoto teniendo en cuenta lo siguiente:

- Operación mediante la función de verificación antes de operar.
- Comando de abrir/cerrar.
- Verificación del proceso completo de la selección, ejecución del comando y complementación del mismo.
- Verificación de imposibilidad de la realización del comando por bandera de variable de licencia, variable no disponible por estar en proceso su comando, etc.

### Contadores de pulsos.

El sistema deberá ser capaz de generar salidas analógicas y digitales con el fin de controlar registradores analógicos o indicadores digitales.

Las unidades de entrada/salida, de acuerdo a su capacidad de funciones, se pueden clasificar en los siguientes tipos:  
Unidades Inteligentes de E/S.

Cada unidad tiene un procesador local que continuamente obtiene las entradas de cada uno de los módulos de E/S asociados, los valida y mantiene en memoria local a la unidad, a la vez que verifica límites de señal eléctrica, y en algunos casos convierte en unidades de ingeniería. Estas unidades reportan a la computadora únicamente que señales han cambiado, lo que se conoce como transmisión por excepción, optimizan el uso de los canales de comunicación de la computadora, etc.

### Unidades No-Inteligentes de E/S.

Este tipo de unidades utilizan un bus o medio de enlace entre los módulos de E/S y el equipo de cómputo. Los módulos tienen como función permitir sólo la lectura de información de campo y su transferencia a la computadora, por lo son interrogados constantemente por ésta con el fin de obtener los valores medidos.

Cuentan con un módulo de comunicaciones para enlace con la computadora.

Por lo tanto la función principal de las *Unidades de Adquisición* son el obtener el estado actual de las variables del

proceso. Una vez adquiridas por la estación maestra, las señales son validadas, transformadas a unidades de ingeniería (si es necesario) o a locuciones de estado (binarias), así como también, se analiza si las variables no han rebasado algún límite de alarma definido.

Una vez acondicionados los valores de las señales serán actualizadas con la nueva información.

#### 2.4.6. Equipo de cómputo.

El equipo de cómputo esta formado por:

- CPU
- Memoria.
- Unidades de Disco.
- Controladores de Equipo Periférico.
- Controladores de Comunicaciones.
- Estación Maestra.

La capacidad del sistema de cómputo dependerá del volumen de información (número de variables o puntos) a manejar, las restricciones de tiempo real impuestas por la dinámica del proceso, las funciones requeridas, número de periféricos a manejar y el tiempo de respuesta requerido por el usuario, por lo que clasificamos los sistemas de la siguiente forma:

SISTEMAS	PUNTOS	TIPO MUESTREO	NUMERO USUARIOS	TIPO EQUIPO.
PEQUEÑOS	500	5seg.	1	PC
MEDIANOS	1000	1seg.	2-4	PC's en red.
GRANDES	5000	<= 1seg.	4-8	Minicomputadoras.

#### 2.4.7. Equipo periférico.

El equipo periférico esta formado por:

- Tubo de Rayos Catódicos (Monitor).
- Teclados (Alfanuméricos, Funcionales, Dedicados).
- Lápiz de luz.
- Mouse o trackball.
- Impresoras (General/Dedicado).
- Registradores Analógicos (Graficadores).
- Indicadores Digitales.
- Tableros Mímicos.
  - Bocinas.
  - Luces.

Su función principal es proporcionar los medios de interacción entre los usuarios y las funciones disponibles del sistema mediante una IHM.

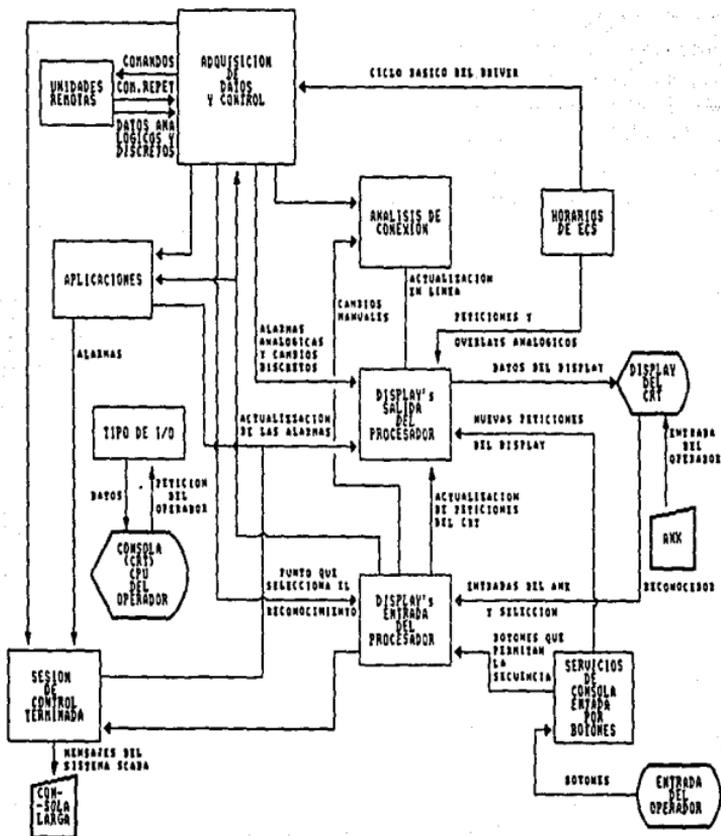
La interfase hombre-máquina (IHM) utiliza, para llevar a cabo la comunicación, diferentes formas de despliegues de pantallas tales como: menús, guías, ventanas, etc. Es decir, en este subsistema residen las funciones de presentación gráfica de información del proceso, presentación de resultados y generación de reportes de tipo administrativo, estadístico o de planeación.

#### 2.4.8. Software.

En la figura 2.5 se muestra un diagrama de bloques del software de un sistema SCADA. Este puede ser dividido en aplicaciones y servicios que ofrece en el sistema.

A continuación se muestran algunas funciones del software de un sistema SCADA :

Figura 2.5 (Diagrama de bloques de Sw de un SCADA).



### Adquisición de datos.

- Barrido de todas las UTR's.

Se examina todas las variables enviadas a la estación maestra por la UTR.

- Validación y acondicionamiento (filtrado, linealización, etc ).  
Checa que las variables no sobrepasen los rangos operacionales de voltaje y corriente, y en caso contrario acondiciona dichas variables.
- Transformar a valores de ingeniería.  
Se le asigna un nivel de voltaje y corriente a valores tales como: temperatura, presión, peso, flujo, etc.

### Administración de la Información.

- Manejador de la Base de Datos.

Permite el acceso/modificación de la información contenida en la base de datos de manera controlada, evitando el acceso directo y conocimiento de las estructuras básicas de información.

- Respaldo y restauración de la Base de Datos.

Permite respaldar toda la información contenida en la base de datos, y en casos de errores en ésta se restaura.

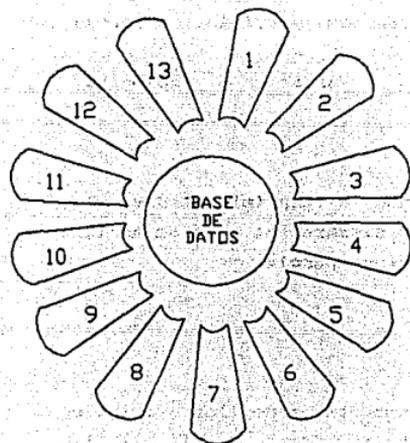
En la figura 2.6 se muestra la interrelación entre manejador de la base de datos, la base de datos y los subsistemas de software existentes.

### Interacción con el Operador (software de la IHM).

#### Despliegues de pantalla.

- Listas de variables (grupales: analógicas y binarias).- Alarmas.

Figura 2.6 (Interrelación de la base de datos).



1. Programas de usuarios
2. Generación de control aut.
3. Adquisición de datos
4. Análisis de conexión
5. Intercambio de horario e informe
6. Reconstrucción de energía
7. Instrucciones ejecutables
8. Modelo del sistema
9. Registro principal
10. Servicios de consola
11. Despliegues
12. Datos procesados
13. Sistema ejecutable

- Eventos.
- Gráficas de tendencia( variables analógicas).
- Diagramas de barras (generales o particulares).
- Diagramas de flujo(generales o particulares).

#### Reportes Impresos.

- Listas de variables(grupales:analógicas y binarias).
- Alarmas.
- Eventos.
- Puntos fuera de muestreo (variables que no estan siendo monitoreadas, ya que esten fuera de servicio, erroneas, etc.).
- Balances (promedios de variables analógicas: horario/diario/mensual).
- Horas de operación.
- Historia de alarmas.
- Reporte post-disparo(se mandan a imprimir todas las variables que funcionaron en un disparo, el cual se analiza para ver cual(es) ocasionaron el disparo).

#### Configuración del sistema.

- Configuración de la base de datos.

En línea: modifica los estados operativos de las variables sin suspender la operación del sistema; fuera de línea: las modificaciones se realizan con el sistema fuera de operación y para tener los cambios en línea el sistema se reinicia el sistema.

- Modificación de las claves de acceso.

Cambia las claves de acceso de los usuarios al sistema dependiendo de las necesidades que se tengan.

- Edición de pantallas

Crea nuevas representaciones de diagramas de flujo y modifica las ya existentes.

- Guías de operación (ayuda).

Proporciona ayudas al usuario mediante ventanas especializadas dependiendo de la operación o función que este realizando este.

#### 2.4.9. Notificación de alarmas.

Un sistema SCADA detecta automáticamente cuando las variables del proceso alcanzan un nivel (analógicas) o estado (digitales) precritico o critico para indicar la alarma y registrar dichas condiciones.

A través de funciones de alarma, el usuario observa todas y cada una de las variables del proceso que se encuentran en alguna condición de este tipo.

Los siguientes eventos se procesan como alarmas:

- Un cambio de estado de una variable digital no comandada por el operador.
- Falla de equipos de la estación maestra (impresora, terminal de operación, equipo de comunicaciones, etc.).
- Pérdida de sondeo o exploración identificando los posibles problemas por: errores de transmisión de datos, sin respuesta, etc.

Si la alarma esta habilitada, el procesamiento implica lo siguiente:

- Notificación en el tablero o pantalla de alarmas, encendiendo la lámpara de la subestación activando la

alarma acústica.

- Notificación a través de una indicación de la terminal de video.
- Registro del evento en el resumen de las alarmas.
- Registro del evento en la historia de alarmas.
- Impresión del evento en la impresora.

## CAPITULO III

## PRACTICA ACTUAL DE LAS REDES DE COMPUTADORAS EN SISTEMAS SCADA

Este capítulo se refiere a algunas arquitecturas que actualmente están funcionando en el mercado, como son:

- Network 90 (Bailey).
- MAX-1 (L&N).
- TDC-3000 (Honeywell).
- LN-700 (L&N).

Estos equipos son de los más adelantados que ha salido al mercado (sin excluir a los que existen y que no se mencionan anteriormente), para así dar una mayor ayuda a los usuarios de los sistemas de control de procesos, como son: en plantas de proceso, plantas de manufactura y en procesos geográficamente dispersos, los cuales se encuentran en ambientes industriales.

A continuación se hace una descripción de cada uno de los equipos que se estudiaron.

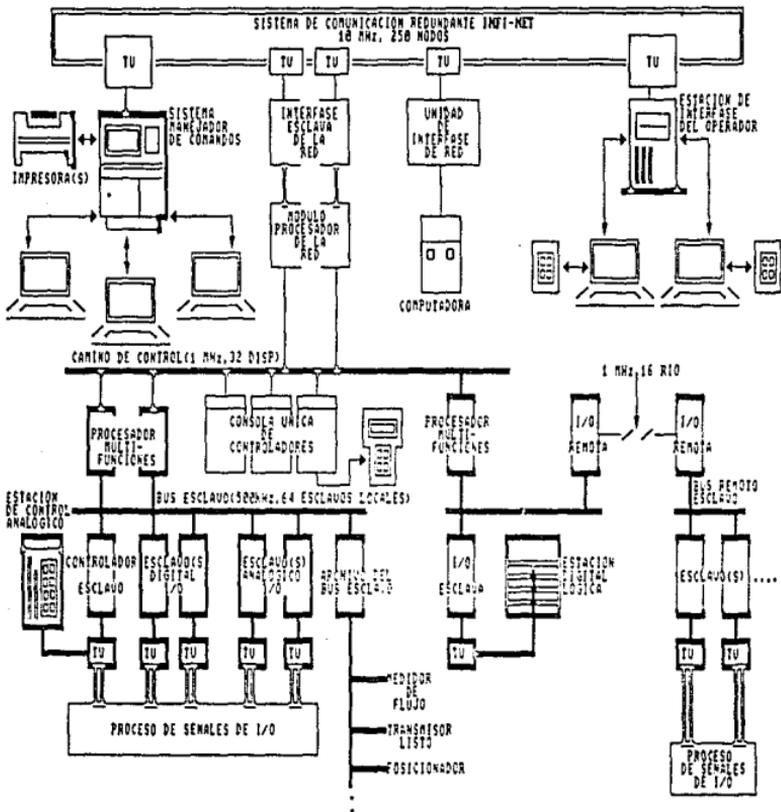
## 1. NETWORK 90 (BAILEY).

A continuación se presentará este sistema, que podrá dividirse de la siguiente manera:

## 1.1. Arquitectura.

La arquitectura puede ser particionada en cuatro niveles primarios. Cada nivel dentro de Network 90 está diseñado para un óptimo desempeño, flexibilidad y seguridad de datos (figura 3.1). Las interfases son estándares y están constituidas para simplificar: la integración de los procesos de control con los

Figura 3.1 (Arquitectura de Network 90).



manejadores de servicio para la empresa, las etapas del proceso para la habilitación del manejador y del control, por lo que se proporciona información a nivel de proceso y no en el estado natural de los datos.

El sistema está basado en un microprocesador cíclico y tiene controladores multifunción que pueden ser distribuidos, ambos están físicamente alrededor del proceso de planta, con una comunicación tipo anillo a una velocidad de 500 Kbaud y se considera como un ciclo completo. Este ciclo es un anillo múltiple donde se atiende a 63 nodos, usando la técnica de comunicación de datos *Store and Forward*. De aquí, a diferencia de un sistema *token passing*, el ciclo de planta puede dominar hasta 63 mensajes al mismo tiempo y pasar hasta 500 mensajes asíncronos por segundo. Las interfases de la computadora son: computadora personal de la estación de trabajo y la unidad de interfase, que se ocupa de las pérdidas en el ciclo de planta.

En el nivel de proceso de control, una interfase redundante del ciclo de planta está conectado a 32 dispositivos analógicos y digitales por medio de un módulo bus Ethernet de Network 90, que corre a 83 KHz. El módulo bus soporta: operaciones multifunción, dos ciclos de control, maestros lógicos y analógicos, esclavos locales (lógicos y analógicos) de E/S para controladores o distribución dentro de los archivos vía E/S multiplexadas remotas.

El superciclo (capaz de soportar a Network 90) es un anillo de 10 MHz con 250 nodos. Utiliza buffers de inserción *Store and Forward* y comunicación síncrona para la seguridad; todos los nodos son capaces de pasar datos al mismo tiempo y cada nodo puede tener un interfase con otros superciclos o con otros ciclos de planta: cuida de optimizar los paquetes de datos y un soporte

que puede tener hasta 300 datos completos del ciclo de planta.

Los paquetes utilizan una técnica de comunicación de datos comprimidos que trabajan como un grupo de mensajes cortos dentro de uno o un grupo de mensajes por direcciones desde el maestro más bajo o bien desde el esclavo más alto. Las direcciones múltiples pueden transmitir cualquier mensaje (hasta 63 locaciones de retransmisión).

## 12. Actualización de Hardware.

El módulo bus es renombrado como camino de control y corre a 1 MHz, soportando hasta 32 dispositivos. El módulo bus expandido de Network 90 corre a 500 KHz. el cual es 8 veces más rápido que en Network 90 y provee la comunicación con 64 módulos esclavos. Los módulos esclavos consisten de entradas analógicas y digitales y módulos de salida del procesador multifunciones, maestros lógicos y maestros analógicos conectados al módulo bus.

Las altas velocidades del bus esclavo permiten redundancia en la transferencia de datos y es más rápido que en el bus local, el cual es más lento via procesador multifunciones y el camino de control, que también provee redundancia en la transferencia de datos fuera de las líneas de control.

Un nuevo módulo del bus de campo (FBM) opera como un esclavo del procesador de multifunción via bus esclavo. El FBM corre a una velocidad de 32 KHz. y soporta hasta 32 dispositivos digitales, así como medidores de flujo y válvulas de posición, más una serie de pequeños transmisores de presión (BCN) y transmisores de temperaturas (EQN) especialmente diseñados para trabajar con el bus de campo.

En Network 90, los niveles bajos de señales analógicas se comunican directamente al MFC (controlador multifunciones) y al MFP (procesador multifunciones) por medio de los módulos analógicos maestros y el módulo bus. Una nueva entrada analógica esclava es directamente esclavo del MFP (Una de 64) via el bus esclavo. Estos 8 puntos analógicos, son niveles altos de  $\pm 5$  V o a niveles bajos de  $\pm 100$  mV utilizan alta resolución (14 bits) del convertidor analógico/digital, en la presencia de 750 Vrms de modo común. El aislamiento de canal a canal es de 300 Vrms.

En Network 90 las fuentes de poder de DC son generalmente montadas en la parte superior de las unidades de control de procesos, con un panel de entrada provisto de interrupciones de circuitos, filtros de línea y monitoreo de salidas de voltaje. Estas fuentes de poder comunmente son manejadas por varios sistemas de control y su tamaño dependerá de la cabina donde serán instaladas; para tener una redundancia de fuente de poder se requieren de dos fuentes de poder.

Los módulos son diseñados dependiendo de la demanda de las cargas en la cabina. Así, una carga de 60A a 5V puede proveer a 6 módulos de 10A, y a 7 módulos provistos de n+1 de redundancia.

Los módulos de poder pueden ser físicamente distribuidos en los módulos montados en unidades por toda la cabina. Los módulos de la fuente de poder aceptan de 120 o 240VAC, de 50 o 60Hz, o de 24VDC de poder (nominal), y provee salidas de voltajes regulados de +5V, +15V, -15V y +24Vdc de los módulos del sistema y de E/S.

### 1.3. Nivel de Campo de los Dispositivos.

El bus de campo está basado en el estándar SP-50 soportando reconexión de dispositivos de Bailey y de otras marcas. Esta

opción es redundante en el enlace serial y corre a una velocidad de 32 KHz, soportando hasta 32 dispositivos de campo vía cable par trenzado por lo cual es manejado por un bus esclavo con controles de comunicación entre el bus de campo y el bus esclavo.

#### 1.4. Módulo de nivel esclavo E/S.

En adición a la interfase del bus esclavo para dispositivos de campo, se provee de un arreglo de módulos de E/S para aplicaciones tanto analógicas como digitales. Estos módulos esclavos requieren un multiplexor de datos, un convertidor A/D y una tarea para la condición de la señal.

La comunicación de datos entre el módulo esclavo y el módulo procesador multifunciones (MFP) es por medio del bus esclavo, éste es propietario de altas velocidades (166,666 bytes/segundos) del bus paralelo, donde puede soportar conexiones de hasta 64 esclavos de E/S a un maestro del procesador multifunciones.

Se garantizan lugares remotos de módulos E/S por medio de una interfase remota E/S (RIO). La opción redundante de las interfaces remotas de E/S se extiende a través de largas distancias por el bus esclavo, hasta 1,000 pies con cable coaxial u óptico en un enlace serial de 1 MHz. Existe la opción hasta de 16 enlaces remotos, cada uno conteniendo hasta 64 esclavos E/S, los cuales son canalizados a un módulo maestro RIO, cuando éstos se comunican con un MFP por medio del bus de control.

#### 1.5. Nivel del Módulo Inteligente.

El MFP está basado en un poderoso microprocesador de la familia 68000, esta provisto para llevar a cabo control en tiempo crítico y soportar funciones de decisión en el proceso. Las

estrategias de control envuelven hasta 128 lazos de control por MFP que pueden ser implementados en una librería de hasta 200 códigos de funciones. Opcionalmente los niveles lógicos interpretados por Basic o por C son usados para crear algoritmos y ser utilizados con aplicaciones especiales. Toda la redundancia es soportada, para asegurar la operación de la planta y opcionalmente los sistemas de control digital (DCS's) son utilizados como un respaldo manual.

El subsistema de comunicación es propietario de altas velocidades de enlace serial, que soporta gran seguridad de intercambio de datos entre 32 MFP's, RIO's y módulos del procesador de la red (NPM). El camino de control permite el cambio de un proceso, archivos de datos o datos calculados, la configuración dentro de la carga dentro del sistema y la importación o exportación de reportes en el sistema Infinet por medio de la NPM.

La redundancia del camino de control asegura la ejecución de las estrategias del proceso de control a través de múltiples módulos.

#### 16. Interfase hombre/máquina.

El manejador de sistemas de comandos (MCS) está provisto de procesos de alto nivel para el manejo de consola, en un sistema de control grande (entre 5,000 y 30,000). La estación de interfase del operador (OIS) está provista de operaciones de medio nivel para la consola de sistemas de control de procesos de mediano tamaño (entre 500 y 5,000 procesos).

Los paquetes utilizados pueden convertir una computadora personal en los siguientes dispositivos de interfase

hombre/máquina son:

- Vistas del control de procesos (PCV): Una interfase del operador de pequeños DCS (mil) u operaciones de supervisión de las estaciones de trabajo.
- Estación de trabajo de ingeniería (EWS): Una estación de trabajo para crear/guardar/mantener la base de datos, la configuración del controlador y la pantalla de la consola.
- Puerto pequeño: Provee la comunicación con una estación de trabajo y pequeños dispositivos incluyendo la configuración, modulación, calibración, monitoreo y adquisición de datos.
- Sistema de acceso de información (IAS): Adquisición de datos y estación de trabajo de reportes.

#### 16.1 Computadoras Personales.

En suma los nuevos y más poderosos OIS (Interfases del Operador del Sistema) ofrecen ventanas del control de procesos (PCU) y es capaz de correr en Intel 301 o con Compaq 386 de computadoras personales. Este Software/Hardware es capaz de controlar la seguridad accedando de 500 a 1,000 etiquetas, con control para el acceso del manejo de datos.

Una estación de trabajo de ingeniería (EWS) utiliza el 80386 como el paquete PCV. Los EWS pueden incluir un paquete completo de dibujo para generar configuraciones de módulos del sistema y con colores usando librerías de alta resolución y otros símbolos. Una base de datos relacional corre en el EWS con el MCS (Manejador de Comandos del Sistema) y en los módulos de interacción. Inicialmente ésta puede correr fuera de línea y sirve como una herramienta.

17. Paquetes de alto nivel de software.

Esta provisto de tres niveles para aprovechar al manejador de procesos.

- Primer nivel.

Es una unidad de interfase de red provista de un hardware que utiliza cualquier conector de cualquier computadora por medio de IEEE-488 o un RS-232C que puede ser accedido mediante Fortran.

- Segundo nivel.

Es un software conocido como XNS-90 que puede ser usado para construir estrategias para el manejador de la base de datos utilizando Fortran.

- Tercer nivel.

Es un software conocido como 1090 que proporciona un registro de datos, reportes escritos, pantallas especiales y gráficas para sistemas SCADA.

Batch 90 es un lenguaje de alto nivel que se documenta así mismo y es capaz de construir su debugin; este es implementado con otras dos nuevas funciones del procesador, además de ser un lenguaje altamente estructurado que permite la lógica de control secuencial, que puede ser separada de la lógica interna y que deberán ser ejecutados continuamente.

Además se cuenta con un sistema experto llamado *Experto 90* que permite más aplicaciones que el sistema experto que corre en modo fuera de línea.

Al sistema *Experto 90* es reconocido como editor base que corre en la estación de trabajo de ingeniería. El reconocimiento base es compilado para lenguajes de máquina con la capacidad de inferencia en la EWS y entonces sea ejecutado en tiempo real en

el procesador multifunciones.

También se ofrece un paquete de software que es un proceso de control estático (SPC-90), éste incluye una versión en línea que corre en el procesador multifunciones (MFP) usando bloques de memoria que no utilizan los procesos del controlador de módulos. El SPC en línea también corre con las aplicaciones del manejador de comandos del sistema, en lenguaje Fortran o en lenguaje C y tiene aplicaciones específicas para la pantalla o control de diagramas.

#### 1.8. Sistema de comunicaciones.

El sistema de comunicación Infinet da al nivel de la empresa, alta seguridad, gran velocidad de intercambio de datos entre la unidades de procesamiento de la red (NPU's), la estación de interfase del operador (UIS's) y el sistema manejador de comandos (MCS's). El arreglo generalizado de la red es una arquitectura de anillos múltiples soportando hasta 250 nodos interconectados por un anillo y hasta 250 anillos en la red. Una interconexión de sistemas de computadoras que no sean Bailey es provista por una unidad de interfase de red configurada (NIU's). Infinet también soporta interconexiones de otros niveles del sistema de comunicación, incluyendo los sistemas de superlazo y de lazo de planta (ver apéndice A sección A.2.).

El MCS (Manejador de Comandos del Sistema) puede residir en infinet, como en un superciclo o como en un ciclo de planta, pudiendo ser el maestro del anillo (el MCS esta basado en multiples microprocesadores 68020 y/o 68030 y con el nuevo software puede soportar hasta 30,000 etiquetas).

El UIS (Sistema de Interface del Operador) puede ser redundante y automatico a fallas y deberá operar sólo via

Superciclo o nodo infinnet (el nuevo OIS substituye a la unidad de interfase del operador. Este puede direccionar a 5,000 etiquetas por unidad y soportar dos consolas, una de las cuales puede ser remota a 1,000 pies de distancia).

## 2. MAX-1 (L&N).

A continuación se describirán las características del sistema MAX-1, que son:

### 2.1 Arquitectura.

Físicamente el sistema MAX-1 es un controlador de archivos de E/S a tableros de terminales, una estación de operador y un data highway. Este tiene una interfase local de operador, una mini-estación de operador, que puede ser directamente acoplado al archivo del operador o bien a una estación manual y puede estar directamente conectada a la salida del tablero de la terminal.

Para mayor capacidad de control y/o redundancia solamente se tienen que adicionar archivos al mismo controlador. Similarmente todas las estaciones de operador son semejantes entre sí y pueden ser utilizadas en diferentes partes de la planta.

Los controladores de archivos y estaciones de operador pueden tener funciones adicionales para aumentar o eliminar tarjetas de circuitos y software.

Se aprovechan modularmente estrategias de control, que pueden ser archivadas (varias configuraciones o componentes). Con esto el sistema MAX-1 podrá:

- Estimar el tamaño del sistema fácilmente.
- Ser fácilmente expandido de acuerdo a las necesidades y

presupuestos.

- Reducir el tiempo de entrega.
- Reducir las partes de repuesto.

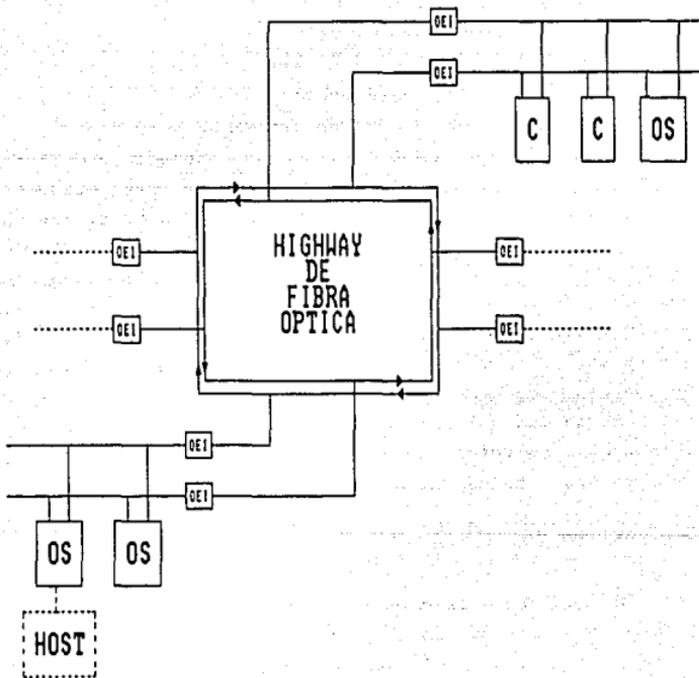
Una de las principales características del sistema MAX-1 es que se realiza mediante un sistema de comunicación de fibra óptica en forma de un anillo doble (bidireccional). Este anillo de fibra óptica abarca hasta 20,000 pies de la planta y comunica hasta 32 estaciones, donde una estación puede ser cualquier archivo del controlador multilazo y al mismo tiempo estación de operador e interfase de la computadora host. El tamaño máximo del sistema MAX-1 puede tener hasta 4 lazos de fibra óptica del data highway, proporcionando así, una comunicación al cuarto de control central y hasta 120 en otras estaciones representando una capacidad de control de más de 1800 lazos y unas 30,000 entradas y salidas digitales (figura 3.2).

La computadora host no es necesaria, pero puede ser fácilmente comunicada a cualquier punto de highway óptico, realizando así un cambio de información con cualquier otro dispositivo del highway. Adicionalmente cualquier archivo del controlador puede tener comunicación serial con los puertos externos del equipo de cada controlador lógico programable, teniendo acceso directo a los puertos, a los datos desde los dispositivos presentados por la mismas estaciones del operador y permitiendo acciones del operador para ser retornadas.

## 2.2 Controlador multiprocesos.

Cada archivo del controlador multiprocesos puede operar con un cluster de instrumentos analógicos, switches discretos, arreglos lógicos, secuenciadores, generadores de rampa, etc. Estos pueden tener hasta 32 algoritmos (en una librería de 40

Figura 3.2 (Arquitectura del MAX-1).



diferentes variedades) en cualquier combinación o funciones repetitivas dentro de ciclos de tiempo. Este controlador puede ser fácilmente seleccionado y arreglado por el ingeniero de la planta para dar mayor poder en las estrategias de control y se puedan ejecutar todas las funciones en la mitad de un ciclo, no importando el arreglo o la carga.

Cada controlador contiene memoria para 248 puntos de datos, los cuales pueden ser conectados sobre valores analógicos y discretos, así como también enlazados desde otros controladores, computadoras, controladores lógicos programables y con funciones programables, dado que esta opción se encuentra dentro del controlador. Cada uno de estos puntos pueden ser etiquetados, titulados, alarmados y permiten una operación automática/manual.

Hasta 30 salidas analógicas pueden estar conectadas desde transmisores y linealizadores para mostrar el estado de alarma o transmitirlo limitada o abiertamente. Se proveen hasta de 16 salidas de control analógico (en grupos de 8) como salidas convencionales de 4-20 mA o como triac's switcheados para energizar la unidad del manejador del motor, dado que existe una vía única que proporcione un salvamento de respaldo, desde un dispositivo final cuando exista una falla.

También dispone hasta de 256 switcheos de entradas/salidas discretas o de 248 entradas de bajo nivel desde un termopar directo o resistente a la capacidad de los dispositivos, para la adquisición de datos. La conexión serial del RS-232 o RS-422 son realizadas mediante dispositivos externos de cada uno de los controladores lógicos programables.

El controlador dentro del sistema MAX-1 es un microprocesador basado en un módulo de control multilazo.

Este controlador contiene múltiples microprocesadores y se utilizan de la siguiente manera: uno por función de control ejecutable, uno por entrada de linealización y comunicación sobre el data highway, uno para ejecutar el uso de funciones programables y el otro para comunicar directamente enlaces seriales a equipo externo, también con un controlador lógico programable, controladores de lazo simple L&N EMAX V, etc. El Firmware llega hasta 896 KBytes de PROM. La base de datos tiene 48 KB de RAM para almacenamiento de configuraciones y corriente de datos.

La superficie posterior del controlador tiene 24 bits de ancho del bus de datos que permite un rápido acceso a la base de datos con una respuesta de tiempo para la solicitud en el highway menor que 20  $\mu$ seg.

Cada controlador dispone de 32 slots de tiempo, 16 son slots primarios cada uno con salidas analógicas y las restantes son auxiliares (para computación tipo cascada, etc.). Todas pueden proporcionar salidas digitales externas. Dentro de cada slot de tiempo, una puede guardar todas las funciones de tres modos del controlador, secuenciador, un gran número de computadoras, etc. Los microprocesadores examinan secuencialmente estos slots (dos veces por segundo), ejecutando cualquier operación de los datos requeridos por la configuración especificada del slot. La configuración de los slots se realiza de la selección de 40 algoritmos acoplados directamente a la mini-estación o a la estación de operador por el ingeniero de la planta cuando diseña las estrategias de control.

Cada slot de tiempo puede enlazar cualquier otro slot de tiempo, cualquier punto de datos, entrada analógica, entrada digital y salida digital. En el sistema del highway, los datos

pueden ser recibidos desde cualquier otro archivo del controlador del data highway, de cualquier estación de operador, y de cualquier computadora huésped. Seleccionando el enlace (por softwiring) que pueden ser configurados directamente del teclado sólo por personal autorizado.

Cada archivo del controlador contiene alrededor de 12,000 bytes de memoria para el almacenamiento de un compilador único, compacto y de rápida ejecución, con un lenguaje de fácil programación para ejecutar cálculos y acciones secuenciales más allá de la capacidades estándares del archivo del controlador. Usando un modificador desde Basic, cálculos apropiados, batch únicos, optimización de lazos, reportes fácilmente implementados, y enlazados a cualquier parte de la base de datos dentro del mismo archivo del controlador, o en cualquier otro archivo o estación del data highway.

El controlador de la base de datos es una memoria CMOS (RAM) de acceso aleatorio, mantenida por baterías durante las bajas de energía. La redundancia automática de respaldo de los lazos de control puede ser independientemente provista, utilizando un slot configurado en otro archivo del controlador. El respaldo puede ser también implementado y siempre está dedicado.

Las funciones programadas están disponibles dentro de cualquier controlador y pueden estar en computadoras personales a través de programas, éstas permiten:

- Apropiamiento y/o de funciones de interés especial (tales como ecuaciones sofisticadas únicas para una industria en particular)
- Optimización de unidades de proceso.
- Más operaciones batch sofisticadas.
- Perfeccionamiento de los reportes de procesos y la

interacción con el operador.

- Expedición y recomendación al operador acerca del proceso a colocar por el ingeniero de la planta.
- Procesador de palabras, funciones coexistentes del control de procesos y funciones matemáticas.

Estas funciones programadas pueden ser creadas directamente en el archivo del controlador de la estación de operador.

### 2.3. Configuraciones de E/S.

Cada controlador acepta hasta 30 entradas analógicas, cada una de las cuales pueden ser linealizadas, independientemente de la función de control. La linealización típica incluye raíz cuadrada, termopares de diferentes tipos, y RTD's de platino. Si una transmisión falla o el valor de la entrada se excede de su propio valor, se provee de una señal digital para crear una alarma o inicializar una acción de alarma en el sistema.

Cada archivo del controlador con salidas de control analógico requiere de E/S analógicas con una tarjeta terminal (ATB), la cual acepta un archivo de instalación de hasta 30 señales analógicas de entrada y hasta 8 señales de salidas de control. Una fuente de poder esta disponible desde la ATB para energizar transmisiones operando con 24Vdc.

Estan disponibles entradas de multiplexaje de bajo nivel para termopares y monitoreo de temperatura de las RTD's; pueden ser linealizadas hasta 248 de estas señales y llevarlas dentro del controlador en grupos de 20.

#### 1.4. Data highway.

El sistema MAX-1 utiliza cables duales ópticos entre los gabinetes, los cuales pueden estar separados hasta 6,600 pies (2,000 metros). Cada anillo del highway puede abarcar en la planta hasta 20,000 pies (6,100 metros) conectando hasta 32 estaciones. Un máximo de 4 highways pueden estar conectados a una estación de operador o a una Interfase de Computadora Host. En el interior de las filas redundantes de las cabinas se estimulan con un cable eléctrico para conectar un máximo de 15 estaciones.

El highway del MAX-1 de L&N se enlaza directamente a 31 archivos del controlador y estaciones de operador (CRT y teclado). La red tiene una comunicación de 500 Kbauds half dúplex de tipo óptico-eléctrico híbrido, la cual abarca una circunferencia de 20,000 pies aproximadamente.

Los datos se transmiten frecuentemente encriptados; cada mensaje se sincroniza así mismo y no puede exceder de 10.8 mseg para su transmisión. La red de control esta distribuida a través de todas las estaciones mediante el algoritmo *token passing* (ver apéndice A sección A.3.).

Cada estación de la red eléctrica local contiene un microprocesador y un modem para acceder al highway. Los datos son transmitidos a una velocidad de 500 Kbauds, si la modulación utilizada es FSK (Frequency Shift Keying) a tres frecuencias: 2MHz para anunciar el preámbulo, 1 MHz para un "0" lógico, 0.5 MHz para un "1" lógico. Para indicar el fin del mensaje cuando sea el fin del flujo de datos, se utilizan dos pulsos (cada uno de 0.5  $\mu$ seg. seguido de 1.5  $\mu$ seg. para finalizar).

También la transmisión de datos en el highway óptico es

idéntica en cada lazo, gracias a las diferentes direcciones, el cable eléctrico dual proporciona una redundancia de datos similares a/para cada estación. El *modem* selecciona el primer flujo de información recibida correctamente, pero aunque los servicios de *highway* redundante esté llenos, éste no es vulnerable a *switchéos* de fallas del sistema.

El sistema *MAX-1* no utiliza un dispositivo del control de comunicación central. El control de comunicaciones de la red es distribuido en todas las estaciones en el *highway* y para establecer una conexión lógica con cualquier otra estación se llama al *transporte maestro*. Todas las estaciones que tienen el *transporte maestro* pueden establecer una conexión lógica con cualquier otra estación.

Utilizando el protocolo *token passing*, todas las estaciones se turnan para el dispositivo maestro, la frecuencia depende de las necesidades que se tengan. Cualquier estación puede interrogar a cualquier otra estación y recibir una respuesta durante el mismo tiempo como un maestro. El controlador de archivos recibe el *transporte maestro* en menos de 2 segundos; la estación de operador y la estación de interfase de la computadora reciben varios cientos de datos en un segundo.

El protocolo HDCL (ver apéndice B.1) utiliza más de una docena de chequeos continuos para asegurar la integridad de datos.

El valor de la transferencia de información entre controladores vía opto-eléctrica de la data *highway* es de la siguiente forma:

- a) Los puntos de datos están recibiendo actualización de datos cada 0.5 segundos con un máximo de 16 puntos.

b) La ranura de tiempo está recibiendo actualización de datos cada 0.5 segundos con un máximo de 15 ciclos.

La velocidad del highway es de 2,000 a 8,000 valores por segundo y es desarrollada por:

- Velocidad de datos de 500 Kbits por segundo.
- Bajo overhead de caídas de grupos de datos.
- Rápidos turnos de tiempo alrededor de cada estación.

## 25. Interfase Local del Operador.

Una miniestación esta disponible como una interfase local del operador con cualquier archivo del controlador o con diferentes archivos del controlador, donde se pueden operar hasta 64 lazos de control, así como, switchear en forma discreta, lógica y secuencialmente acciones para establecer un control en batch.

También es capaz de configurar completamente sus propias actividades. El color de los CRT's de la miniestación puede estar localizado a una distancia de 1,000 pies de los archivos del controlador.

## 26. Estación de Operador.

La estación de operador se comunica directamente a cuatro data highways hasta de 120 archivos del controlador. Cada estación contiene una memoria de más de 4,000 etiquetas para pantallas de lazos de control, acciones discretas y variables analógicas.

La electrónica proporciona las siguientes funciones:

- Operación general de la planta.
- Estrategias de control fuera de línea.

- Vistas de video.
- Habilidad para cargar y descargar varias versiones de estas estrategias.
- Vistas dentro de todo o parte del sistema.
- Habilidad para realizar misceláneas de funciones al igual que copiando discos, convirtiendo pantallas, agregando diagnósticos después de haber sido realizadas dentro de cada parte del sistema, etc.

El hardware de la estación de operador consiste de paquetes electrónicos para bases de datos y pistas, fuentes de poder, teclados, un monitor CRT de 19", una tarjeta manejadora del disco y un par de manejadores de disco de 8". Los manejadores de disco contienen un disco de programas y un disco de trabajo los cuales no son necesarios en operación normal, pero son utilizados para llamar a las plantas receptoras a las estaciones de bases de datos, cuando los cambios son realizados o para salvar los cambios de las configuraciones en línea de los parámetros de control, estrategias, etc. Ambos, un disco de 8 MBytes y uno de 32 MBytes, del sistema de discos Winchester son válidos para proporcionar una mayor capacidad de memoria.

Los accesorios opcionales incluyen impresora y copiator de video para vistas de la pantalla, registros de alarmas, etc. Cualquier estación puede tomar la operación o cualquier configuración de cualquier otra estación, logrando producir opciones de redundancia en el diseño del sistema. Cualquier estación del operador se puede utilizar como una interfase en el cuarto de control central o hasta de cuatro highways. Muchas de estas estaciones pueden ser utilizadas para expansiones de funciones de las plantas también como patrones redundantes. Una versión de la estación dual esta disponible como dos pantallas independientes y teclados de operador desde el punto de

comunicaciones (hardware) o en la base de datos. Es capaz de ser utilizado como un operador para correr los procesos, esto provee siete capas de seguridad en cada uno de los lazos para el acceso al control, dependiendo de la habilidad del operador, de la estrategia de operación o los requerimientos del proceso. Un simple golpe de tecla puede ser usado para detener el funcionamiento de la planta en cualquier momento, o una porción del switch, o una entrada a la unidad de procesos en un estado apropiado al subir el sistema en condiciones específicas.

El sólo tocar las teclas o seleccionar botones describirán las posiciones de la pantalla. Este roce de las teclas de comando podrán traer desastrosos resultados si se presenta en un momento equivocado cuando se esté viendo otra pantalla. Cualquier selección equivocada de teclas no deberá ser aceptada, y generará un mensaje de error en la pantalla. Los roces adicionales de las teclas deberán ser vistas sólo si el error es reconocido con la tecla *clear entry*.

Las vistas del video proporcionan al operador hasta 40 sobrevistas (ventanas) de la planta, muestra la desviación normal y mensajes de las condiciones de la planta, opcionalmente se puede mostrar como un diagrama gráfico. Cada sobrevista puede mostrar hasta 192 gráficas de barras de desviación y/o mensajes. Cualquier gráfica puede tener hasta 256 variables y/o mensajes. Una vista normal de operación permite el acceso hasta de 16 lazos de control, cada uno disponible en el panel de control, los cuales son representados como diagramas gráficos. Hasta 245 de estos grupos de vistas pueden ser proporcionados. El operador, también tiene vistas disponibles, son el equivalente al panel de instrumentos para acceder al control y a los parámetros de alarma, así como también las interconexiones. También están disponibles vistas flexibles de direcciones, de hasta 4 acciones

analógicas y 4 discretas en cada una y una docena de vistas auxiliares de la organización de los datos. Cualquier vista es una pantalla dividida en columnas de 35 prioridades de las alarmas de los procesos por un número de etiquetas como el sistema diagnóstico.

Los operadores pueden tener dos conversaciones con programas batch en archivos individuales del controlador:

- Para añadir datos cuando se solicite.
- Para responder al manejador de tareas en la estación de operador.
- Para comunicarse directamente con la computadora huésped usando una interfase terminal diferente.

Cualquier otro sumario, directorio o ventanas de diagnósticos pueden ser utilizados por el operador, ingeniero, o personal de servicio. Esta misma estación puede servir para dar mayor poder a las tareas del ingeniero, para crear estrategias de control, pantallas gráficas, tareas, archivos y paquetes de carga. El diseño de las vistas del sistema contienen todos los datos del instrumento y la lista de alambrado de/para las que son salvadas y puestas a disposición en la documentación actualizada de las estrategias de control. Las funciones de diagnóstico y utilerías permiten a la estación completar sus tareas de servicio más cercanas.

La estación de operador puede asegurar la distribución de datos reunidos y controlados para integrar la información en la red y no en una sola pieza de hardware.

La extensión natural de la pantalla de video se utiliza para los datos generales en la estación de operador además de aumentar el poder de diagramas de los datos históricos. El operador y el

ingeniero pueden ver al mismo tiempo determinados efectos de las decisiones de control en el orden en que se corrigieron.

Cada estación tiene la opción de monitorear hasta 500 acciones analógicas y discretas, con la habilidad de verla en siete tamaños diferentes (ventanas), con la opción respaldo por hora, día, meses y hasta años, dependiendo de la capacidad utilizada. Uno o dos golpes de teclas pueden cambiar cualquier variable desplegada por un color, rango, tiempo, el sombreado de cualquier valor fijo, sombreado de cualquier otra curva, o para mostrar la curva como una desviación desde cualquier otra curva (la variable de un proceso vs. un punto fijo). Atravesando la pantalla con trecientos valores para cada lazo de prueba, servicio y máximos y/o mínimos.

La selección de valores que pueden ser archivados en un disco flexible donde serán revisados más tarde en cualquier otra estación. Cuando se archiven las rutas de datos, tendrán la misma velocidad de servicio; más datos de detalle que podrán automáticamente (o por solicitud del operador) ser archivados durante una falla de la planta, incluyendo un periodo de tiempo preseleccionado para una revisión posterior. Estas permiten una inspección detallada de los valores y eventos que pudieron causar la falla.

La estación de operador puede ver los datos salvados en cualquier otra estación de operador que se encuentran en el mismo highway, al igual que los datos generados en computadoras externas.

## 2.7. Manejador de Información.

El sistema de manejo de información (MIS) funciona con dos

computadoras personales construidas dentro de cada estación de operador, éste tiene las siguientes funciones:

- Una de estas puede ser usada para seleccionar programas desde cualquier otra librería, dependiendo de las condiciones y/o necesidades de la planta.
- Permite reportes más extensos del manejador y una interacción con el operador.
- Permite un orden mayor de cálculo y optimización entre la corrida de las unidades de operación en cada controlador.
- Permite sugerencias y recomendaciones para el operador acerca del proceso, para ser colocado fácilmente por el ingeniero de la planta.
- Proporciona un lenguaje de salida, el cual puede ser utilizado para un informe de audio en la estación de operador, o transmitida a cualquier lugar de la planta.

## 28. Computadora Huésped.

Las computadoras externas pueden ser conectadas al MAX-1 por una interfase independiente de la computadora host (HCI) cuando la computadora es localizada en cualquier parte de la planta o se quiere enlazar con cualquier estación de operador. Esta interfase puede tener acceso a todos los controladores, tanto para leer datos existentes o para escribir nuevos datos, permitiendo:

- Gran capacidad y escala de reportes, calculos, y optimización.
- Uso del software existente para que sea residente en cualquier otra computadora.
- Enlace de redes de computadoras u otras funciones de computación de otra planta.

El enlace con la computadora host puede ser directamente conectada (utilizando una interfase) con equipo de la corporación DIGITAL (serie VAX o serie PDP), como también con

computadoras personales de IBM.

## 2.9. Interfase DEC de serie VAX.

El paquete de interfase DEC para series VAX permite a la base de datos de la estación de operador salvar muchos programas al mismo tiempo. El operador puede interactuar con la computadora, a través de la opción MIS e interactuar páginas para separar terminales o para un especial reconocimiento de computadoras.

Desde el punto de vista del ingeniero, el poder del paquete esta colocada en las series VAX para asegurar la alta calidad de los datos y un lenguaje de alto nivel realiza la interfase con estos datos. El programador de la VAX no necesita conocer nada acerca del sistema MAX-1, pero podrá acceder a todos los datos del proceso por medio de las etiquetas que le asignó el usuario. Si la configuración de una porción de la MAX-1 es modificada, no es necesario reprogramar el sistema VAX.

## 2.10. Detección de errores y sistema de seguridad.

### 2.10.1. Chequeo antes de la ejecución (CBE).

La transmisión de datos se checa antes de la ejecución para reducir la probabilidad de la ausencia de detección de errores (principalmente ceros). El eco es una retransmisión de la imagen del mensaje formada dentro del buffer de las estaciones receptoras. La respuesta de la transmisión no es realizada únicamente por la indicación de la estación que envía un mensaje que haya sido recibido correctamente. La secuencia CBE del mensaje es la siguiente:

- La estación A envía un mensaje a la estación B con un bit

fijo CBE.

- Se fija un bit de respuesta cuando los ecos de la estación B del respaldo del mensaje van a la estación A y la dirección fuente/destino es invertida.
- La estación A envía a la estación B un comando ejecutable si checaron los ecos con el mensaje original, en caso contrario en mensaje original es repetido.
- La estación B envía a la estación A una respuesta apropiada para el mensaje original.

### 2.10.2. Tiempo de salida del comando/respuesta o la pérdida de una transmisión.

En orden de detección una no-respuesta o una pérdida de respuesta de cada estación, tiene que incluir la transmisión inicial en una función de tiempo de salida. En caso de la expiración de la función del tiempo de salida o de la detección de pérdida de una transmisión, uno o más frames son retransmitidos empezando con el último no reconocido por la transmisión del maestro. En una retransmisión anterior, la estación primaria puede verificar la necesidad de una transmisión secundaria para asegurar la pérdida momentánea de la transmisión que aún no ha ocurrido.

### 2.10.3. Chequeo cíclico redundante (CRC).

Esta es formulada para detectar los cambios de la longitud del frame debidos a una adición errónea o borrado de los bits ceros en el final del frame, también como la detección de introducción de errores dentro del frame. El mensaje polinomial, utiliza en el numerador la ecuación básica, incluyendo el contenido de la dirección, control y archivos de información. Cualquier frame recibido con un error tipo CRC es descargado.

#### 2.10.4. Excepción de condiciones y acción de recuperación de error.

El procedimiento de recuperación de error está bajo el control de la estación primaria debido a un error de transmisión, a las múltiples funciones de la estación o la situación operacional. Hay tres respuestas desde la estación secundaria, y son:

1. La acción de solicitud.
2. La no-respuesta.
3. La transmisión incorrecta.

Cuando la estación primaria no recibe una respuesta desde la estación secundaria, ésta retira la transmisión anterior y espera una respuesta válida. Si es el caso de que no respondiera, el procedimiento estaría repitiendo un tercer tiempo, la transmisión sería marcada como inaccesible y los procedimientos de la estación primaria pasarían a la siguiente transacción. Cuando es recibida una transmisión incorrecta, el problema no sería corregido retirando la transmisión, si no que sería analizada la respuesta antes del procedimiento.

#### 2.11. Perturbaciones del procesamiento.

Hasta 1,200 alarmas pueden ser formadas en un reporte y presentadas en orden de prioridad, el cual será determinado por el usuario, las pantallas muestran hasta 35 alarmas. Con un golpe de tecla el operador puede reconocer las alarmas, podrán ser presentadas en grupos de como fueron ocurriendo y su naturaleza se mostrará en la pantalla. Un golpe de tecla posterior podrá ser una acción correctiva. Después de que la corrección fue realizada, se presiona una tecla de retorno para que el operador regrese a su pantalla (vista) original. Las alarmas sucesivas

pueden ser fácilmente reconocidas. Se puede imprimir un registro de todas las alarmas, acciones de operador y el retorno a la operación normal. Las alarmas continuas pueden ser temporalmente abolidas por el ingeniero, vistas durante el levantamiento del sistema.

Una tecla de descarga de emergencia permite al operador una condición inmediata para una circunstancia específica, como fue previamente determinado por el usuario.

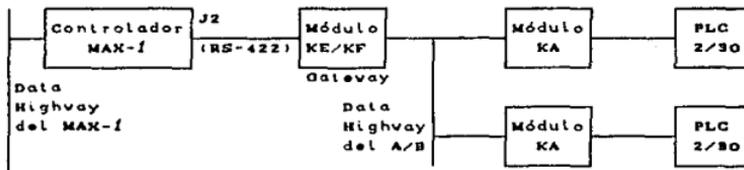
## 2.12. Interfase del Controlador Lógico Programable.

Otra clase de dispositivos serialmente enlazados con el controlador MAX-1 es el PLC (Controlador Lógico Programable), el cual es requerido por una máquina de control local o que existe alrededor de la planta. El flujo bidireccional de información entre puntos de MAX-1 y registros de PLC (analógicos y/o digitales) es proporcionado. Los valores analógicos de tiempo, contadores, etc., son leídos en el PLC, además de sus valores iniciales (analógicos) y sus puntos recorridos son escritos.

El puerto RS-422 de la tarjeta de comunicaciones en el controlador es utilizado como interfase para enlazar a uno o más PLC's. La programación del puerto del PLC generalmente no esta disponible, pero un PLC puede conectar uno o más PLC's al mismo tiempo, y directamente a un gateway que soporta más manufacturas de PLC's, por lo que se obtiene una interfase de enlace con el MAX-1. Un ejemplo con Allen/Bradley se muestra en la figura 3.3.

Para escribir programa, utiliza las instrucciones de impresión y entrada, la comunicación se realiza por medio de un dispositivo específico. Un programa manejador se escribe en el lenguaje EXCEL para los requerimientos de enlace y la selección

Figura 3.3 (Interfase de MAX-1 con Allen/Bradley).



del PLC, incorporando registros de lectura/escritura cuyo contenido es estrictamente puntos de datos. La configuración de la palabra de los puntos de datos especifica la localización de la información a traer/enviar desde el PLC(s):

TT (tipo de configuración).

- 01- Entrada analógica serie (lee el registro en un rango valuado).
- 02- Salida analógica serie (escribe el registro en un rango valuado).
- 09- Entrada digital serie (lee el registro con una etiqueta de un bit).
- 10- Salida digital serie (escribe el registro con una etiqueta de un bit).

MM (número del módulo).

Highway de PLC de la estación # 00-31.

CCC (número del canal).

Registro del PLC desde la dirección 000-255 decimal (desde la 0-FF en hex., desde la 0-377 octal).

LL (linealización/número de bit).

El bit de interés en un registro para señales digitales.

A- Auto/Manual.

Los mismos tipos de datos (1=M=entradas no actualizadas,

Manual de entradas permitidas para ocho salidas o entradas).

S- Severidad

Lo mismo para otro tipo de datos.

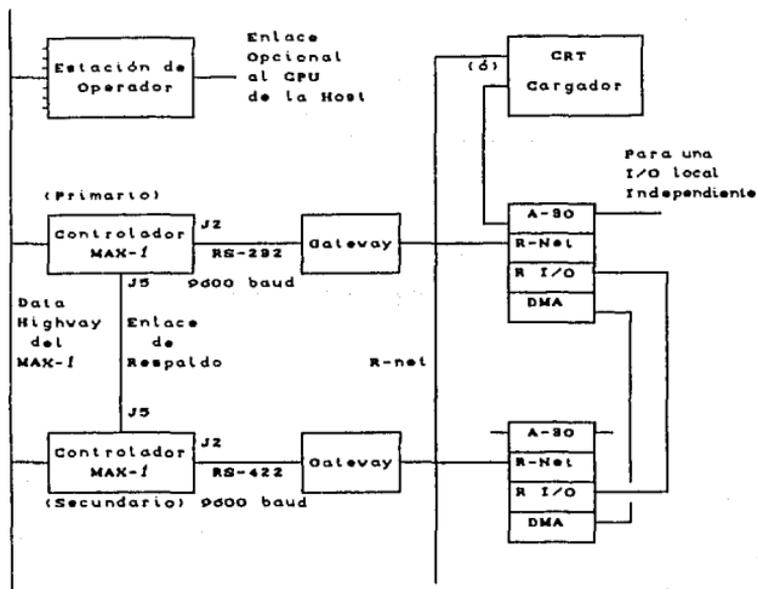
Siguiendo el estándar de enlace de la línea automática de PLC's, se utiliza para su seguridad un gateway en el data highway. El R-net se muestra en la figura 3.4.

El valor de la actualización de los puntos de datos en un archivo del controlador apuntan a los registros del PLC variando de acuerdo a la manufactura del PLC en cuestión. Sin embargo, se puede tomar el enlace con una seguridad eléctrica automática en línea.

El manejador incluye un procesador de comunicaciones en el archivo del controlador, y constantemente busca arreglos de 248 puntos de datos, éstos intentan empacar los más posibles para utilizar un simple movimiento del bloque del mensaje en el highway de los PLC's, actualizando muchos puntos de datos con listas de registros. La comunicación del protocolo permite un mensaje, el cual lee hasta 29 registros y hace referencia a otros registros dentro del PLC. También los puntos de datos digitales (contiguos) referidos al mismo registro del PLC (diferentes bits) sólo causa que el registro se pueda leer.

El enlace de 9,600 bauds entre la tarjeta de comunicación y el gateway soporta alrededor de un mensaje por segundo. El arreglo de puntos de datos dentro del archivo de datos del controlador se actualizan valores de 29 registros de entrada (464 bits) por segundo, u 8 registros de salida (128 bits) por segundo son archivados normalmente.

Figura 3.4 (R-net).



## 2.13. Manual de enlace del MAX-1 y ALLEN-BRADLEY

### 2.13.1. Organización.

Para realizar una comunicación con una PC Allen-Bradley se necesita: un controlador extendido que contenga una tarjeta de comunicación y una tarjeta PF. El switch deslizante en el controlador extendido de MAX-1 deberá estar en posición alta para la tarjeta de comunicaciones y la tarjeta PFI.

### 2.13.2. Conexión de enlace.

El controlador del módulo de comunicaciones es capaz de manejar en el RS-422 diferentes niveles de señales. Para asegurar la integridad de los datos en la transmisión a una gran distancia, es recomendada la conexión ASCII-422.

El conector de la computadora (RS-232C) en el módulo KE-KF es un conector de 15 patas. El puerto J2 del controlador MAX-1 requiere un CPC de 9 patas (figura 3.5).

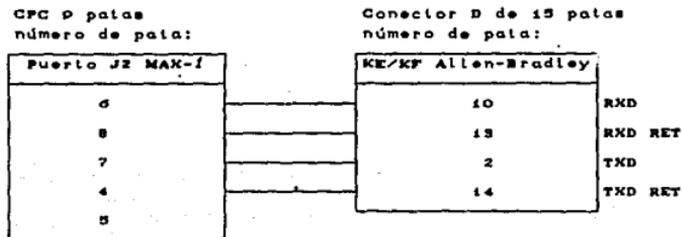
El final del cable conector del RS-422 ASCII se conecta al puerto J2 del controlador que está localizado en el centro de su superficie; el otro final del cable conector del RS-422 ASCII se conecta al enchufe de la computadora KE/KF's. El largo del cable ASCII no deberá de exceder los 2,000 pies para proteger la integridad de los datos.

### 2.13.3. Configuración.

#### 2.13.3.1. Definición de ventana.

El controlador de MAX-1 es capaz de comunicarse con varios dispositivos de adquisición de datos hasta de 248 puntos. Después de la configuración de un ASI (Entrada Analógica serial), ASO (Salida Analógica serial), DSI (Entrada digital serial), DSO (Salida Digital Serial) de puntos de datos, un ASI de puntos de datos especial (ventana) con el número de módulo=0, el número del canal=el código de dispositivo, son requeridos para identificar el dispositivo que tiene la tarjeta para comunicarse con: código de dispositivo=002 del PLC-2 de Allen Bradley, código del dispositivo=003 del PLC-3 de Allen Bradley.

Figura 3.5 (Conexión de los puertos).



Una partición de los puntos de datos se fija en dos ventanas. El ASI, ASO, DSI, y DSO de los puntos de datos son una misma partición con el mismo dispositivo de la adquisición de datos y con las opciones fijadas, las cuales serán muchas particiones en los puntos de datos de una PC.

Las siguientes opciones son necesarias para especificar la configuración de la ventana: rechazar, modo registro y offset de dirección.

La configuración es la siguiente:

0	1	A	0	L	L	0	0	N	0	0	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

A - Auto/Manual también sigue las teclas <MAN> y <AUTO>.

0 = Habilita el rechazo (auto).

Si un punto de datos subsecuente DSI o ASI con las mismas particiones con el modo manual, el valor de la

salida o estado de éste punto de datos deberá ser rechazado.

1 = Desahilita el rechazo (manual).

\* LL - KE/KF número de estación 00-15 (decimal).

La KE/KF número de estación que es controlada para que se conecte.

N - El tipo de dato de la PC la cual es una entrada serial y una salida serial de los puntos de datos para la comunicación.

2 = PLC-2.

3 = PLC-3.

S - Severidad de la alarma (0-3).

Si la severidad de la alarma no es cero y ocurre una falla de enlace en la partición, un proceso de alarma con el nombre de la ventana deberá aparecer en la lista de alarmas de la estación de operador.

Alarma alta (AH) - número de sección (sólo PLC-3).

Alarma baja (AL) - número de archivo (sólo PLC-3).

Rango alto (RH) - offset de la palabra de dirección.

\* Rango bajo (RL) - principios de direcciones del modo registro.

\* Valor de salida - El número decimal de la estación de la PC deberá estar contenida en el modo registro. El orden del siguiente valor de salida deberá estar entre RH y RL. Si su valor cambia del RH a RL deberá tener el siguiente valor de salida.

\* Solo se obtendrá todo el significado en la primera ventana.

### 3. TDC-3000 (HONEYWELL).

#### 3.1. Arquitectura.

EL nuevo sistema de procesamiento distribuido TDC-3000 utiliza módulos basados en microprocesadores conectados a una red para ejecutar las mismas funciones e incrementar la ejecución y la confiabilidad.

La estructura del TDC-300 puede ser vista como dos topologías, una es la física y la otra es la base de datos. La física trabaja en la planta para establecer la operación funcional de áreas y zonas de concentraciones de datos que forman la estructura de la base de datos. La arquitectura del TDC-300 está formada para cualquier modelo, permitiendo la configuración de sistemas en zonas, datos básicos y en concentración de información.

La estrategia para procesos dispersos y control en la partición del subsistema puede trabajar casi automáticamente, por lo tanto, podemos ver los problemas de comunicación como un prestamo así mismo para un concepto de distribución.

El TDC-300 proporciona una estructura de comunicación de multiproceso que es vista como una extensión lógica de el principio de distribución que trabajan eficientemente en control y en el procesamiento de datos.

El resultado de la evolución del TDC-3000 hoy en día está dividida en tres distintas redes de comunicación, cada una asociado con una serie de de productos. En orden de introducción, estas redes son:

- Data Hiway (DH) (1975).

- Red de control local (LCN, 1984).
- Red de control universal (UCN, 1988).

En la figura 3.6 se ilustran el DH y UCN, que sirven básicamente como canales de comunicación para el proceso-conectado de adquisición de datos y control de dispositivos. El LCN, por otra parte, interconecta una serie de módulos que proporciona funciones de altos niveles de control y expanden la recolección de datos y análisis. A continuación se describen cada de ellas y sus dispositivos asociados.

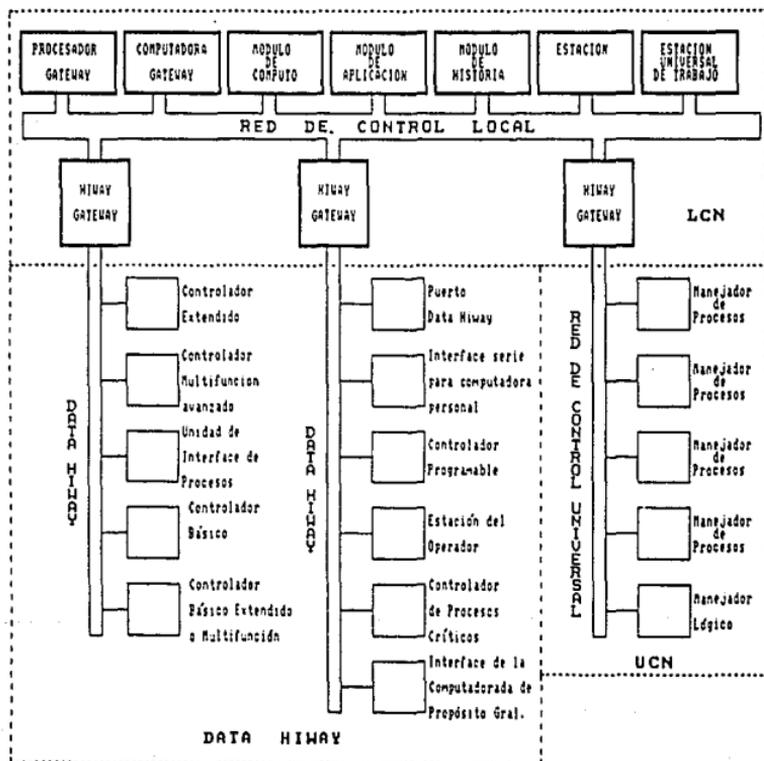
### 3.2. Red de Control Universal (UCN)-Basado en Control Distribuido

Esta diseñado para ser compatible con los estándares de IEEE e ISO, la UCN es la plataforma de un sistema abierto de interconexión para usuarios del TDC-3000, además de tener una velocidad muy alta, un alto grado de seguridad para la red de control de procesos. Las características más importantes son: 5 MBytes/seg. y es utilizada en tiempo real para comunicaciones redundantes en cada uno de los dispositivos conectados al proceso del manejador.

La UNC tiene una capacidad de comunicación uno a uno para repartir datos permitiendo crear coordinación entre estrategias de control y dispositivos de la red, así se produce una implementación sofisticada del esquema de control envolviendo a más de un manejador de procesos. El UCN soporta hasta 32 dispositivos redundantes.

Esta red proporciona eficiencia, seguridad y comunicaciones n tiempo real entre el Manejador de Procesos y módulos de la Red de Control Local como son: la Estación Universal, Módulos de Historia, módulos de Aplicación y Computadoras Gateways.

Figura 3.8 (Arquitectura del TDC-3000).



El Manejador de Procesos (PM) es altamente flexible para la adquisición de datos y control de dispositivos que proporciona un rango completo de capacidades. Este consiste hasta de 40 procesadores E\S seleccionables, acoplados con un control de procesamiento fuente que regula la ejecución, la lógica y la secuencia de las funciones. En resumen, separa la comunicación y las interfases E\S del procesador asegurando altas velocidades de flujo de la información tanto internas como externas al PM. El número y tipo de funciones de control pueden ser implementadas a lo largo con la velocidad del procesador, que podrá ser configurado por el usuario. Un lenguaje de programación orientada a procesos esta disponible para una implementación batch y aplicaciones híbridas.

### 3.3. HIWAY (DH)-Basado en control distribuido.

En 1975 se hizo la introducción del TDC-2000 y del primer data hiway-basado en procesos de cajas. Durante los años subsecuentes, ésta red ha sido expandida con muchos dispositivos adicionales que proporciona nuevas y muchas funciones más sofisticadas. En 1984, éste entra como parte del TDC-3000. En esta ruta, todos los usuarios del TDC-2000 son habilitados para tomar ventaja de las capacidades de control del TDC-3000.

La Hiway ésta basado en dispositivos que, del mismo modo que el manejador de procesos ejecuta el primer nivel del control de procesos, consiste de unidades de adquisición de datos, controladores y otras interfases especializadas en diferentes tipos de equipo. Estos son descritos a continuación:

#### 3.3.1. Unidad de adquisición de datos.

La unidad de interfase de procesos (PIU) es utilizada cuando

un gran número de variables de procesos necesitan ser monitoreados o cuando hay un exceso en el módulo del nivel más alto.

- Nivel más bajo (LLPIU).
- Nivel más alto (HLPIU).
- Nivel de energía (LEPIU).

Los niveles son referidos a la amplitud (voltaje y corriente) de las señales con cualquiera de las interfases de los PIU's, la baja energía del PIU es configurada con un dispositivo por mediomultiplexores que pueden ser distribuidos en diferentes partes de la planta.

### 3.3.2. Controladores.

El controlador básico (CB) ayuda únicamente a operaciones continuas de E/S. Este aloja a 8 lazos de control de E/S, más 8 monitores adicionales únicamente de salida (*variables remotas*).

El controlador de extensión (EC) ayuda a las operaciones lógicas. Esta provisto de 16 entradas de control, 8 salidas, 16 salidas digitales (status) y 16 entradas digitales opcionales.

El controlador multifunciones (MC) y el controlador anticipado multifunciones (AMC) ayudan a operaciones continuas de E/S, a operaciones lógicas y a operaciones batch de control secuencial. Cada uno tiene la capacidad de controlar 16 lazos analógicos, la capacidad de tener hasta 32 entradas analógicas, 72 salidas analógicas, 256 entradas digitales y hasta 64 controladores de entrada. La principal diferencia entre los dos paquetes (el AMC requiere poco espacio) y el slot de la velocidad de proceso, es que para el MC es una por segundo y para el AMC son dos por segundo.

Todos los tipos de controladores con la interfase digital ST-3000 (Honeywell) transmisor pequeño puede hacer posible que los controladores tomen todas las ventajas del dispositivo.

Se tienen opcionalmente otras capacidades como son:

- Una selección de módulos de E\S.
- Una microcomputadora industrial (COP) paquetes de software para extender los usos del sistema.

La nueva generación de controladores de procesos críticos (CFC) es tolerante a fallas porque es un controlador programable de triple redundancia y es provista para aplicaciones primarias.

### 3.3.3. Otros dispositivos.

El Puerto del Data Hiway (DHP) proporciona el vínculo para la interfase con numerosos tipos de cajas de procesos con el Data Hiway, basado en la emulación de un protocolo específico (ANSI 3-28) y soportado por el DHP, ha sido un programa por medio del cual muchos productos que no son de Honeywell pueden conectarse con productos TDC-3000 por medio del DHP, incluyendo en esta lista de dispositivos a controladores programables, analizadores, sistemas de medidas de tanques, sistemas de monitoreo de máquinas, sistemas de cierre de emergencia y sistemas de adquisición de datos.

Una interfase serie para una computadora personal (PSI) proporciona una interfase para cualquier persona o minicomputadora con puerto serie RS-232. Típicamente la PC selecciona valores de cajas, cualquiera puede ser vista o almacenada dentro de los archivos de la PC para semejar aplicaciones como análisis de datos, reportes y cálculos especiales.

Una interfase para una Computadora de Propósitos Generales (GPCI) sirve como una interfase para computadoras que son adaptadas para propósitos generales de E/S. La comunicación puede ser con transferencias de 16 bits paralelos y compatible con todas las señales de TTL.

#### 3.4. Red de Control Local (LCN).

La LCN permite hasta 64 módulos electrónicos con una comunicación a otro, a una velocidad de datos de 5 Mbps. Todos los módulos electrónicos contienen una unidad en tableta de un procesador central basado en un Motorola 68000, tabletas de memoria, una tableta de Interfase de Control de Red Local (LCNI) y controladores de dispositivos de E/S. Dependiendo de las tabletas de multiplexación utilizados, un módulo sirve como una estación de operador, un medio de almacenamiento histórico (en un disco Winchester), dispositivos de aplicación de procesos o un dispositivo computacional.

Los gateways son usados para conectar la LCN a minicomputadoras, además de ayudar a realizar el proceso de conexión de equipo de otras marcas y de buses de datos. Los gateways también son usados para interconectar LCN's, extender el cable cuando sea requerido y el poder de enlazarse con fibra óptica en áreas peligrosas o que tengan ruido eléctrico.

#### 3.5. Funciones del Cuarto de Control.

Los dispositivos conectados a los procesos describen el servicio como una base, altamente flexible, y mucho más poderoso que el sistema manejador de procesos del TDC-3000. Construido en base al nivel 1, el usuario puede incrementar las capacidades del sistema por medio de la selección de un grupo de módulos

interconectados por el Control Local de la Red (LCN). El usuario necesita únicamente al módulo que se requiere para los objetivos del control de la planta en ese instante, con la seguridad de que se incremente la capacidad y/o funcionalidad puede ser de archivada posteriormente por la conexión de módulos adicionales. El resultado es siempre un sistema completo de control integrado con una interfase hombre/máquina que proporciona una ventana a todos los niveles de los procesos. Cada módulo del LCN se muestran a continuación:

### 3.5.1. Función de Interfase Hombre/máquina.

El sistema TDC-3000 proporciona una interfase integrada entre los procesos: el hardware del TDC-3000 y el usuario del sistema. El hardware y el software estándar contribuyen con esta interfase porque esta diseñada para satisfacer las necesidades de los usuarios que interactúan con el sistema o que necesitan acceso a los datos del sistema.

Para satisfacer las diferentes necesidades dentro de la planta, en el sistema TDC-3000 se puede elegir entre dos tamaños de hardware de hombre/máquina: la Estación Universal (US) y la Estación Universal de Trabajo (UWS).

#### 3.5.1.1. Estación Universal (US).

La US es la principal interfase hombre/máquina del TDC-3000, se utiliza típicamente en combinación con otras Estaciones Universales como parte de un proceso de los operadores de consola situados en el cuarto de control, éste proporciona una ventana de entrada al sistema, para ver si el dato reside en un módulo del LCN o en uno de los dispositivos del UCN o Hiway.

Una estación puede ser usada por: un operador, por el ingeniero de procesos y por el técnico de mantenimiento para realizar diferentes tareas de las cuales cada uno es responsable.

Las funciones de los Sistemas y procesos de operación incluyen:

- Monitoreo, manipulación continua y operaciones discontinuas.
- Manejo de anuncios y alarmas.
- Despliegue e impresión de tendencias, registros, bitácoras y reportes.
- Monitoreo y control del status del sistema y diagnósticos.

Las funciones del ingeniero de procesos incluyen:

- Configuración de la red.
- Construcción de los procesos de la base de datos.
- Construcción de gráficas.
- Diseño de reportes.
- Preparaciones de programas en el lenguaje de control.

Las funciones de mantenimiento incluyen:

- Diagnóstico del problema en el sistema.
- Monitoreo e impresión de la información requerida durante la localización de las averías.

### 3.5.1.2. Estación Universal de Trabajo (UWS).

Una alternativa del módulo hombre/máquina (UWS), esta disponible para la ingeniería de procesos y las funciones de mantenimiento, así como para el monitoreo del supervisor de procesos. Este es virtualmente capaz de tener todas las funciones de la Estación Universal, pero está diseñado para un ambiente de oficina, para ingenieros, para supervisores de procesos o técnicos de mantenimiento.

Funcionalmente la US y la UWS son casi idénticas, utilizan

el mismo software cuando ejecutan el mismo tipo de tareas. Cualquier combinación de US's y UWS's pueden ser conectadas a la Red de Control Local dentro de límites extremos para consolas y módulos del sistema.

### 3.5.2. Funciones de Almacenamiento en Masa.

#### 3.5.2.1. Módulo Histórico.

El HM dispone de diferentes capacidades de almacenamiento, haciendo posible un rápido acceso a grandes bloques de datos, como son:

- Historia de las alarmas de los procesos.
- Cambios de operación.
- Mensajes de operación.
- Cambios de los estados del sistema.
- Errores del sistema.
- Recomendaciones de mantenimiento del sistema.
- Historia de procesos continuos soportando los registros y tendencias.
- Todo tipo de archivos del sistema, carga de imágenes y otros datos requeridos en cualquier tiempo por los módulos para recargarse o cambios personales.
- Chequeo de datos para mantenimiento a la fecha y la instalación del módulo en los eventos del dispositivo cuando está fuera de servicio.

### 3.5.3. Control Anticipado.

#### 3.5.3.1. Módulo de Aplicación (AM).

El AM permite la implementación de cálculos más complejos de control y estrategias que hacen posible utilizar únicamente un

dispositivo del proceso.

Una instalación de los algoritmos de control, algoritmos de software y paquetes que pueden ser explotados usando el lenguaje de control orientado a la ingeniería de procesos (CL-AM).

### 3.5.3.2. Módulo de Cómputo (CM).

El CM proporciona un alto nivel de control, usando un lenguaje de programación de alto nivel, como son Fortran o Pascal. El módulo de cómputo, basado en la familia Honeywell Bull DPS6 de minicomputadoras, computadoras DEC VAX y otras computadoras host, con los estándares apropiados de periféricos y de software, está dedicado para programarse, comunicarse con otras computadoras y para paquetes de aplicación pre-programados. Este proporciona un ambiente cuando el usuario desee desarrollar, seguir y ejecutar programas para la ejecución de más funciones en la optimización de procesos, generación de reporte anticipado, grandes almacenamientos de datos, horarios y manejador de planta.

### 3.5.4. Interfase de Datos.

Las tres redes también disponen de interfaces de comunicación. Estos tienen tareas de intercambio de datos entre redes y dispositivos que funcionan usando diferentes técnicas y protocolos.

#### 3.5.4.1. Módulo de Interfase de Red (NIM).

El NIM interconecta el Control Universal de Red y la LCN, tomando la conversión desde la técnica de transmisión y el protocolo del LCN para la técnica de transmisión y protocolo del UCN.

### 35.4.2. Hiway Gateway (HG).

El HG interconecta el dato Hiway y LCN, toma la transición desde la técnica de transmisión y protocolo del LCN a la técnica de transmisión y protocolo del Hiway. Este también proporciona otras funciones como polling, registro de alarmas y tiempo de sincronización de las cajas básicas del Hiway.

### 35.4.3. Computer Gateway (CG).

El CG proporciona el enlace de comunicación entre una computadora host y el módulo TDC-3000 así como sus cajas. Si ésta computadora es una Honeywell DPS6, la combinación del CG/DPS6 es conocida como Módulo de Comunicación o CMS0. Si la computadora es una Honeywell 4500 con R450 PMC o el software PMX III, la combinación de CG/enlace de comunicación/software especial es llamada Procesador Gateway.

## 36. Sistema de comunicaciones.

La comunicación previamente se describe por la Red de Control Local y el Data Hiway, los cuales pueden ser considerados como comunicaciones internas del sistema. Las comunicaciones externas del sistema pueden ser realizadas por varios tipos de puertos. Las interfases disponibles de comunicación síncronas y asíncronas desde el módulo de cómputo son un ejemplo de este tipo de puertos.

Algunos otros dispositivos pueden ser enlazados con la Red de Control Local por medio de una Gateway especial.

### 3.6.1. Procesos controlados por red.

Muchas áreas lógicas de redes son designadas primeramente para oficinas de automatización y aplicación de procesamiento de información. Esto es, que las aplicaciones y los procesos de control son diferentes. Las redes utilizadas en los procesos de control tienen relativamente un pequeño número de dispositivos conectados, y son miembros en el anillo lógico del token-passing el cual es relativamente estático, cambiando únicamente cuando un equipo esta funcionando mal o cuando el sistema tiende a expandirse. Las direcciones físicas son asignadas en forma secuencial, en orden continuo para que el algoritmo del token-passing se simplifique.

Cualquier nodo en una red, le es asignado una dirección física única (individual). Esta dirección es utilizada en el algoritmo token-passing (ver apéndice A sección A.4) para determinar si un frame receptor deberá ser aceptado. Otro tipo de direccionamiento es referido como: lógico, por grupo, o múltiples direccionamientos en varias implementaciones y estándares. El concepto es que un frame podrá ser recibido por más de un módulo teniendo la misma dirección lógica. La transmisión Broadcast (ver apéndice C) es una forma especial de direccionamiento lógico, por lo que el frame será recibido en el nodo prometido.

Las direcciones lógicas son muy poderosas si son implementadas apropiadamente. Si la dirección lógica no es implementada, dos frames podrán ser enviados para asegurar que ambos nodos (uno es un nodo de respaldo) reciban los mismos datos.

Los estándares de las redes, tales como IEEE 802 permite direcciones lógicas o de grupo, pero infortunadamente las

implementaciones no están provistas para un adecuado número de direcciones. La LCN del TDC-3000 proporciona de un total de 8,192 direcciones lógicas para poder usarse por el receptor de la dirección lógica como un indexado de 512 palabras (16 bits por palabra) en la tabla de memoria, si el software es el apropiado para uno el frame es recibido.

Posteriormente de que los dispositivos son conectados a la red en el proceso de control, no podrá tener una interfase hombre/máquina, o podría ser inconveniente enviar un operador fuera de un dispositivo (pequeño reset) o una red que lo requiera. Otro diagnóstico útil y que las características de mantenimiento incluyan: habilidad de comandar un dispositivo fuera del anillo lógico del token-passing, leer de locaciones de memoria remotas, controlar el estado de E/S y controlar del microprocesador los niveles altos de las interrupciones. Estas funciones se pueden ejecutar como niveles bajos en la arquitectura de hardware en la conexión de los dispositivos. Un ejemplo es: los módulos del TDC-3000 ejecutan estas funciones por la interfase de hardware y de firmware del LCN por medio de los módulos del procesador 68000.

Muchos procesos de control de los sistemas de comunicaciones también utilizan redundancia dual para incrementar la confiabilidad del sistema. El uso de cables duales e interfases de cable en el bus token de la red presenta ambos problemas u una oportunidad.

En un sistema maestro/esclavo, el maestro decide por cual cable transmitirá/recibirá la información, y el esclavo utiliza el cable para recibir el frame desde el maestro.

El problema de las redes punto a punto es que el maestro no

decide que cable utilizará. Las direcciones de TDC-3000 tienen un problema porque tendrán que conectarse a todos los dispositivos que transmiten todos los frames por ambos cables. Cada dispositivo elegirá que cable fue utilizado para la recepción basado en las observaciones de los datos de ambos cables. La utilización del cable por algoritmo es que un dispositivo con una transmisión/recepción errónea que resida en la red pase sin la dirección del frame extraviado a este y todos los nodos recibirán la transmisión de los frames. Estos deciden en que sistema hay una transmisión errónea y los receptores recibirán una alarma.

El reconocimiento de los frames recibidos son una importante consideración en las redes utilizadas en los procesos de control. El nivel de implementación deberá ser cuidadosamente considerado. Un inmediato reconocimiento de un nivel bajo en la arquitectura del sistema de comunicación deberá aparecer como una característica que afirme una recepción errónea de un dispositivo. Las redes deberán tener un error de velocidad menor que 1 error en  $10^9$  bits. Esto significa que hay una alta probabilidad de que un frame sea recibido con error.

Supongamos que es recibido sin error, pero el reconocimiento sea erróneo, entonces el frame se volvería a enviar.

Las redes utilizadas en los procesos de control deberán ser muy seguras. Las características tales como: chequeo de la secuencia de la generación del frame y chequeo, baja velocidad de error, chequeo del tamaño del frame, los timer's, el formato del dato y el chequeo razonable, deberá ser implementado.

#### 4. LN-700 (L&N).

##### 4.1 Arquitectura.

El LN-700 es un SCADA con la capacidad de contar los puntos de emulación de los sistemas de energía; por combinación, los elementos son más hábiles para procesar, incrementar el tamaño de la memoria, tener una red de computadoras y bases de datos distribuidas (figura 3.7).

La expansión del sistema esta fuera de fallas de software, se suma una nueva consola de operador o más líneas de buffers, que no forzan a realizar una nueva actualización en el tamaño en la tablas internas de memoria programadas.

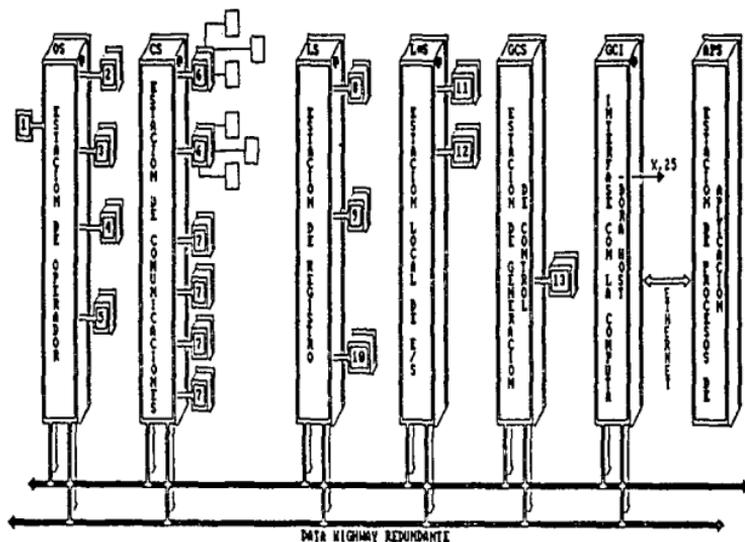
El maestro LN-700 provee de un camino modular en el cual se añaden computadoras para las funciones de control y aplicaciones de software, tales como: comunicaciones de redes y carga del manejador.

El maestro del LN-700 es capaz de reunir datos desde cientos de estaciones remotas localizadas en plantas de generación, transmisión y distribución de subestaciones y estaciones de switches L&N que proporciona la familia remota CONITEL (figura 3.8).

##### 4.2 Data highway.

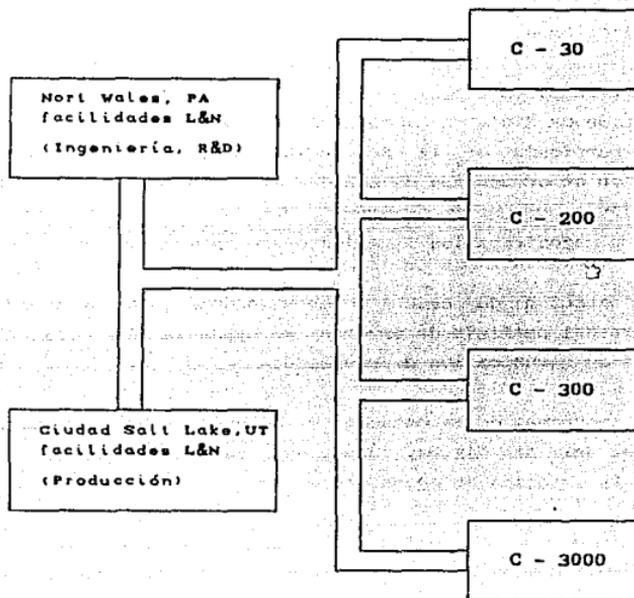
La comunicación entre los elementos del sistema es realizada usando un data highway que toma la forma de un cable coaxial. Mas bien que una transmisión de datos broadcast ( de un origen para todos los dispositivos) en el data highway, cada dispositivo requiere la información solicitada por turno. El procesador del

Figura 3.7 (Arquitectura del LN-700).



- 06 - Cada arquitectura tiene una arquitectura y paquetes físicos idénticos.
- 05 - Cada estación de comunicaciones soporta hasta 16 líneas de buffers para Modems.
- 04 - Interconexión local de entrada/salida.
- 03 - LN provee una generación automática de control por software con error de control adaptativo.
- 06S - Dedicado al procesamiento de datos y gateways para computadoras corporativas.
- 06L - Extensa librería LAN de energía para aplicaciones de software para un manejador avanzado.
- 06C - Interfase con una PC.
- 06P - Gran capacidad en disco Winchester y cartucho de cinta de respaldo.
- 06 - Hasta 3 consolas de operador independientes y CRT's por estación.
- 06 - Teclado de Ingeniería.
- 06 - Impresora gráfica que captura todas la pantallas CRT's.
- 06 - RTU's
- 06 - La expansión es muy sencilla en las tarjetas y en la corrida de la configuración.
- 06 - Copias de reportes y archivos históricos almacenados.
- 06 - Una consola de Ingeniería puede ser añadida.
- 10 - Hasta 4 registradores con prioridad.
- 11 - Construcción de la tabla del mapa de memoria del procesador.
- 12 - Traza el mapa del registro y el contador del manejador del panel.
- 13 - Frecuencia y tiempo de salida.
- 14 - Obligatorias para el sistema considerado LN-700 omitiendo su arquitectura mínima.

Figura 3.8 (Familia remota CONITEL).



sistema carga el más bajo y determina el usuario que solicitó el dato.

Las estaciones de datos highway son:

#### 4.2.1. Estación de comunicaciones (CS).

Maneja toda la transmisión de datos para y desde estaciones remotas con proceso de datos nuevos y mantiene la base de datos

para examinar y localizar variables derivadas. Esta ejecuta el cambio de estado, el chequeo de alarmas, la unidad de conversi3n de ingenieria, c3lculos booleanos y aritm3ticos y proporciona los datos solicitados.

Por otra parte coordina el orden de los horarios de la comunicaci3n de RTU's en tiempo real y proporciona la prioridad de interrupciones de la secuencia de examinaci3n para la transmisi3n de secuencias de salidas de control y otra demanda de transmisiones; adem3s de contener una l3nea de buffers que codifica y decodifica los mensajes entre la estaci3n y las RTU's.

La estaci3n de comunicaciones provee la comunicaci3n definitiva del an3lisis de errores y ayuda a las fallas con circuitos de comunicaci3n de respaldo.

Los programas de la estaci3n de comunicaciones son cargados bajo l3nea del data highway, desde una imagen mantenida en un disco de la estaci3n de operador.

La ejecuci3n se realiza por un microprocesador y esta provista de 2 MBytes de memoria din3mica (RAM) para dar espacio a la base de datos y poder al proceso.

Puede ser expandida hasta 10 l3neas de comunicaci3n con l3neas de buffers dedicados con sus respectivos modems.

La estaci3n de comunicaciones de respaldo soporta hasta 4 estaciones en l3nea, en caso de que haya una falla en la l3nea o un error est3tico.

Las caracteristicas m3s importantes de la estaci3n de comunicaciones son:

- La tarjeta del data highway redundante da todas las características del protocolo token passing y el mensaje del buffer. Una tarjeta del controlador del bus VME ejecuta el arbitraje del bus y proporciona un puerto RS-232 para que se conecte a la terminal de diagnóstico.
- De 1 a 10 líneas de comunicación de las tarjetas buffer/modem que convierten señales de datos FSK a señales binarias, ejecuta chequeos de errores en bloques de mensajes y formateo del byte para ser procesado por la tarjeta del CPU.

Por lo tanto estación de comunicaciones es la responsable de coleccionar los datos desde estaciones remotas, y construir la base de datos residente para la estación de comunicaciones. En suma, las rutinas de software proporcionan una ayuda con el CONITEL de doble paso, chequea antes-de-operar el control de las secuencias.

Los módulos más importantes del software de la estación de comunicaciones incluyen:

- Decodificador de mensaje CONITEL en sus manejadores, examinar y tomar las características del control del comando de la RTU utilizada (C-2020, C-200, C-300, C-3000). Los manejadores ejecutan las siguientes funciones:
  - Inicializan el ciclo y período de examinación de las solicitudes de bloques de datos direccionados remotamente, una colección de datos en intervalos consistentes con el proceso y las necesidades del sistema.
  - Ejecuta chequeos de errores en los bloques (código de chequeo Bose-Chaudhuri) y decodifica mensajes de los paquetes de datos.
  - Controla la inicialización y chequea los dos pasos de chequeo antes de operar las secuencias de control

usando el protocolo CONITEL.

- Cambia el estado de las rutinas del proceso para decodificar los datos binarios a la forma de unidades de ingeniería de entradas analógicas y digitales.
- Rutinas de alarmas y eventos de procesos para construir vistas de alarmas y colas de eventos para cambios condicionados por banderas internas administrativas y causas/efectos para eventos disparados de las condiciones de alarma.
- Manejador de bases de datos relacionado al highway del LN-700 para cargar la nueva tabla de la base de datos y sus modificaciones.
- Paquete de cálculo Booleano y aritmético para derivar puntos analógicos y digitales.

#### 4.2.2. Estación del operador (OS).

La estación del operador manejada como el control del operador y utilizada por el sistema, incluye de uno a tres paneles de operador y monitores CRT's de color; proporciona el almacenaje de formatos de pantallas, el registro básico local y Obtiene datos dinámicos directamente solicitados por medio del data highway. Una toma del panel de ingeniería, proporciona bases de datos y facilidades de compilación de la imagen, también la facilidad donde la base de datos y las pantallas pueden ser añadidas o modificadas cuando el sistema permanece en línea.

La estación de operador comprende de una pantalla de tres colores, panel de operador y eventos, registrador y pantalla gráfica que imprime los accesos de todos los datos reunidos y procesados por otras estaciones.

Junto con las condiciones generales monitoreadas, se

obtienen valores críticos previos los cuales pueden ser recuperados, dirigidos y reportados desde el Archivo.

En lugar de pasar cadenas de textos encriptados para definir la base de datos y pantallas de paso, éstos pasos son compilados y transferidos vía el data highway a los espacios de la tabla de la base de datos en otras estaciones. La información de la base de datos es guardada en el disco de la estación de operador para bajar la carga de la estación y volverla a cargar en el encendido.

Por lo tanto la estación de operador sirve como herramienta de configuración de la base de datos, creaciones de pantallas y continúa la expansión del sistema.

La impresora de matriz proporciona al operador copias de la pantalla, gráfica y tabular, generales e históricas, para inserción dentro del reporte del manejador. El operador puede usar la impresora para documentar el sistema de la base de datos y los cambios de pantallas.

El chasis de una estación incluye las siguientes tarjetas:

- Una tarjeta CPU incorporada con un microprocesador, manejador de memoria y capacidad para acceder a la memoria directamente. Esta tarjeta también da acceso de memoria local aleatoria, accesible via bus VME y el bus del procesador.
- Una tarjeta de memoria incorporada con una capacidad de almacenamiento de 2 MBytes de RAM.
- De uno a tres controladores de video donde se incorporan caracteres para el control gráfico de la pantalla a color con 80 columnas y 48 renglones, cada caracter puede ser seleccionado de 256 caracteres ASCII y un bloque de fonts

gráficos.

- Una tarjeta de interfase del data highway redundante proporciona todas las características de un protocolo token passing y buffers de mensajes.
- Una tarjeta controladora proporciona la interfase a la memoria y al cartucho de la cinta.
- Una tarjeta controladora del bus VME ejecuta el arbitramiento y proporciona el manejo de la impresora de matriz via puerto RS-232.

Las partes comunes de los paquetes de software primario de la estación, son los siguientes:

- Ejecuciones multitarea de tiempo real que coordinan el control de programas y el soporte del LN-700 de dispositivos y periféricos.
- Las colas del sistema y el control de tareas por bloque a velocidad completa de operación o proceso inicial de solicitudes.
- Un paquete de examinación de construcción de programas que corre fuera de línea en la operación del hardware.
- Un paquete de puerto serial, provee una interfase con un puerto serial debugging, permitiendo al usuario diagnosticar un grave problema y conseguir una estación en línea rápidamente.
- Un paquete de interfase highway provee la integridad de datos entre las estaciones.

El resto del software en la estación de operación soporta la selección/modificación de la pantalla, actualización del software de la pantalla.

La recuperación por software del mensaje del registro/alarma incluye:

- Un programa de control de panel que provee una interfase bidireccional al panel del operador para decodificar la solicitud del push-botton y para actualizar cualquier indicador luminoso en el panel.
- Software de proceso de la pantalla para solicitudes del monitor de nuevas pantallas a procesar, moviendo el cursor en las solicitudes y para actualizar la pantalla general.
- Programas que controlan el tráfico de datos bidireccional para y desde el data highway.
- Programas que controlan la salida de datos de la impresora. Esta salida es de dos formas (sólo se puede utilizar una): pantalla de la impresora, o eventos de registro.
- Software para el horario de los programas de software con la estación de operador y la sincronización de otras estaciones conectadas al data highway.

#### 4.2.3. Estación de registro (LS).

La estación de registro provee un ambiente en el cual los datos registrados son implementados.

La LS ofrece registros de datos cortos y largos, recobra y utiliza un lenguaje de alto nivel para algunas funciones como: cálculos, reducción de datos y registros especiales.

Las solicitudes del operador de registros son transmitidos de la estación del operador a una estación de registro por medio del data highway. También dan una facilidad donde la base de datos y las pantallas pueden ser añadidas o modificadas cuando el sistema permanece en línea.

La estación de registro proporciona espacio de archivo para copias múltiples de la historia de la estación de las bases de

datos, también la carga de la base de datos dentro de la estación y cuando bajan/levantan las bases de otras estaciones del sistema.

El crecimiento tiene muchas opciones incluyendo un panel de operador, un CRT de color, y un teclado QWERTY que puede ser añadido debido a las necesidades requeridas.

En suma, la estación de registro también proporciona un hardware y un ambiente de software de funciones especiales, tales como: registro de datos, almacenaje histórico y recuperación, análisis de disturbios, cálculos adicionales y proceso de pseudo punto.

El hardware de la estación de registro es muy similar a la estación del operador, sólo que incorpora un bus VME basado en un microprocesador o un subsistema que provee una interfase con el data highway e interfases múltiples RS-232 para la conexión. Cada estación de registro contiene una tarjeta de memoria configurada con 2 MBytes de memoria dinámica (RAM).

La parte primaria de los paquetes de software de la estación de registro son:

- Ejecución multitareas en tiempo real que coordina el control de programas, soportar dispositivos y periféricos VME estándar.
- Las colas del sistema y el control de tareas por bloque a velocidad completa de operación o proceso inicial de solicitudes.
- Un paquete de examinación de construcción de programas que corre fuera de línea en la operación del hardware.
- Un paquete de puerto serial, provee una interfase con un puerto serial debugging, permitiendo al usuario

diagnósticar un problema grave y conseguir una estación en línea rápidamente.

- Un paquete de interfase highway proporciona la integridad de datos entre las estaciones.
- El software de almacenamiento histórico y de recuperación proporciona al operador una pantalla configurable para los datos a almacenar y registro de salida.
- Los soportes opcionales de software pantalla/operador panel/teclado para configurar el trabajo físico de la estación de registro.

#### 4.2.4. Estación local de E/S.

La estación local de E/S sirve como una interfase para entradas y salidas locales, analógicas o digitales, desde un supervisor de planta local o en los mapas de memoria. La estación local de E/S también ayuda a las pantallas analógicas y BCD, secuencias de alarma y cálculos especiales.

La estación local de E/S está montada en un rack de 19" con una fuente de poder montada en un rack similar a la estación del operador, pero tiene incorporadas 4 tarjetas y son :

- La primera es una tarjeta CPU con un microprocesador integrado y memoria local, accesible via bus VME y el bus del procesador.
- La segunda tarjeta esta diseñada como una tarjeta dual del data highway.
- La tercera tarjeta es una tarjeta de memoria RAM incorporada con capacidad de almacenamiento para 2 MBytes.
- La cuarta tarjeta en una tarjeta controladora VME.

La modularidad esta realizada por medio del espacio para los slots incluyendo una tarjeta de 32 canales de entradas digitales.

una tarjeta de salidas digitales con 64 canales (salidas switcheadas de transistor), y una tarjeta de salidas analógicas con 16 canales de convertidores digital/analógico.

La protección es debida a que todas las entradas digitales están incomunicadas ópticamente a interferencias eléctricas o eletromagnéticas.

La estación local de E/S contiene el software esencial para operar a esta desde el data highway. Sin embargo, el resto del software son rutinas diferentes, además es responsable de examinar y procesar las entradas conectadas, para la generación de alarmas y listados de eventos, para limitar los cálculos Booleanos y aritméticos para arrojar indicadores en los diagramas mímicos y de instrumentos.

Los módulos específicos de software con la estación local de E/S son:

- El procesamiento de entradas digitales para examinar las tarjetas conectadas, checa el cambio de estado y genera listados de entradas de eventos.
- El acumulador de entradas procesadas cuenta el número de transiciones de entradas, los contadores del mapa de memoria, condicionado a cualquier comando congelado en la base de datos local vía rutinas de conversión de ingeniería.
- Las rutinas del reloj del sistema sirven para dar correlaciones entre los eventos en tiempo real por la estación y monitoreo por la estación del operador.
- Tablas de datos de:
  - Configuración de la estación local de E/S mostrando la dirección slot por slot de los dispositivos de E/S conectados.

- Construcción de la base de datos por la frontera final de entradas digitales.
- Contenido de la base de datos de ingeniería del estado/valor de los puntos orientados de las celdas para cada entrada conectada, con las banderas asociadas procesadas.
- Construcción de las listas de los mensajes con cambio de estado por las rutinas de procesamiento de entradas.
- El procesamiento de entradas digitales para chequeo del cambio de estado y soportar secuencias de alarmas locales.
- La secuencia lógica de alarmas indica los estados-múltiples en respuesta a la entrada de alarmas locales.
- El paquete para cálculos Booleanos genera presentaciones de los indicadores de estado en los diagramas mímicos.
- El paquete de cálculos aritméticos genera el formato de las pantallas de instrumentos analógicos en los diagramas mímicos.
- Las rutinas de formato permiten la representación de variables de datos analógicos.

#### 4.3. Interfase con la computadora Host (GCI).

La interfase con la computadora host proporciona una interfase a uno o más procesadores que quieran ser utilizados para funciones como comunicación de redes de datos, carga del manejador del sistema, computadoras corporativas y computadoras semejantes.

La interfase con la computadora host es una estación opcional, la cual habilita a usuarios de la LN-700 para intercambiar datos entre el sistema SCADA y computadoras externas, con otros sistemas computalizados o para cargar al

manejador del sistema. Este provee transferencias de información seguras para/desde el data highway dual.

Existen dos formas de interfase de la GCI y son:

- a) Interfase X.25 (ya sea de 2 enlaces o 4 enlaces)
- b) Interfase ETHERNET (enlace sencillo)

Ambas interfases se basan en el hardware del bus VME, con diferencias sólo en la comunicación inteligente. Cada una emplea un software de comunicación basado en el modelo OSI. La diferencia de software entre las dos interfases de la GCI se encuentra en las capas más bajas de la arquitectura OSI.

El poder del sistema se debe a que se incluye un microprocesador de 32 bits con 2 MBytes de memoria RAM y tarjetas inteligentes de E/S para proveer poder al proceso y espacio a la base de datos.

La capacidad del control total es debida a que maneja completamente todas las transferencias de inteligencia para/desde las computadoras externas, sistemas computalizados y/o cargar el manejador del sistema cuando se tiene la base de datos y la lógica necesaria para los intercambios.

La protección es proporcionada porque se monitorea y se reportan estadísticas de comunicación (p.ejem. cuando existen fallas de enlaces entre los datos).

El chasis de una estación incluye las siguientes tarjetas:

- Una tarjeta de interfase del data highway redundante la cual provee todas las características del protocolo token passing y buffers de mensajes.
- Una tarjeta controladora del bus VME que ejecuta el

arbitramiento del bus.

- En adición a las tarjetas listadas, las cuales comunican a todas las estaciones LN-700 cuando una interfase X.25 es especificada, cualquierá de las tarjetas ya sea uno o dos de los protocolos de comunicación de enlace X.25 serán proporcionados.

Quando se proporciona la tarjeta de enlace de comunicación X.25, cualquiera es capaz de ayudar a enlazar dos computadoras dedicadas y operar modems hasta de una velocidad de 19.2 Kbytes para un RS-232 y hasta de 64 Kbytes para un RS-422. Los RS-232 y el RS-422 son seleccionados como puertos adaptados para las tarjetas. Estas tarjetas proporcionan la primera de las tres capas (X.25) del protocolo de comunicación de la GCI. La primera capa (física) es aprovechada por el RS-232 o RS-422 como interfase entre la clientela o el modem(s) provistos por L&N.

Quando existe la interfase Ethernet, la tarjeta proporciona un enlace sencillo V2.0. Esta tarjeta de E/S provee la primera capa del protocolo de comunicación. La capa tres y cuatro son ARPANET TCP e IP respectivamente. La capa uno y dos se ajustan a IEEE 802.3.

La Ethernet GCI en conjunción con la estación procesadora de aplicaciones (APS) dan acceso a una librería de L&N.

El software de la GCI incluye todas las rutinas necesarias para participar en el intercambio de información a lo largo del data highway dual del LN-700.

La estación también contiene todo el software requerido para la seguridad y la eficiencia del intercambio de los datos con computadoras externas, sistemas de computación y/o carga del

manejador del sistema, además es utilizado para construir y mantener la base de datos asociada con este intercambio.

Los intercambios de datos de la GCI con una computadora host son realizados por medio de secuencias de solicitudes/respuesta. La GCI puede inicializar los siguientes intercambios de datos con una computadora host:

- La GCI deberá solicitar bloques de datos y/o atributos de puntos individuales de datos a una computadora host.
- La GCI de L&N deberá enviar (no solicitando) bloques de datos y/o atributos de puntos individuales de datos.
- La GCI deberá enviar (no solicitando) mensajes de texto a la computadora host.

La GCI deberá aceptar y responder a solicitudes, inicializada por una computadora host, los siguientes tipos de datos:

- Bloques de datos (leídos y escritos).
- Atributos de puntos individuales de datos (leídos y escritos).

La GCI también acepta/responde a textos de mensajes no solicitados, los cuales incluyen alarmas y tareas de mensajes de control desde la computadora host.

La GCI soporta una interfase de operador para enlazar el siguiente nivel de control, que puede ser:

- Tomar manualmente el enlace fuera de servicio.
- Habilitar manualmente el enlace que va ser puesto en servicio.

#### 4.4. Estación de generación de control (GCS).

La estación de generación de control habilita el sistema distribuido SCADA para expandir el manejador o para dar poder al sistema por medio de la adición de la generación de control automático (AGC) y asociar funciones para aumentar la operación de un sistema de poder eléctrico.

La GCS junto con la AGC, realiza envíos económicos, calcula el costo de producción, realiza un intercambio de transacciones de los subsistemas, una ejecución mejorada del monitoreo de la AGC y la generación reservada del conteo.

Utiliza en conjunción con la IMH de la estación de operador, la GCS habilita al operador para implementar, monitorear y controlar individualmente cada función de ésta.

La capacidad del control total es debido a que se incorpora una base de datos y toda la lógica requerida para que el manejador transfiera la información seleccionada a los programas de aplicación en el data highway.

La ejecución utiliza el mismo efecto que proveen los programas lógicos que contienen las instalaciones de la computadora digital de L&N AGS/ED.

El chasis de una estación incluye las siguientes tarjetas:

- Una tarjeta dual del data highway la cuál provee de la interfase dual adecuada al highway.
- Una tarjeta de memoria incorporada con una capacidad de almacenamiento de 4 MBytes de memoria dinámica (RAM).
- Una tarjeta controladora del bus VME que ejecuta el arbitramiento del bus.

La estación contiene el software requerido para la comunicación entre la estación con otras estaciones por medio del data highway dual.

La estación mantiene un software de aplicación con el cual habilitará una operación para ejecutar las siguientes funciones:

- *Generación de control automático.*

El modo de control utilizado para operar el AGC es seleccionando via pantalla, la frecuencia del tiempo, horario de intercambio de red, y la frecuencia de carga.

La GCS emplea un algoritmo de error de control adaptativo por computadora (EACC), el cual distingue el ruido dinámico de una señal de control y toma la acción requerida de control.

- *Envíos económicos.*

Proporcionan la lógica, la cual es utilizada para decidir que estación de generación o que unidades deberán ser ajustadas para mantener las condiciones de carga óptimas.

- *Cálculos de costo de producción.*

Determina el costo actual de la generación como si fuera una corriente general, más el costo de las ventajas de la dirección propia de generación para controlar manualmente las unidades o a lo largo de las relaciones de límites del control automático de la generación de unidades.

- *Intercambio de transacciones de los subsistemas.*

Son el proceso individual de la generación de transacciones y la frecuencia del horario de las entradas, la interfase automática con la AGC y la ejecución del horario general.

- *Ejecución monitoreada del AGC.*

Evalua la ejecución de las funciones del AGC por comparación del número de cero cruces del area de control de errores (ACE) y el servicio utilizado por el criterio NEHC.

- Generación reservada de análisis.

Calcula dinámicamente la eficacia de operación.

#### 4.5. Interfase Hombre/máquina (IHM).

La interfase hombre/máquina es la respuesta y presentación efectiva de la información al operador, alerta a éste de los problemas actuales y potenciales y lo ayuda a tomar decisiones operativas rápido y correctamente.

El monitor CRT presenta a el operador la información respecto al control, seguridad y economía. El monitor CRT típico incluye una subestación de una línea y despliegue tabular del sistema, referido como el despliegue sumario de alarmas. La habilitación para salir alrededor de un gran despliegue que es mayor que la pantalla, que se mostrará en segmentos (ventanas).

Los diagramas y las tendencias de alta resolución son usadas para suplementar gráficas, tabuladores y para condiciones sobresalientes del sistema. Los diagramas se incrementan porque se proveen una imagen completa del sistema y una operación económica que es difícil de comprender desde monitores tabulares.

Fundamentalmente el diseño del sistema LN-700 es de independencia de subsistemas, el data highway no es un maestro. El sistema usa la técnica token passing para dar una oportunidad a cada estación de preguntar su solicitud, recibir respuesta y no responder a estaciones de paso. Esto significa que cuando se expanda el sistema, las estaciones añadidas podran ser conectadas al data highway y participar en el sistema token passing como si fuera el mismo.

Dos paquetes importantes de software están incluidos en cada

estación del operador y en una estación de registro: la base de datos y el compilador de imágenes. El compilador o actualizador de la base de datos es almacenada en el disco de la estación del operador y una copia deberá ser transferida a una cinta magnética o a otra estación del operador o a una estación de registro. El compilador de imágenes es usado para construir pantallas incluyendo gráficas, tabuladores y diagramas.

Cada estación utiliza el mismo hardware básico y sistema operativo. La mayor parte del software esta escrito en un lenguaje de alto nivel (PASCAL). Este proporciona el material para cambios en el software o para añadir nuevas funciones a cualquier estación.

#### 4.6. Sistema de comunicaciones.

La comunicación entre las estaciones del sistema (de una a otra) se da en una conexión tipo serial en forma de un cable coaxial. Si el highway maestro falla, este no es será un maestro permanente. El data highway utiliza un sistema *token passing* (ver apéndice A sección A.5) para compartir el acceso al highway entre todas las estaciones, entonces garantiza el máximo acceso de tiempo de cada estación al data highway y las características más deseables en el sistema de tiempo real.

El token es el que transmite un mensaje a todas las demás estaciones en el data highway, además es el que pasa, utilizando un mensaje especial, una lógica correcta incluyendo a todas las estaciones en línea. Una estrategia de recuperación del token se habilita cuando la estación asume que un token esta incorrecto.

El data highway tiene las siguientes características:

- El sistema *token passing* garantiza máximo acceso del bus en

el tiempo.

- Reconocimiento/no reconocimiento con el estado de cada mensaje, simplificando el error del protocolo y garantizando la recepción.
- 1 Megabit de velocidad por canal.
- Duplicación de canal por las salidas y alta confiabilidad.
- Modems FSK para proporcionar alta inmunidad al ruido en ambientes industriales.
- No quebranta la limitación de las estaciones.
- Transmite detección de flujo y control.
- Mejora la implementación de hardware con chips LSI.
- Posible recepción global de diagnósticos propuestos.

La transmisión de datos a través del cable del highway es por modulación FSK (Frequency Shift Key), con 3.75MHz para lógica 0 y 6.25MHz para lógica 1. Esto da una frecuencia de 5 MHz, la cual filtra el ruido para rechazar ruido EMI y RFI que son las frecuencias encontradas en ambientes industriales y comerciales.

El número de estaciones y de sus locaciones se determina por el largo de cable hasta de 1,200 pies. Cualquiera de los sistemas SCADA podrá contener todas las estaciones con un sencillo o doble equipo saliente de la cabina.

La estación highway (estación de operador, estación de comunicaciones, etc.) es inicializada por el poder de un reset o por un reset manual (el botón es el mismo). El reset causa que la estación controladora y el CPU sean inicializados. Cuando hay un reset, el CPU ejecuta las instrucciones de inicio en la EPROM residente en el debugger. Cuando la estación controladora es reseteada, ésta entra en un estado de incomunicación en el cual no recibe o transmite.

La EPROM residente en el debugger es una rutina, la cual

inicializa la estación controladora y ejecuta los exámenes de diagnóstico. Esta rutina puede correr sólo si el switch en-línea/fuera-de-línea se encuentra en posición de en-línea. Si el switch está en posición fuera-de-línea, la estación entrara en un estado de incomunicación.

La rutina de inicialización de la red deberá llamar desde la estación, el software en-línea si se desea que se inicie únicamente la estación controladora.

Los siguientes pasos se necesitan para inicializar a la red:

- 1 - Correr diagnósticos.
- 2 - Fijar el timer de falla en la red.
- 3 - Espera hasta que el token sea obtenido.
- 4 - Fijar necesidades en el anillo (WIRING)
- 5 - Envios a cualquier servicio de mensaje.
- 6 - Paso del token.
- 7 - Paso del examen del token sucesor.
- 8 - Consideración del WIRING.
- 9 - Repite 7 y 8 cada segundo.
- 10- Repite 4, 5 y 6.

Las solicitudes del bus pueden enviar a un servidor programas para ejecutar funciones. La siguiente lista es el número de servidores de Proceso Destino (DP); éste número será utilizado para la dirección de los mensajes al servidor (se inicializan como receptores).

El número de servidores del proceso destino son:

0. Supervisor de la red.
1. Base de datos disponible e histórica.
2. Evento, fuera de lo normal y cola de entradas de alarmas.
3. Archivo transferido.

4. Monitor del sistema.
5. Control remoto.
6. Examinación del supervisor.
7. Imágen de la transferencia utilizada.

El data highway redundante le da independencia a las estaciones del sistema. El data highway puede tener hasta 1,200 pies, pero normalmente es menor de tres pies de largo y es confinado en la cabina de la estación maestra; no es un dispositivo que puede dominar al data highway o que proporcione la centralización del control. Este accesa al highway por las estaciones que desean transmitir. Un procedimiento *token passing* es utilizado para darle una oportunidad a cada estación para usar el data highway regularmente.

El mensaje del protocolo de intercambio y el requerimiento es para tener el tráfico al mínimo y es por medio de la estructura de la base de datos y los requerimientos de los datos procesados por cada estación. Los mensajes en el data highway son de tipo uniforme y pueden ser de hasta 4 Kbytes cuando es necesario, mejorando la eficiencia de el proceso de los datos transferidos.

#### 4.7. Filosofía y configuración de las comunicaciones remotas.

El sistema CONITEL (ver apéndice A sección A.5.3) es esencialmente radial o del tipo estrella, cuando la estación maestra de comunicación del LN-700 está controlada por el maestro de todas las comunicaciones remotas, entonces ocurren sobre varios circuitos en operación a una velocidad típica (pero no limitada) de 1,200 bps.

Cada circuito de comunicación es una parte de la línea que soporta a muchas RTU's. La estación maestra de comunicación del

LN-700 es el iniciador de todas las secuencias de comunicación. Los circuitos de comunicación CONITEL son half dúplex, por lo tanto contiene 2 alambres o 4 alambres que son equivalentes a los circuitos de comunicación. El sistema estandar también provee un contacto de salida para las llaves transmitidas, cuando la comunicación de radio es empleada para los modos half y full dúplex.

El estándar L&N CONITEL 31/26 utiliza la estructura del mensaje con el código de seguridad Bose-Chaudhuri, esto es debido a que permanece quieto en la optimización, proporcionando así eficiencia, seguridad y además de proveer la compatibilidad con cualquiera de los sistemas L&N CONITEL.

Existen dos tipos funcionales de secuencias de comunicaciones remotas provistas por el sistema LN-700 y son::

- Exploración de solicitudes.

Las estaciones de comunicaciones recupera las solicitudes de los datos desde un grupo de entradas particulares a una RTU. Muchas RTU's pueden ser conectadas en una unión simple de líneas (Party Line) y cada RTU puede tener hasta 15 grupos de datos facilitando la eficiencia de la exploración y el tener grandes bases de datos.

- Control.

La estación de comunicaciones puede solicitar operaciones remotas de control y éstas incluyen doble chequeo en la transmisión. El control convencional CONITEL "verifica-ejecuta-verifica" la secuencia retenida.

La configuración de la comunicación plantea los siguientes principios:

- Una estación de comunicaciones básica tiene hasta 10 controladores de comunicaciones o tiene tarjetas de línea

del tipo de buffer/modem.

- Cada estación de comunicaciones puede soportar bases de datos de 8,000 a 10,000 puntos.
- Una estación de comunicaciones puede proporcionar un respaldo de hardware por medio de un número a otra estación de comunicaciones, proporcionando redundancia y un vehículo para pruebas de nuevas configuraciones de bases de datos y chequeo de RTU's.

La figura 3.9 representa un arreglo radial simple con muchas RTU's en cada línea radiada, una línea por puerto de comunicación.

La figura 3.10 es una alternativa, la cual permite una estación de comunicaciones para completar el respaldo de una estación de comunicaciones en línea. La estación de comunicaciones de respaldo obtiene el acceso a las líneas de comunicación para controlar una retransmisión de poleo múltiple en el switcheo de la línea controlado por el operador.

#### 4.7.1. Horarios de comunicación.

Los horarios de comunicación optimizan la prioridad del mensaje para el máximo control del sistema..

A continuación se mencionan los tres niveles de prioridades que se manejan:

- Control o solicitudes de bloques para funciones especiales.
- Examinación de periódica de solicitudes.
- Examinación de solicitudes por demanda.
- Horarios continuos (respaldo)

Figura 3.9 (Arreglo radial simple con 'N' RTU's).

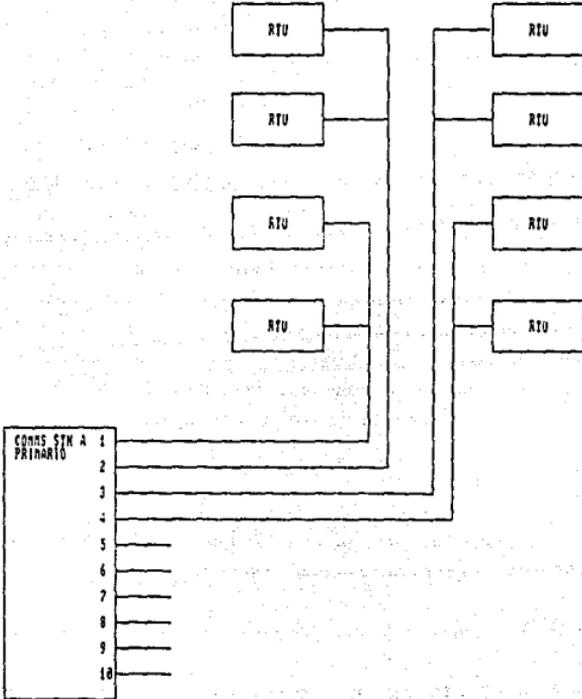
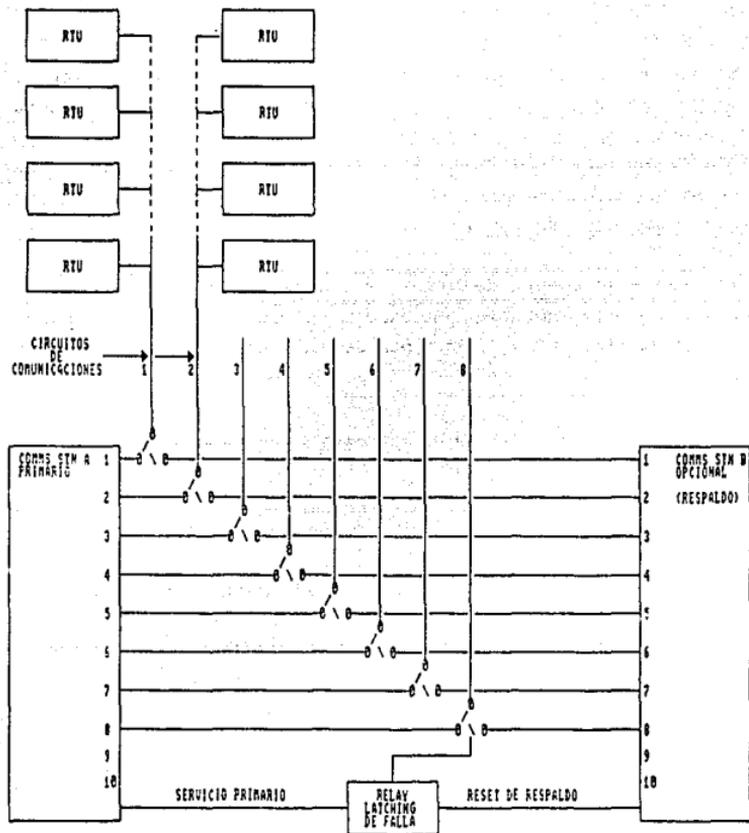


Figura 3.10 (Alternativa).



#### 4.7.2. Comunicación de datos procesados.

La comunicación de procesamiento por software no checa el error, la verificación de datos y la conversión a unidades de ingeniería.

El sistema incluye un controlador general de comunicaciones, el cual puede manejar hasta 10 tarjetas controladoras. La tarjeta controladora proporciona un software de opciones seleccionables para la velocidad del bit, la longitud de la marca de pre-transmisión, derrota retardada y extensión del PMT, si es utilizada una interfase de radio.

El Baud o velocidad de bit y la extensión del PMT requieren ser parámetros configurables en base al puerto de comunicaciones. Los parámetros del PMT y la derrota serán configurados en base a una RTU.

El manejo de la ejecución de las comunicaciones con la validación de chequeos incluye:

- No respuesta de tiempo fuera.
- Verificación del chequeo de respaldo en la sección de direcciones.
- Validación BCH de un hoyo del mensaje para el proceso.

Tres categorías para el procesamiento de datos, un término utilizado para verificar si el dato fue recibido desde una RTU y fue procesado por la estación de comunicaciones, y son:

- Control de transmisión registrada y procesada.
- Examinación simple de la respuesta procesada.
- Examinación de la demanda de la respuesta procesada.

## ANALISIS

A continuación se presentan las características que cumplen los equipos que se estudiaron (con respecto al estándar de red ISO/OSI).

## Capa 1

En la capa 1 se definen todos los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que intervienen en la conexión de computadoras (a nivel hardware). En el caso del *Bailey*, la redundancia se presenta por medio de cable trenzado o cable coaxial, la cual forma una comunicación de tipo punto a punto. La velocidad de los datos en el canal de comunicación es de 10 Mbauds y pueden viajar hasta una distancia de 4,000 pies entre las estaciones; en *Honeywell* la redundancia se presenta por medio del cable coaxial, en donde se forma una comunicación punto a punto y la velocidad a los que viajan los datos es de 5 Mbauds; en *L&N (MAX-1)* la redundancia es por medio de fibra óptica formando una comunicación punto a punto y la velocidad de desplazamiento de datos es de 500 Kbauds viajando a una distancia de hasta 20,000 metros entre las estaciones y en *L&N (LN-700)* la redundancia está dada por medio del cable coaxial en la cual se forma una conexión serie punto a punto con la técnica *SDM* viajando a una velocidad de 1 Mbaud hasta una distancia de 1,200 pies.

## Capa 2

La capa 2 define los detalles de comunicación entre pares de nodos y de nodos a Host, mediante protocolos de comunicación, además de detectar y/o corregir errores de transmisión, regular el tráfico, etc. En *Bailey* la integridad del mensaje es verificada por medio del método *CRC*, además de utilizar el

protocolo INFI-NET; en *Honeywell* la integridad del mensaje es verificada por medio del método Manchester y utiliza el protocolo Token passing; en *L&N (MAX-1)* la verificación es de la misma forma que en *Bailey* y el protocolo utilizado es Token passing y finalmente *L&N (LN-700)* la verificación esta a cargo del método Manchester y el protocolo es Token-passing.

### Capa 3

La capa 3 es la encargada de llevar los mensajes desde el HOST/nodo origen hasta el nodo/HOST destino, con todo lo que esto implique. Todos los equipos que se estudiaron, como son *Bailey*, *Honeywell* y *L&N (MAX-1 y LN-700)* utilizan el servicio de datagramas; pero con respecto a los algoritmos de enrutamiento: *Bailey* y *L&N (LN-700)* utilizan algoritmos de enrutamiento adaptativos; *Honeywell* maneja un algoritmo de enrutamiento de tipo Broadcast y en *L&N (MAX-1)* se utiliza un algoritmo de enrutamiento no adaptativo.

### Capa 4

Esta es la primera capa que sale de la red, y se encarga de establecer los mecanismos para que las computadoras Host inicien, mantengan y terminen la comunicación de mensajes. En el caso de *Bailey*, *Honeywell* y *L&N (MAX-1)* ofrece el servicio de circuitos virtuales y en el caso de *L&N (LN-700)* ofrece el servicio de datagramas.

### Capa 5

La capa 5 permite establecer una sesión entre procesos y/o personas, dicha comunicación está implementada con software. Esta capa en el primer equipo (*Bailey*) no se presenta, pero no así en los casos como son: *Honeywell* que es proporcionada en la estación

universal o en la estación universal de trabajo (dependiendo con cual se cuente); en L&N (MAX-1) que se encuentra en la computadora huésped (Host), que es una parte opcional del equipo y en L&N (LN-700) se encuentra localizada en la estación de operador, además de encontrarse más globalmente en la interfase con la computadora Host.

#### Capa 6

La capa 6 proporciona un grupo de funciones necesarias más no indispensables, que permiten compartir los recursos de la red, tales como archivos, terminales, periféricos, etc. En los equipos que no se presenta son: Bailey, L&N (MAX-1), pero no así en Honeywell, que se encuentra en la red de control universal y en L&N (LN-700) la cual está proporcionada por las estaciones maestras o por la interfase con la computadora Host.

#### Capa 7

La capa 7 se deja abierta para que el usuario ejecute diversos programas ya sean desarrollados por él mismo o por otra compañía. En los equipos que no se presenta son: Bailey, pero no así en Honeywell que esta ubicado en el módulo de cómputo; en L&N (MAX-1) que se encuentra en el sistema opcional del manejador de información y finalmente en (LN-700), el sistema que proporciona esta capa es la estación de procesamiento de aplicaciones.

Como se puede apreciar los equipos que se examinaron utilizan una configuración de sistema distribuido (dan la apariencia de que trabajan con una sola computadora y no con un grupo de ellas), los cuales son un caso especial de las redes de computadoras.

Realmente de los equipos estudiados que cumplen con la

arquitectura de comunicaciones y de red completa, son: Honeywell, LN-700 de L&N (con todos sus módulos) y con menos requisitos que las anteriores, pero con las capas más indispensables son: MAX-1 de L&N y Bailey.

Los sistemas de comunicación y protocolos utilizados en la mayoría de los caso se estandarizan a un protocolo de comunicación del tipo token passing, pero en cuanto al resto del sistema se puede ver que cada uno utiliza el que más le conviene, tanto en el formato de frame, distribución en la red de los mensajes, el modo de corregir los errores, etc. Por lo que se puede concluir que se tiene poco conocimiento de ósto en este campo de aplicación.

Otro aspecto es que han tenido que adquirir equipo de cómputo externo para manejar los sistemas para una administración más dinámica y un mejor control de los procesos, además de tener un campo mucho mayor del que se tenía anteriormente con respecto a las variables y procesos que se manejan en una o varias plantas, con ayuda de las RTU's que soporta el sistema o con otro sistema diferente.

Un aspecto muy importante que se determino fué la poca compatibilidad que existe entre los equipos de la misma compañía o con otra diferente. Algunas compañías ni siquiera soportan generaciones anteriores en sus productos, tal es el caso de Bailey y MAX-1, en cambio otras si las soportan, como son Honeywell y LN-700, puesto que están diseñadas para ese fin y para no olvidarse de los usuarios que las utilizan, en caso de que éstos quieran adquirir un equipo más reciente, sin desechar o descartar el que ya tenían, o dedicarlo a un proceso específico y convertirlo en una isla diferente en la planta y seguirlo independientemente. La manera que han encontrado para tal fin es realizar interfases, gateways, bridges, programas, etc., pero con

el inconveniente del costo y que en algunos casos no es factible debido al diseño del sistema.

Otro aspecto que es importante mencionar es el uso de computadoras dedicadas, las cuales bajan el rendimiento de los sistemas y existe poca compatibilidad con otros equipos, esto es debido a que están diseñadas con un solo propósito y a que su programación está en memoria sólida y le es imposible cambiarla al usuario, a menos que se le pida al fabricante una alternativa a las necesidades que se tengan en ese momento (con la esperanza de que se la pueda proporcionar), esto quiere decir que su programación esta directamente relacionada con el hardware de la máquina. Por todo esto el crecimiento del equipo es muy limitado y esta limitado a lo que el fabricante indique y al diseño del sistema.

Otros aspectos que se deben tener en cuenta para una compra exitosa de algún sistema de control, son:

1. Características del sistema:

Las criterios primarios de selección de alguna de estos sistemas son:

- 1.1 Confiabilidad.
  - 1.1.1 Del equipo respecto a fallas.
  - 1.1.2 De la información.
- 1.2 Facilidad de mantenimiento.
  - 1.2.1 Versatilidad para incorporar rutinas.
  - 1.2.2 Factibilidad de capacitación del personal de mantenimiento
  - 1.2.3 Disponibilidad de partes y hardware para diagnóstico.
  - 1.2.4 Experiencia de los instructores de mantenimiento.
- 1.3 Disponibilidad.
- 1.4 Diagnósticos.

- 1.4.1 Funciones de verificación analógica.
- 1.4.2 Funciones de verificación digital.
- 1.4.3 Funciones de verificación de indicación/control.
- 1.4.4 Funciones de verificación de secuencias de eventos.
- 1.4.5 Función de chequeo de procesamiento de datos de RTU's.
- 1.5 Expandibilidad.
  - 1.5.1 Equipo que puede ser conectado y/o soportado.
  - 1.5.2 Espacio provisto para ello.
  - 1.5.3 Estándares utilizados en el sistema (hardware/software/firmware).
- 1.6 Tiempo de vida.
- 1.7 Uso de mainframes, minicomputadoras o PC's.
- 1.8 Utilización de computadoras dedicadas.
- 1.9 Utilización de librerías externas o creadas por el usuario.
- 1.10 Bases de datos.
  - 1.10.1 Estructura de la base de datos.
  - 1.10.2 Topología de la red a la que se aplica.
  - 1.10.3 Características del manejador utilizado.
  - 1.10.4 El manejador es creado por el fabricante o por otra entidad especializada.
  - 1.10.5 Privilegio/acceso para el manejo de los datos.
  - 1.10.6 Capacidad de almacenamiento.

## 2. Consideraciones de instalación:

Las características de instalación son:

- 2.1 Documentación obtenida con la compra del sistema.
- 2.1 Supervisión y asesoría personal con los representantes que instalen el sistema.
- 2.3 Individualidad de conexiones entre RTU's.

## 3. Instalación de RTU's.

4. *Instalación de la estación maestra.*

5. *Consideraciones de mantenimiento:*

- 5.1 Soporte del mantenimiento.
- 5.2 Mantenimiento preventivo.
- 5.3 Mantenimiento del software/firmware/hardware.

6. *Documentación:*

- 6.1 Diseño de la documentación (clara).
- 6.2 Documentación de instalación.
- 6.3 Operación de instrucciones y registro.
- 6.4 Mantenimiento de instrucciones y registros.
- 6.5 Documentación de exámenes de diagnóstico.
- 6.6 Documentación de instrucciones para cada uno de los equipos.
- 6.7 Documentación de acceso rápido.

Si la conexión es con equipo de características diferentes, las consideraciones más importantes son:

1. *Compatibilidad de:*

- 1.1 Velocidades de transmisión de ambos equipos, en caso de no ser así ver la forma de igualar la velocidad de alguno de los equipos por software o por hardware.
- 1.2 Sistemas operativos debido a los códigos que utilizan (ASCII,BCD, etc.), así como las funciones que puedan tener.
- 1.3 Frames utilizados para ver si son compatibles o se necesita de hardware y/o software adicional para hacerlos compatibles (tamaño, posición de los datos, señales de control, inicio y fin, dirección fuente y destino, etc.).
- 1.4 Protocolos que utiliza el sistema.
  - 1.4.1 Estándares.

- 1.4.2 No estándares.
- 1.5 Tipo de transmisión.
  - 1.5.1 Broadcast.
  - 1.5.2 Baseband.
- 1.6 Topología de la red en la que se va a trabajar.
- 1.7 Tipo de cable utilizado.
- 1.8 Tipo de comunicación.
  - 1.8.1 Síncrona.
  - 1.8.2 Asíncrona.
- 1.9 Interfases que utilizan
  - 1.9.1 Puertos con que cuentan los equipos (estándares utilizados, en caso de que no sean éstos, pedir la configuración que tienen).
  - 1.9.2 Modems.
  - 1.9.3 Multiplexores.
  - 1.9.4 Bridges.
  - 1.9.5 Gateways.
- 1.10 Capacidad de almacenamiento total.

En los siguientes cuadros se muestran las características más representativas de cada uno de los equipos.

Cuadro comparativo de las características más representativas de cada uno de los equipos.

CARACTERISTICAS	HONEYWELL (TDC-3000)	DAILEY NETWORK-90	L & N MAX-1	L & N LH-700
TIPO DE TRANSMISION	BROADCAST	BROADCAST	BROADCAST	BASEBAND
VELOCIDAD	5 Mbaud	500 Kbaud	500 Kbaud	1 Mbaud
TOPOLOGIA DE LA RED	ANILLO	ANILLO (GENERAL) BUS (PARTICULAR)	ANILLO DOBLE	BUS
PROTOCOLO DE LA RED	TOKEN-PASSING	INFI-NET	TOKEN-PASSING + HDCL	TOKEN-PASSING + COMITEL
EXPANDIBILIDAD	Con ella	(= 64 Modulos	(= 250 Modulos	(= 32 Modulos
	Con otras	MODICON ALLEN-BRADLEY	SI	SI, ALLEN-BRADLEY
INMUNIDAD AL RUIDO	SI	SI	SI	SI
CABLE UTILIZADO	COAXIAL FIBRA OPTICA	CABLE COAXIAL CABLE TRENZADO FIBRA OPTICA	FIBRA OPTICA	CABLE COAXIAL FIBRA OPTICA
TIPO DE PROCESADOR	68000 MOTOROLA	68020, 68030 MOTOROLA	-	68010, 68020, 68030/ + 288
UNIDADES TERMINALES REMOTAS	SI	SI	SI	SI
METODO DE VERIFICACION DE ERROR DE DATOS	HANCHESTER	CRC	CRC	HANCHESTER + BOSE-CHAUDHURI

Cuadro comparativo de las características más representativas de cada uno de los equipos.

CARACTERÍSTICAS	HONEYWELL (TDC-3000)	BILLY NETWORK-90	L & M MAX-1	L & M LM-700
CAPAS UTILIZADAS DE ISOPUS	1,2,3,4,5,6,7	1,2,3,4	1,2,3,4,5,7	1,2,3,4,5,6,7 (Depende de los Módulos)
INTERFACES UTILIZADA	RS-232C serial NODEN	RS-232 serial NODEN IEEE-488	RS-232, RS-232C RS-422 NODEN	RS-232 RS-422 NODEN
USO DE BRIDGE	-	-	-	-
USO DE GATEWAY	SI	-	SI	-
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	1,025 Mbytes	-	8-35 Mbytes	62-78 Mbytes
MANEJADOR DE BASE DE DATOS	SI	-	SI	SI
SOPORTA GENERACIONES ANTERIORES	SI	NO	NO	SI + RTU's (CONTEL)
TIPO DE COMUNICACION	SINCRONA/ASINCRONA	SINCRONA/ASINCRONA	SINCRONA/ASINCRONA	SINCRONA/ASINCRONA
SOPORTA MAIN FRAME Y/O PC'S	SI, VAX	SI, VAX	PDP, VAX, IBM(PC's)	VAX
LENGUAJES QUE UTILIZA	PASCAL/FCRTRAY	BASIC, PASCAL, C FORTRAN, FORTRAN	EXCEL, BASIC	PAPID, BASIC, PASCAL
REDUNDANCIA	SI	SI	SI	SI

## CONCLUSIONES

Después de realizar este estudio se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Las redes de computación propiamente dichas (como se manejan en el área de la computación) ya se están utilizando en algunos sistemas de procesos industriales, todavía restringidos por el poco conocimiento de éstas en el campo industrial.
- Las redes de computadoras se han ido introduciendo a los procesos industriales (en este caso, sistemas de control de procesos) y son conocidas como los enlaces necesarios para un mejor seguimiento en los procesos, aunque las redes de computadoras ya tienen tiempo en el mercado, estas apenas se han ido introduciendo al campo industrial o están en el comienzo de su total desarrollo.
- El principal elemento que provoca el poco desarrollo en esta área con respecto a las redes es: que los fabricantes todavía no se han estandarizado completamente, haciendo incompatible mucho equipo además de tener poca compatibilidad con generaciones anteriores. Otra razón del poco avance es que no hay o existe poca gente lo suficientemente capacitada, preparada o especializada para aplicar adecuadamente este concepto.
- La razón de que han ido también avanzando las redes en este campo es que los fabricantes han adquirido equipo externo de cómputo para complementar sus sistemas, por lo que se han visto obligados a estandarizar, hacer interfases o intérpretes para que sus equipos puedan interconectarse a estos. Muchos de estos equipos de cómputo ya están muy

avanzados y tiene la facilidad de utilizar redes; en estos casos los usuarios deben estudiar cuales equipos de cómputo pueden ser mejores para sus necesidades y poder sugerir al fabricante además de escuchar lo que éste le recomienda.

- En la mayoría de los procesos la configuración que se utiliza es de forma distribuida. Los sistemas SCADA son sistemas distribuidos (dan la apariencia de que trabajan con una sola computadora y no con un grupo de ellas, lo cual logra un funcionamiento más óptimo y eficiente, debido a que comparten recursos, además de la expandibilidad de la cual es posible disponer) pero a gran escala, por lo que se puede concluir que utilizan redes de computadoras aunque no cumplan con todas las capas del modelo ISO/OSI.

## APENDICE A.

A continuación se explica genéricamente el protocolo token-passing, debido a que es el más utilizado en los equipos estudiados.

## A.1 TOKEN PASSING.

Es una forma de controlar el acceso compartido del medio de transmisión, para ello utiliza una señal de permiso (señal de control), esta señal pasa de una estación a otra de acuerdo con la ruta que se halla definido, recorriendo todas las estaciones de la red. Una estación solamente puede transmitir una estructura de datos cuando tiene la señal y después de que termina su transmisión envía la señal a la siguiente estación para que pueda acceder al medio de transmisión. Este método se puede utilizar con redes que tengan topología de bus o topología de anillo.

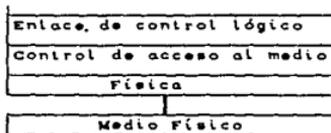
## A.1.1 Manejo de la señal de permiso utilizando la topología de bus.

Con el método de control de acceso token bus, una señal de permiso se transmite de una estación a otra. Cuando una estación recibe la señal de permiso, esta permite la transmisión del frame, hasta que llegue al tiempo máximo marcado y entonces transmite la señal de permiso para la siguiente estación. Si la estación que recibe la señal no tiene datos para transmitir inmediatamente, pasa esa señal a la siguiente estación. Aunque la red debe de tener una forma física de bus, tiene un arreglo lógico de anillo para el envío de la señal de permiso de una estación a otra.

## A.12 Funciones del token bus.

El estándar token bus emplea el modelo lógico presentado en la figura A.1.

Figura A.1 (Estándar del token bus).



El estándar token bus direcciona el método de Control de Acceso al Medio (MAC) y la capa física. Las primeras funciones de MAC son:

- Interfase del método LLC (*logical link control*). El método MAC debe recibir la estructura de datos de la subcapa LLC y preparar la transmisión.
- Manejo de la señal de permiso (*token*), ajustada a la técnica token bus: incluye el paso de una señal de una estación a la otra, reconociendo la señal cuando es recibida y opcionalmente establece prioridades para los datos.
- Mantenimiento del anillo: establece el anillo lógico que las estaciones necesitan para ser inicializadas, cuando se incrementa el número de estaciones de la red o cuando se modifican/borran estaciones.
- Detección y recuperación de fallas: en posibles fallas se incluyen: múltiples señales, pérdida de señales, señales dañadas, estaciones inoperantes y estaciones con direcciones duplicadas; por lo tanto esto debe ser detectado y de ser posible corregido.

- Envío y recepción de datos: en una estación que esté enviando frame, los datos deberán de pasar primero por el método MAC hacia la capa física para la transmisión a través de la red, además de contar con funciones que incluyen agregar/cambiar el control de la información de los datos dentro del formato del frame.

## A.2 NETWORK 90 (BAILEY).

### A.2.1 Topología Infi-net.

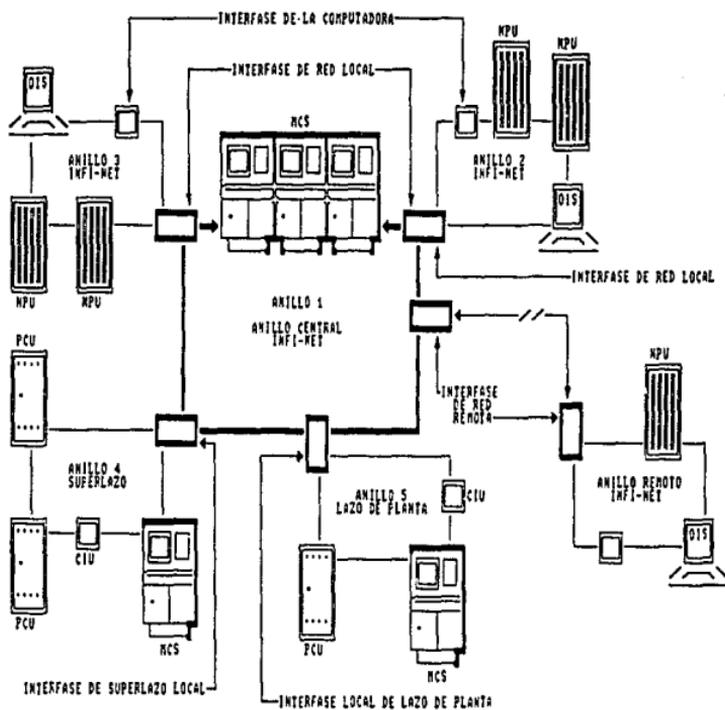
En la configuración típica se encuentra una central, un maestro inifnet (similar a un superciclo) con más software y puede tener interfase con otros nodos maestros de otras inifnet's, existiendo superciclos y ciclos de planta (figura A.2).

Computadoras, OIS's, MCS's y otros sistemas pueden conectarse a cualquiera de los 250 nodos inifnet con una unidad de interfase de red adecuado. Sólo la central o el maestro del anillo puede conectarse a cualquier otro anillo.

Con todos los nodos centrales de inifnet conectados a otras inifnet's o superciclos, la capacidad total del sistema puede ser hasta de 62,500 ciclos.

Visto como un sistema, inifnet está basado en los primeros cuatro niveles del sistemas de comunicación ISO/OSI con particular atención a la integridad de los datos. El proceso individual de los nodos son considerados como subunidades dentro del sistema de procesos de control en el intercambio de datos y con estas subunidades se optimiza la operación del sistema. En resumen, el acceso para el sistema inifnet esta provisto por

Figura A.2 (Topología INFI-NET).



unidades de interfases de red (NIUs) en el servicio de librerías del sistema llamado con el intercambio de datos con el formato real de IEEE 4.

### A.3 MAX-1 (L&N).

#### A.3.1 Topología Token passing.

Los token monitores de la estación de operador aseguran una operación correcta y corrigen cualquier mal funcionamiento. El sistema se balancea así mismo, inicializando el controlador mediante vía externa. Algunos de los procedimientos de la estación se inician por la estación de operador; todas las demás estaciones de operador verifican la secuencia. Los controladores que tienen un mal funcionamiento son removidos desde un lazo de operación normal y son periódicamente colocados en el lazo por lo que únicamente son removidos por una secuencia de inicialización o cuando el mal funcionamiento a sido corregido. Cada caída estará limitada a tiempo de esta transacción y al tiempo de retención del token (50 mseg). El monitor de la estación de operador más lejana del highway detiene las salidas (ej. pérdida de un token). Cuando un dispositivo recibe el token e informa a la entrada del sistema el estado de operación y éste se transmite por medio de broadcast a todos los dispositivos e indica que ha sido ejecutada la secuencia del *token passing*.

#### A.3.2 Protocolo de comunicaciones.

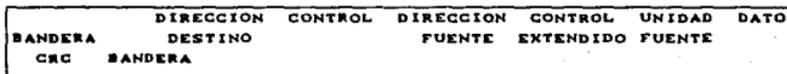
El formato de comunicaciones es un frame orientado (basado en el formato HDLC), los múltiples frames pueden ser enlazados dentro de un mensaje.

La información es dividida por un preámbulo y un posámbulo. Un frame puede ser compuesto sólo por un preámbulo y un posámbulo. El preámbulo esta representado por: una bandera de byte, un byte de dirección destino, un byte de control y un byte de dirección fuente. El posámbulo tiene dos bytes para checar la redundancia cíclica y un byte para la bandera.

La flexibilidad de la capacidad del control esta disponible directamente para expandir el control y la fuente de byte. Los bytes de bandera y los bytes del CRC conforman el estándar del HDLC (ver apéndice B sección B.1). La dirección destino proporciona la dirección para el cual se envía el frame. La dirección fuente es la dirección de la estación que envía.

Existen dos tipos de bytes de control: uno para el formato de información (código de función) y el otro para supervisar el formato (código de enlace). El código de función define el mensaje en cuatro bits. Los códigos de función son: consulta, respuesta de estado, chequeo después de ejecución, respuesta de datos, respuesta de comandos y reconocimiento de APP. El código de enlace define el estado operacional del enlace. Todos los bytes de control son expandibles por un bit llave. El fin de los archivos de control son indicados por un bit único en un byte de control. Un byte de control extendido proporciona y retarda la indicación de la respuesta permitida y la dirección de la ruta destino (figura A.3).

Figura A.3 (Formato del frame HDLC).



El highway proporciona dos tipos de transacciones: abrir y cerrar; el cerrar es una consulta detallada desde un maestro a un secundario, con una responsabilidad secundaria para pedir información. Las transacciones de apertura, transmitidas comunmente por medio de broadcast, no tiene una responsabilidad detallada. Un ejemplo de una transacción de apertura es un diagnóstico o un proceso de generación de alarma para un archivo del controlador, el cual se transmite a la estación del operador, fuera de la respuesta de la información del operador. Si la estación de operador no recibe alarmas desde un controlador específico cuando el controlador tiene *el transporte maestro*, la estación de operador puede consultar al controlador para determinar el motivo de la falta de alarmas o si el archivo del controlador tiene alguna falla.

#### A.4 TDC-3000 (HONEYWELL).

##### A.4.1 Topología Token passing.

En cualquier red donde una comunicación media es particionada por muchos dispositivos existirá un mecanismo de control de acceso, el cual permitirá el acceso al medio. Algunos sistemas permitirán colisiones (múltiples dispositivos transmitirán simultáneamente) dando como resultado datos erróneos o corruptos, y entonces se recurrirá a un método de recuperación de dichos datos. El mecanismo de control de acceso token passing es utilizado por la LCN para prevenir posibles colisiones.

El frame del token-passing es transmitido desde la LCNI a la LCNI alrededor de un anillo lógico determinado por la dirección física asignada a cada LCNI. Cuando una LCNI se apodera del token, ésta utiliza la comunicación media para transmitir un frame de información a cualquier otra LCNI(s) antes de que pase

el token a otro sucesor lógico. Los arreglos deberán ser realizados por la inicialización del anillo lógico, adicionar/borrar de los LCNI's desde el anillo lógico y recuperación de errores.

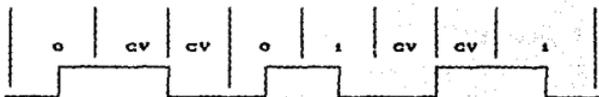
#### A.4.2 Protocolo de comunicaciones.

El mecanismo de control de acceso del token-passing es tipo determinístico. Conociendo el número de LCNI's en un anillo lógico token-passing, es posible calcular el tiempo máximo que tomará a un LCNI tomar su token, y la oportunidad de transmitir un frame de información pendiente.

La figura A.4. ilustra las delimitaciones del frame que utiliza el TDC-3000.

Figura A.4 (Delimitaciones del frame del TDC-3000).

*Delimitaciones de inicio y fin del frame.*



Delimitación de inicio del frame (SFD)



Delimitación final del frame (EFD)

CV= Código de violación = no medio-bit celda de transmisión

Formato de frame del LCN

No bytes	8-10	1	2	2	100-4,098	2	1
	PRE-AM-BULO	SFD	DIRECCION DESTINO	DIRECCION FUENTE	INFOR-MACION	SECUENCIA DE CHEQUEO DEL FRAME	EFD

Los datos seriales son codificados por el método Manchester antes de que la transmisión entre al cable, de modo que un ciclo recibidor puede ser derivado desde la señal que será recibida finalmente y de modo que una señal AC es desarrollada por un transformador de doble línea sobre el cable coaxial. Esta siempre es una transición en la mitad de la celda del bit, en la codificación Manchester. Por un cero lógico en los datos, la señal es baja en la primera mitad del ciclo y es alta en la segunda mitad (baja para una transición y alta a la mitad del ciclo). Para un uno lógico, la señal es alta en la primera mitad del ciclo y baja en la segunda mitad. (alta para un transición baja a la mitad del ciclo).

Si no existe una transición en un ciclo, ocurre una violación de código. La LCN utiliza códigos de violación en los

delimitadores de inicio/fin del frame. Estos son cuatro códigos de violación en los delimitadores del frame, por lo tanto pueden ocurrir cuatro errores específicos en el ciclo, debido a un cambio en la validación de datos dentro de los delimitadores del frame. Un delimitador final específico del frame es usando para las velocidades, las cuales detienen todas las transmisiones en el medio porque existe la posibilidad de reflexión en la línea después de que una transmisión fue parada. El uso de la señal de no-datos en los delimitadores del frame proporciona mucha seguridad para la delimitación del frame.

## A.5 LN-700 (L&N).

### A.5.1 Topología Token passing.

El sistema *token passing* está implementado en un chip. El token acepta un dispositivo en el sistema para inicializar la transmisión del paquete de información (sólo un token en la red); el token propietario deberá transmitir un número de mensajes cuando éste tenga un token, pero cuando éste no tenga mensajes para transmitir, el token se pasa a otro dispositivo del sistema por un paquete de mensaje de paso del token especial. Cada dispositivo tiene una dirección a pasar, si este mensaje es sólo de un cambio de configuración o de una falla fuera del sistema; las direcciones son de un anillo lógico que contiene a todos los dispositivos, dando a cada dispositivo la oportunidad de transmitir información a cualquier otro dispositivo; normalmente es un máximo de 16 paquetes de información transmitida en cualquier tiempo cuando un dispositivo tiene el token para asegurar que el token se pasa rápidamente.

Los dispositivos son configurados dentro del highway por el proceso, cuando un dispositivo cambia la dirección del próximo

paso del token. El procesador puede enviar mensajes que no se encuentren en el anillo del paso del token y éste chequear periódicamente la configuración, pero no los dispositivos que tengan fallas en el data highway.

El mensaje del *token passing* no se reconoce, pero si el monitoreo del paso del token con el nuevo token propietario; si éste no transmite un mensaje, el token es repetido; si el segundo no es exitoso, el procesador encuentra la siguiente dirección válida por el incremento del próximo ciclo en que la respuesta no fué recibida.

La falla del token propietario es monitoreada por un timer de falla, en el highway de cada dispositivo; éste fija un periodo base en el direccionamiento del highway y entonces, un dispositivo asume el token si el highway falla.

El paquete de información del mensaje es reconocido por el receptor que envía el reconocimiento del mensaje en la espalda del token propietario. Esto provee una ayuda inmediata para implementar la recuperación del error.

La técnica *token passing* es tradicional en la configuración del hardware y sobre los protocolos del highway en que éste no es un maestro el cual puede tener puntos de fallas sencillas. El data highway de L&N podrá continuar funcionando apropiadamente aunque las estaciones fallen; la falla deberá ser detectada eventualmente cuando una pregunta directa a la estación de falla sea reconocida, o cuando el *token passing* sea roto.

#### A.5.2 Protocolo de comunicaciones.

El dato en el highway es de mitad del ciclo utilizando el

código Manchester, el cual garantiza una transición de 0 a 1 o de 1 a 0 en la mitad de cualquier dato. Inicialmente cada paquete del mensaje enviado, suele ser el modelo pre-mensaje para sincronizar el ciclo del dato, después el ciclo del dato es guardado y sincronizado en cada bit de dato.

Los paquetes de mensaje de inicio/fin son con un único modelo que es 01111110. Si cinco 1's consecutivos son transmitidos en el dato, un 0 es añadido por el controlador. Cada mensaje incluye 16 bits de chequeo CRC.

### A.5.3 Protocolo de comunicación CONITEL.

#### A.5.3.1 Historia de CONITEL.

El principio de CONITEL (CONTROL Indicate TELEmeter) fué a mitad de los 60's y consiste en una línea de alambre duro en una RTU, cuando se empleaban los elementos electrónicos de estado sólido. CONITEL introdujo el concepto de examinación continua, cuando el maestro examina las salidas de una RTU.

Esre revolucionado sistema hizo famoso al código Bose-Chaudhri qu eutiliza 32 bits por bloque de mensaje para la comunicación entre el maestro y las RTU's (además de detectar virtualmente todas las transmisiones erróneas).

La unidad del mensaje básico es transmitido en cualquier dirección, la cuales pueden ser de maestro a remota o remota a maestro y consiste en un bloque de 32 bits dividido en tres secciones como se muestra en la figura A.5.

La sección A y B contienen 12 bits de información cada una y el bit trece es el que indica a donde se dirige. La sección C

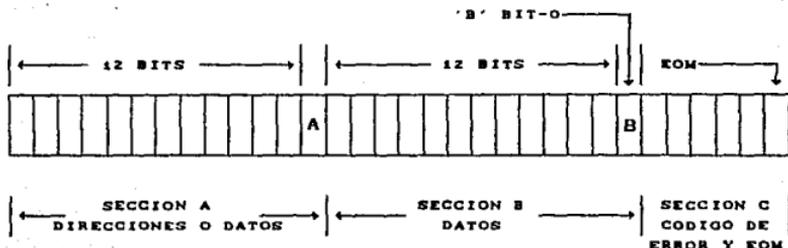
contiene 5 bits Bose-Chaudhuri (B-C) detector de código de error y un bit de mensaje de fin (EOM). Posteriormente el bit EOM no se utiliza en la regeneración del código de error de 5 bits, el bloque del mensaje es referido algunas veces es de 31 bits de largo.

Figura A.5 (Bloque del mensaje de Bose-Chaudhuri).

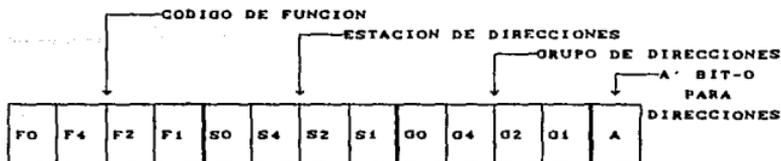
A. BLOQUE DE MENSAJE DE 32 BITS.

EOM-1 PARA EL FIN DEL MENSAJE.

EOM-0 PARA EL FIN DEL MENSAJE.



B. VISTA EXPANDIDA DE SECCION DE DIRECCIONES (SECCION A).



La sección A es la primera en transmitirse del bloque del mensaje en cualquier dirección, siempre que contenga la dirección de la estación. Esto habilita a la estación maestra para

verificar que es correcta la respuesta, además de contener información de todos los bloques que siguen de la primera.

La sección de direcciones que siguen el bloque del mensaje (sección A) es dividido en tres campos de cuatro bits como se muestra en al figura anterior (B). El primer campo es el código que especifica la función para ser ejecutado por la estación maestra y que es direccionado por el segundo campo. El nombre de la función y su código son listados en la tabla 1. El segundo campo contiene el código de la dirección de la estación. El código de la dirección de la estación 0 es utilizada cuando dicho código es deseado, para transmitirse a un comando de un acumulador congelado simultáneamente a todas las estaciones maestras en una línea sencilla. El tercer campo contiene el código de direcciones de grupo, los cuales permiten 16 separaciones de examinación o control de grupos para ser asignados a cada código de estación. Todas las 16 direcciones de grupo pueden ser usadas con cualquiera de las funciones de código. Cada línea de comunicación es capaz de direccionar 240 únicos datos reparados y un número igual de control. Utilizando un módem asíncrono, un mensaje reemplazado puede contener hasta 16 bloque o 32 secciones de información. Una línea conocida podrá reparar 7,680 secciones de información desde una o más estaciones remotas conectadas.

Tabla 1 (Función de códigos de CONITEL).

Función de Bits				Nombre de la función
F8	F4	F2	F1	
0	0	0	0	Examinación.
0	0	0	1	Ejecución.

Función de Bits				Nombre de la función
F8	F4	F2	F1	
0	0	1	0	Trayecto (Checa antes de operar).
0	0	1	1	Punto fijo A.
0	1	0	0	Cerrar (Checa antes de operar).
0	1	0	1	Punto fijo B.
0	1	1	0	Error (sólo C-3000) y S.S. Punto fijo A.
0	1	1	1	S.S. Punto fijo B.
1	0	0	0	Reset.
1	0	0	1	Escape (sólo C-3000).
1	0	1	0	SOE.
1	0	1	1	Retransmite último mensaje (sólo C-3000)
1	1	0	0	*
1	1	0	1	elevación/bajo.
1	1	1	0	Congelar.
1	1	1	1	Congelar w/reset.

El contenido de la sección B depende de las funciones a ser solicitadas. Para examinar las funciones, la sección B no usa transmisión maestro-a-remoto, pero sí contiene los datos examinados en respuesta a la remota-a-maestro.

Para las funciones de control, la sección B contiene la información siguiente:

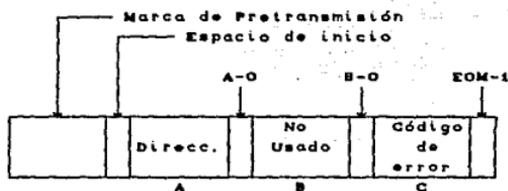
- Puede controlar de uno a doce dispositivos.
- El valor de un punto fijo deseado de un controlador remoto.
- La duración de un pulso y dirección (alto/bajo) de cada uno de los tres generadores de control alto/bajo.

Examina y controla la configuración del mensaje que se muestra en la figura A.6.

Figura A.6 (Examinación y control de la configuración del mensaje).

A. Configuración de examinación del mensaje.

Maestro-a-remoto.

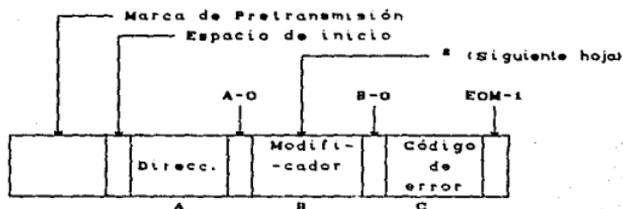


Remoto-a-maestro.



B. Configuración del mensaje de control.

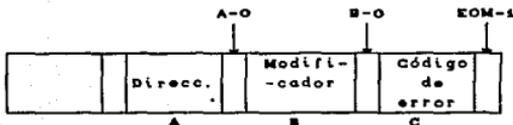
Comando de control desde un Maestro a un Remoto.



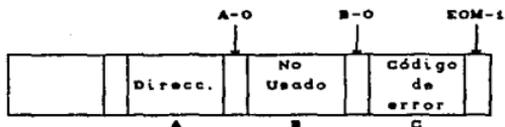
\* Segundo comando para 1 de 12 dispositivos o valores binarios

para 1 punto fijo o comando elevado/bajo de B unidades (solo el comando del mensaje de control para el Maestro utilizado).

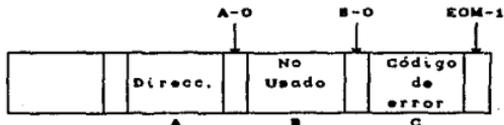
Verificación desde un Remoto a un Maestro (igual que el comando de control).



Ejecución del comando desde un Maestro a un Remoto.



Verificación desde un Remoto a un Maestro (igual que la ejecución del comando).



### APENDICE B

En este apéndice se describirá el formato del frame utilizado en el sistema MAX-1 de L&N.

#### B.1 Formato del frame HDLC.

El formato del frame HDCL consiste de lo siguiente:

- Una o más banderas predefinidas.
- Un byte de la dirección de la estación.
- Un byte de control HDLC.
- Un archivo de información opcional (I) hasta de 250 bytes de longitud.
- Dos bytes CRC.
- Una o más banderas de clausura del frame.

Una bandera es definida en un bit 0, seis bits 1, y uno de bit 0; siete bits 1 en un renglón son un enlace abortado. Cualquier dato entre las banderas guarda la bandera tomada por inserción de un bit cero antes de cinco bits 1 consecutivos, si el proximo bit es también un bit 1. El receptor remueve este bit 0 empaquetado si ve cinco bits 1 seguidos por uno de bit 0. Estos son las dos banderas desde el HCI, pero el HCI puede recibir frames multiple de frames menos significativas entre una transmisión con banderas sencillas entre los frames con valores de bajo baudaje. Sobre los 40 KBytes deberán ser banderas severas entre los frames para dar tiempo al CPU y procesar los frames procedentes, los cuales estarán arriba de los 500  $\mu$ seg. Estos deberán ser banderas entre frames donde B tiene un valor de baudaje en Kbauds y una deba rendodear la respuesta al entero más cercano. Aproximadamente 500 KBytes, son necesarias 3 banderas.

La dirección de la estación del enlace de los frames del host a/desde del HCI siempre selecciona una dirección de un solo byte por los switches de la tarjeta HCI. El HCI deberá responder sólo al frame con esta dirección, en el primer byte y siempre transmitirá la dirección en el primer byte de cualquier frame. Una excepción a esto, es que el HCI deberá responder a los frames que contengan la dirección global FF HEX. La dirección HCI siempre se utilizará para direccionar los frames al host.

La transferencia de datos de los frames contendrá un archivo-I y el frame supervisorio no lo contendrá. Los bytes CRC serán utilizados para verificar que la información fue transferida correctamente en el enlace. Cualquier ruido en el enlace será la causa de recibir un frame con un incorrecto CRC, el cual será ignorado por la estación receptora. El polinomio CRC generado es  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$  para realizar el enlace con la host.

B.1.1 Secuencia del Frame y reconocimiento.

Los formatos de los archivos de control extendido no son implementados en la HCI y éstos rechazarán cualquier intento de inicialización de estos modos. El control de archivos HDLC tiene tres formatos, que son:

	MSB	6	5	4	3	2	1	LSB
Formato-I	N(R)		P/F		N(S)		0	
Formato-S	N(R)		P/F		S	s	0	1
Formato-U	M	M	M	P/F	■	■	1	1

Los frames dan el número de secuencia por el incremento de

N(S) antes de cada frame-I que es enviado, el primer frame enviado antes de un reset tendrá  $N(S)=0$ . También el N(S) es incrementado en módulo 8, solo siete frames deberán entenderse después del último frame reconocido. El N(R) es utilizado para reconocer los frames de otra estación. El N(R) siempre tendrá un valor más que el N(S) del último frame recibido en la secuencia. El bit cabeza/final, P/F, es usado para transferir el control en NRM, y en ARM para la solicitud primaria del frame con el bit P/F como punto secundario.

## APENDICE C

## MODO DE COMUNICACION BASEBAND.

Con la transmisión *Baseband* (banda base), las señales de datos se envían al medio físico de comunicación en forma de pulsos discretos de electricidad o luz. Con este tipo de transmisión un emisor envía pulsos de datos directamente al canal de comunicación eliminando así las funciones del *modem* y el receptor los detecta.

Como los pulsos de datos viajan a lo largo de la línea de comunicación se pueden distorsionar y si este medio de transmisión es muy grande las señales llegan débiles, o si la velocidad de transmisión es muy grande (por el frecuente uso de repetidores) la señal recibida puede ser irreconocible y se interpretaría equivocadamente en el otro extremo.

Para que la recepción se implemente fácilmente se debe acoplar la señal en el transmisor y en el receptor, lo cual puede requerir que la señal no tenga componente de corriente directa y poca energía de baja frecuencia.

Otro requerimiento importante es el tiempo, el cual se deriva de la secuencia de pulsos o al pasar la señal a través de un elemento no lineal. Pero es deseable que la secuencia de pulsos tenga una forma redundante para que las fallas del sistema puedan detectarse.

Una de las ventajas más grandes de *baseband* es que su tecnología es muy sencilla. Además es más flexible en el plan físico y menos costoso, también es más fácil de instalar y mantener.

## MODO DE COMUNICACION BROADBAND.

La transmisión *Broadband* (banda ancha) puede manejar varios datos simultáneamente utilizando para ello la técnica llamada FDM (multiplexaje por división de frecuencia), la cual subdivide el espectro electromagnético en muchas frecuencias diferentes o canales para usarse en una transmisión simultánea. Los adaptadores de redes *broadband*, tienen listo un radio por turnos de transmisión y recepción para que trabajen en un canal específico. Estas tarjetas deben de tener módems de frecuencia de radio para llevar a cabo esta tarea. La tecnología *broadband* es complicada y difícil para inicializar e instalar. La transmisión *broadband* a lo largo de un cable de T.V. esta dividida en canales independientes para el FDM, donde cada canal se asigna a una frecuencia particular (o banda) cubriendo un rango de frecuencias. Cuando el canal tiene algo que enviar cada recurso en el cable transmite una señal de carry en la banda de frecuencia del canal asignado. La información consiste de variaciones o modulaciones para llevar esa señal de carry. Los mecánicos escuchan el tono en una banda de frecuencia y filtran la salida en otra. De esta forma cada receptor puede seleccionar un programa desde un cable que este transmitiendo decenas de programas diferentes en un tiempo.

Una ventaja de las redes *broadband* es que las señales pueden cubrir distancias mucho más grandes sin degradación, además es más resistente a la interfase y al ruido.

## BIBLIOGRAFIA

## Libros:

Titulo: Recommended practice for master/remote communication,  
IEEE automatic and supervisory subcommittee.  
Autor: G.J. Crask, D.J. Gausshell, D.F. Koenig.  
Editorial: IEEE AÑO: Verano 1981.

Titulo: Enterprise management solutions.  
Autor: DIGITAL.  
Editorial: DIGITAL. AÑO: 1990.

Titulo: Advances in local area network.  
Autor: Karl Kummerle, Fouad A. Tobagi, John O. Limb.  
Editorial: IEEE Communications Society AÑO: 1987.

Titulo: Redes de computadoras.  
Autor: William Stallings.  
Editorial: IEEE Computer Society AÑO: 1987.

Titulo: Redes de computadoras.  
Autor: Koji Kobayashi.  
Editorial: Massachusetts Institute of Tec. AÑO: 1986.

Titulo: Redes de cómputo.  
Autor: Leonard Uhr.  
Editorial: A. Wiley-Interscience Publication AÑO: 1987.

## Manuales:

Titulo: Integrated personal computing handbook.  
Autor: DIGITAL.  
Manual: DIGITAL. AÑO: 1990.

Titulo: MAX-1.  
Autor: Leeds & Northrup.  
Manual: Leeds & Northrup. AÑO: 1986.

Titulo: LN700 Proposal.  
Autor: Leeds & Northrup.  
Manual: Leeds & Northrup. AÑO:

Titulo:  
Autor: Honeywell.  
Manual: Honeywell. AÑO:

## Revistas:

Titulo: Movement around MAP continues to accelerate.

Autor: Alan J. Landuzinsky.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Septiembre Num.: 10

Año: 1988.

Titulo: Slow Seems the road to MAP ?.

Autor: Alan J. Landuzinsky.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Septiembre Num.: 10

Año: 1988.

Titulo: Local Area Networks; Is MAP it?.

Autor: Alan J. Landuzinsky.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Septiembre Num.: 10

Año: 1988.

Titulo: Migrating toward MAP.

Autor: M.J. Zak.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Num.:

Año:

Titulo: Yourdon enters MAP/TOP training.

Autor: Yourdon.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Num.:

Año:

Titulo: Working MAP demonstration Scheduled in England.

Autor: Kent, U.K.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Num.:

Año:

Titulo: General Motors McDonald: Proud of MAP.

Autor:

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Septiembre Num.: 10

Año: 1988.

Titulo: Concord, AT&T to jointly develop MAP on Fiber Optics.

Autor: Ann Arbor, M.I.

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Num.:

Año:

Titulo: MAP and the process Industries.

Autor: Margaret A. Merrick, Maureen E. Gordon. Foxboro Company

Revista: Control Engineering

Página:

Vol.: Num.:

Año:

Titulo: The carrier band network and Mini-MAP: Low-Cost solutions.

Autor: Maris Graube, Forest Grove  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: A MAP/TOP specification update.

Autor: R.S. Crowder, Ship Star Associates, Network, D.E.  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: Looking for Mr. Good LAN.

Autor: Alan J. Landuzinsky  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: 37 Num.: 5 Año: Abril 1990.

Titulo: Centralized/Distributed control.

Autor: Edward J. Kompass  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: Implementing distributed control in the 1990's.

Autor: Michael Babb  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: Today's DCS operation enhanced with integrated applications tools.

Autor: H. Willhelm, N. Leffer  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: New computer combines parallel processors with "Inference Engines".

Autor: E.J. Kompass  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: Communication Architectures for fieldbus networks.

Autor: Juan R. Pimentel  
 Revista: Control Engineering Pagina:  
 Vol.: Num.: Año:

Titulo: Serial network satisfies total factory - Floor communications.

Autor: Michael Babb.  
 Revista: Control Engineering Pagina: 96-97.  
 Vol.: 37 Num.: 5 Año: 1990.



- Título: Process control with INFI 90.  
Autor: Gerald L. Stephens.  
Revista: Control Engineering                      Página: 14-17.  
Vol.: 2                      Num.:                      Año: Septiembre 1988.
- Título: Apuntes para una historia de control automático.  
Autor: A. Alonso Cocheiro  
Revista:                      Página:  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Descripción de los sistemas de control digital de procesos.  
Autor: Adolfo Mora Villarte  
Revista: Ingeniería e investigación.                      Página:  
Vol.: 4                      Num.: 1                      Año: 1986.
- Título: El procesamiento de la información en sistemas de control distribuidos.  
Autor: Lic. Enrique Rhode  
Revista: Taylor instrumentos S.A.                      Página: 37-41.  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Una visión conceptual actualizada sobre sistemas de control distribuido.  
Autor: Lic. Enrique Rhode  
Revista: Taylor instrumentos S.A.                      Página: 18-26.  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Cambios de gran magnitud en el control de procesos.  
Autor: Lic. Enrique Rhode.  
Revista: Taylor instrumentos S.A.                      Página: 30-41.  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Un intercambio de información en sistemas de control distribuido.  
Autor: Lic. Enrique Rhode.  
Revista: Taylor instrumentos S.A.                      Página: 42-56.  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Sistemas de control distribuido.  
Autor: Jorge Luis Rosales Padilla.  
Revista: Ingeniería de control SIPE.                      Página: 21-32.  
Vol.:                      Num.:                      Año:
- Título: Instrumentación electrónica  
Autor: Ing. Eusebio Ameneyro Aguilar  
Revista:                      Página:  
Vol.:                      Num.:                      Año:

- Título:** Instrumentación electrónica de procesos industriales  
**Autor:** Ing. Adrian Escobar R., Ing. German Villalobos A.  
**Revista:** Página:  
**Vol.:** Num.: Año:
- Título:** Recommended practice for master/remote communication,  
 IEEE automatic and supervisory subcommittee.  
**Autor:** G.J. Crask, D.J. Gaushell, D.F. Koenig.  
**Revista:** Página:  
**Vol.:** Num.: Año: Verano 1981.
- Título:** A distributed process computer control network.  
**Autor:** Young R.C.  
**Revista:** Joint automatic control conference, part II.  
**Página:** Num.: 13-14. Año: Agosto 1980.
- Título:** Sequence of events recording systems.  
**Autor:**  
**Revista:** IEEE transactions-power apparatus and systems.  
**Página:** 4250 Num.: Año: Septiembre 1981.
- Título:** Course text 81 EHO 188-3 PWR.  
**Autor:** IEEE  
**Revista:** IEEE tutorial course. Página: 1-95.  
**Vol.:** Num.: Año:
- Otros:
- Título:** Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos.  
**Autor:** Ing. Eusebio Ameneiro Aguilar.  
**Nombre:** División de educación continua, F.I. U.N.A.M.  
**Página:** 27-35. Año:
- Título:** Sistemas de control distribuido.  
**Autor:** Ing Eusebio Ameneiro Aguilar.  
**Nombre:** División de educación continua, F.I. U.N.A.M  
**Página:** 1-22. Año: Marzo 1984.
- Título:** Sistemas de adquisición de datos y registro de eventos.  
**Autor:** Ing Adriana Escobar, Germán Villalobos.  
**Nombre:** División de educación continua, F.I. U.N.A.M  
**Página:** 1-23. Año: Diciembre 1989.
- Título:** How to grow a Network.  
**Autor:** IBM.  
**Nombre:** Telecommunications and You.  
**Página:** 34-39. Año: Octubre 1986.

**Título:** The line-up on transport media.

**Autor:** IBM.

**Nombre:** Telecommunications and You.

**Página:** 40-46.

**Año:** Octubre 1986.

**Título:** The line-up on transport media.

**Autor:** IBM.

**Nombre:** Telecommunications and You.

**Página:** 40-46.

**Año:** Octubre 1986.