

## REDES LOCALES

Jaime Solano Soto\*

### RESUMEN

*Debido a la constante baja en los costos de las computadoras, han proliferado los sistemas de computación en muchas partes, en la mayoría de los casos en forma independiente cada uno de ellos. Ello ha provocado la necesidad de comunicar los sistemas entre sí, particularmente por medio de redes locales.*

*En este artículo se enfocan varios aspectos importantes, en especial los conceptos utilizados en este tipo de redes, con el fin de darlos a conocer al público usuario, y así facilitar el proceso que se está dando.*

*Se mencionan las características y tipos de las redes locales, sus topologías, sus conexiones físicas, las tecnologías usadas en la transmisión de datos, los métodos de acceso existentes, y lo más importante, algunos criterios que se deben tomar en cuenta cuando se va a seleccionar una red de este tipo.*

*Esperamos dentro de pocos años, tener redes locales de computadoras en todo el país.*

### INTRODUCCION

La era en que vivimos ha resultado ser la era de la computadora y en consecuencia de la informática y todas sus derivaciones, como es el caso de la Comunicación de Datos. El éxito de la computadora se basa en su capacidad de almacenar y procesar grandes cantidades de datos. Puede agregar, consultar, actualizar y recuperar los datos existentes, de tal manera que proporciona la información reque-

rida. Todo esto lo puede hacer junto al procesador mismo o a miles de kilómetros, a través de líneas telefónicas convencionales, redes especiales, etc.

Otro aspecto significativo en el desarrollo de las computadoras, es el descenso, cada día más, de sus costos. Todo lo anterior ha hecho que hoy sea factible emplear la computación en aplicaciones que hasta hace unos cuantos años habrían sido imprácticas, tanto desde el punto de vista de los costos como de la misma capacidad de la computadora.

Paralelamente ha ocurrido la carrera vertiginosa de la información como el elemento fundamental para el desarrollo de cualquier organización.

La integración total de la computación con las telecomunicaciones es ya indivisible. Igual sucedió con la televisión, el teléfono, etc., la computación y la comunicación de datos han transformado al mundo, y lo seguirán transformando hasta límites que quizás no es posible imaginar.

En la búsqueda por lograr mayor oportunidad de la información, mejorar la exactitud de los datos y finalmente optimizar el uso de las computadoras, es que han nacido las redes, motivo de este artículo.

### CONCEPTO DE RED LOCAL DE COMPUTADORAS (LAN)

Una red local es un sistema que permite que dispositivos independientes se comuniquen entre sí. Se distinguen de las otras redes de datos en que, en las redes locales, la comunicación está restringida a una zona limitada, en la mayoría de los casos a un lugar de trabajo, que puede ser ejemplo: el campus de una universidad, un edificio de oficinas, una fábrica, etc.

\* Ingeniero en Computación. Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Costa Rica

El término Red Local de Computadoras significa una colección interconectada de computadoras independientes, unidas con el objetivo de intercambiar información.

Sus características principales son:

- Interconecta varios cientos de dispositivos que pueden trabajar independientemente
- Está incluida totalmente en una determinada zona geográfica, con expansión de menos de 1km, típicamente dentro de un edificio
- Proporciona a los dispositivos de la red un elevado nivel de interconexión
- Se utiliza para la transmisión de información, normalmente en forma digital, con una alta tasa de datos (de 1 a 10 Mbits/s)
- Cada dispositivo puede comunicarse con cualquier otro dispositivo de la red
- Se facilita el uso eficiente de recursos compartidos
- El medio de transmisión y los dispositivos utilizados para la interfase a la red, son más baratos que en las otras redes
- Los medios de transmisión que más utiliza son los cables coaxiales y los telefónicos de dos hilos
- Es fácil de reconfigurar y mantener y es de bajo costo.

Es imposible resaltar la relación existente entre una red de computadoras y un sistema distribuido. Una red es solamente una serie de computadoras interconectadas por una red de comunicación. En cambio, un sistema distribuido es aquel donde el poder de procesamiento se encuentra repartido entre varias computadoras, que pueden comunicarse a través de un sistema de comunicación (puede ser una red). Este último puede ejecutar aplicaciones que utilicen más de una computadora; el usuario no tiene que estar consciente de que existen varios procesadores, ya que el sistema operativo los hace aparecer como uno solo.

La base sobre la cual se construyen generalmente las redes consiste de una o más computadoras "especiales" que manejan la mayor parte si no todas, las órdenes y funciones de la red. Debido a que estas máquinas especiales existen primeramente para atender los requerimientos de las otras PCs del sistema se conocen como servidores de red.

Dependiendo de cómo los servidores interactúan con el sistema operativo de la PC, se pueden clasificar como servidores de disco o como servidores de archivo. Esta clasificación determina cómo

trabaja la red y el tipo de *software* que corre. Utilizar un servidor de disco es tener una unidad de disco (*disk drive*) adicional enlazada a cada computadora ligada a la red. Con el servidor de archivo, las estaciones accesan la red vía archivos individuales, en lugar de ver la red como un disco adicional.

Dependiendo de su rol en la red y de sus operadores individuales, se pueden clasificar en servidores dedicados (solo como servidor) y servidores no-dedicados (servidor y además como micro).

Los circuitos que forman una red de datos, se pueden clasificar en:

- a) **Punto a punto:** este circuito está permanentemente cableado entre todas las estaciones de la red y solo se permite que una estación transmita a la vez.
- b) **Conmutación (*Circuit Switching*):** en este circuito el controlador de comunicaciones está conectado en forma de estrella a las estaciones. Las comunicaciones se dan entre las estaciones y el controlador, o el controlador establece circuitos entre dos o más estaciones. La comunicación se establece cuando una estación envía una señal al controlador para que conecte el circuito y cuando la estación ha enviado su mensaje, también le envía una señal indicando al controlador que desconecte el circuito.
- c) **Trámite de mensajes (*Message Switching*):** las estaciones de paso tienen la capacidad de recibir mensajes, almacenarlos por un tiempo y transmitirlos a la estación destino, inmediatamente o cuando el circuito y la estación estén disponibles.

Un aspecto importante de las redes es la compatibilidad entre computadoras de diferentes fabricantes, de manera que máquinas diferentes se puedan comunicar. Para ello se utilizan los Protocolos, que son un conjunto de funciones de *software* (a veces definidos en *firmware* o *hardware*), que controlan la transferencia de información en una red de comunicación de datos.

## TOPOLOGIA DE LAS REDES DE AREA LOCAL

Se llama topología de una red a la configuración formada por sus nodos y las interconexiones que los

unen. Se puede definir como la configuración física y lógica de la red, y tiene un impacto significativo sobre el desempeño de ésta, especialmente en lo que se refiere a tiempos de respuesta, seguridad y flexibilidad para cambios.

Al analizar una topología, se deben tomar en cuenta varios factores, como por ejemplo:

- Seguridad en cuanto a fallas
- Tráfico de información que maneja la topología sin degradar el desempeño total de la red
- Costo de los medios de comunicación que pueden usarse con la topología, su facilidad de instalación y mantenimiento
- Flexibilidad y complejidad al variar el número de estaciones de la red.

Según la forma en que lleguen los mensajes a las estaciones, las topologías se pueden dividir en dos clases principales: de difusión y secuencia.

- **De difusión:** en esta configuración, la información se entrega a todas las estaciones conectadas a la red en forma simultánea, sin que intervenga un algoritmo de enrutamiento. Por ejemplo, las configuraciones donde se utiliza un bus como canal de comunicación.
- **Secuencial:** en esta configuración, un mensaje se transmite solo a una estación siguiendo un algoritmo de enrutamiento, sin que las demás estaciones se vean afectadas por ello.

Las topologías más comunes para redes son:

- a) **Estrella:** consiste de un nodo central al cual están conectados todos los dispositivos de la red por medio de un cable bidireccional. El nodo o estación central efectúa funciones de conmutación. La Figura No. 1 muestra este tipo de red.

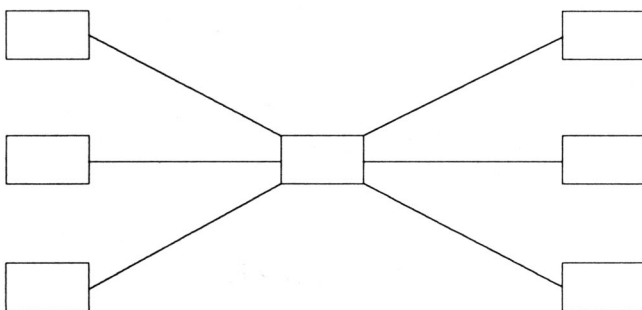


FIGURA No. 1. Red tipo estrella.

- b) **De anillo:** esta topología conecta sus estaciones en una red cerrada, de modo que los mensajes pasan por todas ellas. Estos paquetes de datos o mensajes, circulan alrededor del anillo, generalmente de manera unidireccional y en un tiempo fijo. No existe un nodo que autorice a los restantes, cuándo pueden recibir o enviar mensajes. Los mensajes o bloques de información, una vez situados en el anillo, se van regenerando al pasar por los repetidores y están circulando continuamente hasta que son excluidos o señalizados para pasar a disposición de otros nodos. Específicamente, en cada estación existe un repetidor o módulo de comunicaciones, con dos funciones principales:

- 1) Transmitir todos los bits recibidos y hacerlos circular alrededor del anillo y
- 2) Proporcionar un punto de acceso para que las estaciones puedan transmitir y recibir paquetes de datos.

Cuando el repetidor encuentra una dirección diferente a la suya, simplemente transmite todos los bits de ese paquete al próximo repetidor. La Figura No. 2 muestra una estructura típica de anillo.

- c) **Topología de bus:** consiste de un único medio de comunicación o cable que recorre todas las estaciones de la red. Ver la Figura No. 3. En esta topología los paquetes de datos llegan casi simultáneamente a todas las estaciones de la red.
- ch) **Topología de árbol:** puede verse como una extensión de la topología de estrella, por interconexión de varias de ellas, o como una extensión de la de bus, en la cual se unen varios buses por medio de repetidores activos o mediante separadores pasivos (Figura No. 4).

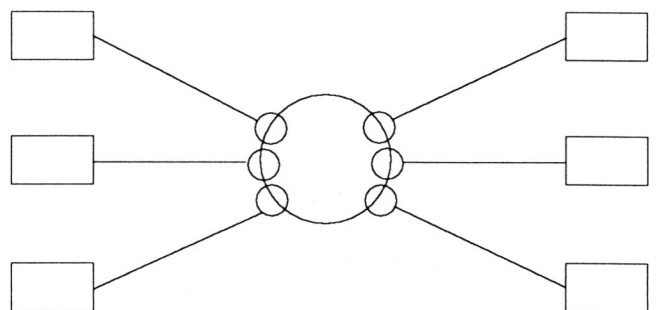


FIGURA No. 2. Red tipo anillo.

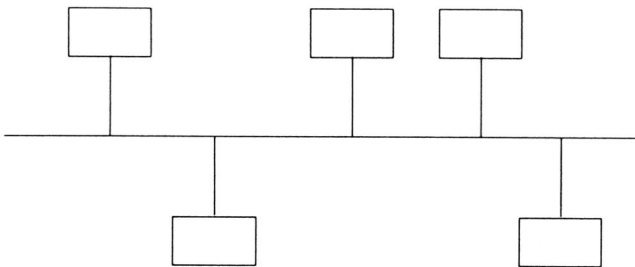


FIGURA No. 3. Red tipo bus.

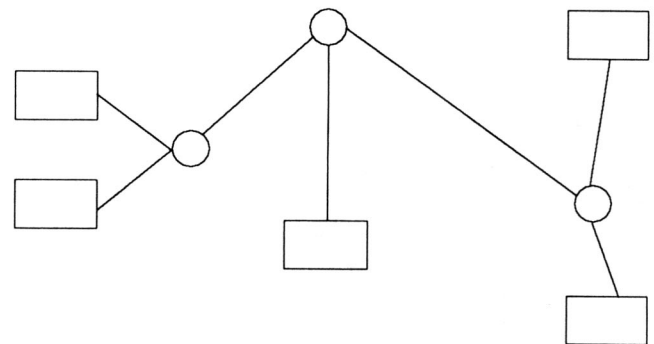


FIGURA No. 4. Red tipo árbol.

## TECNOLOGIA PARA LA TRANSMISION DE DATOS

Se define el ancho de banda (*bandwidth*) de un circuito de transmisión como la diferencia entre las frecuencias superior e inferior que se pueden transmitir en condiciones óptimas por ese circuito. Todos los medios de transmisión tienen un ancho de banda limitado y característico. El medio de transmisión y los dispositivos conectados a él limitan el ancho de banda.

Las velocidades de transmisión de datos se suelen expresar en bits por segundo o en baudios. La velocidad en baudios es el número de condiciones discretas o estados de la señal por segundo. Cada segundo se divide en N intervalos indivisibles de tiempo. En cada uno de estos intervalos se transmite una señal con un significado propio. Una línea de n-baudios es una línea que puede transmitir n señales por segundo.

Cada señal está compuesta de varios hertz (ciclos) y el sistema receptor debe ser capaz de identificar cada señal de las miles o millones que el circuito transporta en un segundo. De esta forma, una línea de teléfonos de 3300 Hz de ancho de banda, puede manejar ordinariamente de 1200 a 2400 baudios (señales). Por lo general, un baudio transporta uno o dos bits. Para que un baudio equivalga a un bit, generalmente una señal de 4 voltios o más se interpreta como un '1', y debajo de 4 voltios como un '0'.

Las señales digitales son binarias y se representan como 'ondas cuadradas'. Estas señales dejan la interfase serial (puerto) como una serie de pulsos de voltaje, que toman solamente dos valores o niveles. Las ondas de dos niveles sufren una considerable distorsión cuando se transmiten a grandes distancias sobre una línea orientada a voz, cosa que no ocurre con las ondas sinusoidales a frecuencias de 1 a 2 kHz. Esta onda por sí sola no

informa nada, pero si se varía su amplitud o su frecuencia, entonces se puede transmitir una serie de '1's o '0's. Debido a ello tenemos señales de Amplitud Modulada, Frecuencia o Fase Modulada.

Para la transmisión de señales se utilizan los *modems*. Estos son dispositivos que aceptan caracteres codificados en forma de señales digitales, un bit por señal y los transmiten en grupos de uno o dos bits en forma de amplitud, frecuencia o fase modulada y viceversa. El modem envía los bits dentro de cada uno de los baudios del circuito.

### Transmisión sincrónica/asincrónica

La transmisión de caracteres sobre un circuito puede ser **asincrónica**, es decir, que el intervalo de tiempo entre dos caracteres no es fijo; varía constantemente. El receptor reconoce el inicio de un carácter por medio de un *start-bit* que viaja al frente de cada carácter, y uno o dos *stop-bit* transmitidos al final de cada carácter.

La transmisión **asincrónica** no usa bits de inicio o fin de carácter, sino que utiliza los mismos intervalos de tiempo de transmisión entre caracteres.

### Modos de transmisión

Existen tres modos de transmisión según el tipo de línea:

- Transmisión simplex:** una línea simplex transmite datos en una sola dirección. Es el caso de las transmisiones de radio y TV., pues para sistemas computacionales no permite la retransmisión.

- b) **Transmisión half-duplex:** una línea half-duplex puede enviar y recibir datos pero no simultáneamente. En un momento actúa como receptor, luego cambia a transmisor, para posteriormente retornar a receptor.
- c) **Transmisión full-duplex:** una línea full-duplex puede enviar y recibir datos simultáneamente. Utiliza líneas separadas de transmisión y recepción o segmenta el canal en dos frecuencias.

## CONEXIONES FISICAS

Los medios para unir físicamente los dispositivos de una red son los conectores y los medios de transmisión, básicamente.

- a) **Conectores:** son los dispositivos que se utilizan para unir una estación al cable
- b) **Medios de transmisión:** el medio de transmisión determina: la velocidad de transmisión, la seguridad de los datos en cuanto a que sean afectados por interferencias electromagnéticas, fallas en el medio, robos, distancia máxima entre estaciones y la facilidad para la expansión de la red.

Los tres medios de transmisión más convenientes para las comunicaciones locales, desde el punto de vista de costo y disponibilidad son:

- **Cable de par trenzado:** se compone de dos líneas compuestas por uno o más hilos conductores, entrecruzados en espiral, dentro de una cubierta o envoltura. Se conoce también como cable telefónico. Es extremadamente susceptible a la interferencia eléctrica. Para incrementar la distancia sobre la que pueden viajar los datos, se usan amplificadores, si la transmisión es analógica, o repetidores si la transmisión es digital, los cuales regeneran la señal recibida.
- **Cable coaxial:** se compone también de dos conductores, pero uno está en el centro, mientras que el otro forma una pantalla alrededor del primero. El conductor central es el que transporta la señal y está rodeado por un aislador dieléctrico, y a su vez, están rodeados por una cubierta de metal. Debido a que todas las capas son

concéntricas, es que se le llama coaxial.

Es en gran medida inmune al ruido, puede trabajar con velocidades de transmisión de hasta 50 Mbits/s y distancias mayores que el par trenzado. En ambos casos la transmisión se hace por medio de ondas electromagnéticas, de manera que lo que viaja por los cables es un flujo de electrones (electricidad).

- **Fibras ópticas:** la transmisión por fibras ópticas se hace por medio de ondas de luz a diferentes frecuencias (LASER). Debido a ello requiere de dispositivos especiales para convertir las señales eléctricas a señales lumínicas y viceversa. Tienen varias características favorables con respecto a los dos medios anteriores:

- Menor peso
- Mayor velocidad de transmisión
- Menor costo de fabricación, pues son fibras de plástico, silicio o vidrio
- Necesidades de menos repetidores
- Menos resistencia o interferencia.

Actualmente, tienen la desventaja de que en aplicaciones locales, su costo es todavía alto y que las conexiones son difíciles de realizar.

## METODOS DE ACCESO

Es de los aspectos más importantes que se deben considerar en el diseño de las redes locales. Normalmente, se puede controlar el acceso desde los recursos programáticos del sistema. Otras veces, el procedimiento de acceso está incluido en el sistema en la forma de soporte lógico inalterable (*firmware*). Para el usuario, el método de acceso es más importante que el medio de transmisión o la topología de la red.

Normalmente, la responsabilidad de asignar la capacidad de la red se distribuye entre todos los puntos de acceso (estaciones) de la red.

Resulta práctico explicar los métodos de acceso a las redes locales, separando la descripción de los de topología de anillo y los de canal de distribución por radiodifusión.

- a) **Sistemas de anillo:** estas configuraciones son potencialmente más fáciles de controlar que las

de canal de distribución de radiodifusión, porque en ellas la información pasa secuencialmente y siempre en la misma dirección. El flujo de información y las señales de control circulan en el anillo de un punto de acceso al siguiente. Cuando cada estación recibe el paquete de datos, puede leerlo, eliminarlo, retransmitirlo, modificarlo o añadir un paquete propio. Las técnicas utilizadas para acceder al anillo garantizan que el tiempo de transmisión se divide equivalentemente entre todos los usuarios de la red.

- b) **Sistema de canal de distribución de radiodifusión:** en este sistema, los mensajes enviados o los paquetes que contienen partes de un mensaje, son escuchados casi simultáneamente en todo el ámbito del sistema. Cuando termina la transmisión, la señal se extingue rápidamente. Todos los usuarios pueden escuchar toda la información transmitida, independientemente de que vaya dirigida a ellos, a otros usuarios o a todos los usuarios en general. Por lo tanto hay que establecer un sistema de compartición del canal, para que un determinado número de dispositivos pueda utilizar el canal como medio de intercomunicación. Cuando dos o más dispositivos tratan de transmitir simultáneamente, en la red se crea una situación de rivalidad o competencia (*contention*). La información contenida en cada paquete que colisiona, queda deteriorada o corrupta. Cuando se detecte o se reciba la información de que un paquete se ha perdido o ha deteriorado, los dispositivos involucrados tienen que programar la retransmisión del paquete, evitando que vuelva a producirse la colisión original. Este sistema también requiere un sistema de direccionamiento que permita a cada dispositivo identificar la información que va dirigida a él.

## PROTOSCOLOS

Los protocolos son el conjunto formal de reglas que gobiernan el formato, la sincronización, la secuencia, y el control de errores en el intercambio de mensajes en una red de computadoras.

Las funciones del protocolo se realizan con el intercambio de mensajes entre los procesos

remotos. El formato y el significado de esos mensajes forman la definición del protocolo o sintaxis.

Las principales funciones de los protocolos son:

- Definición de la interfase física entre un elemento de la red y ésta
- Control del medio de transmisión
- Control de errores
- Sincronización entre transmisor y receptor
- Establecimiento de la compatibilidad entre los elementos de la red
- Establecimiento de la sesión como half o full duplex
- Establecimiento del envío y recepción de frecuencias de modem
- Transporte del bloque hacia el elemento receptor
- Estrategia de enrutamiento de bloques
- Reporte de la recepción exitosa y defectuosa de bloques
- Corrección de bloques defectuosos o retransmisión
- Control del congestionamiento del tráfico.

Actualmente el problema más importante en el campo de la comunicación de datos, es la compatibilidad y la estandarización de los protocolos. A través de *gateways* se pueden comunicar protocolos incompatibles.

Algunos modelos de protocolos son:

- El modelo OSI (Open Systems Interconnect) de la ISO
- El modelo SNA (Systems Network Architecture) de IBM
- El modelo ARPANET del Depto. de Defensa de los Estados Unidos
- El modelo X.25 del CCITT
- El modelo 802 de la IEEE.

## TIPOS DE REDES DE AREA LOCAL

Las redes de área local se dividen en tres tipos. El primer tipo está basado en la tecnología del PBX, el segundo en la banda ancha y el tercero en la banda base. La diferencia entre estos tipos se basa en los medios necesarios para establecer la comunicación, así como su manejo.

### a) LAN tipo PBX (*Private Branch Exchange*)

Emplea un esquema de alambrado común para transmitir señales de voz o datos. Utiliza el cable de par trenzado y equipo estándar de una instalación telefónica, lo cual la hace bastante flexible tanto en la creación de nuevas aplicaciones como al aumentar el número de dispositivos conectados a la red. Su velocidad de transmisión es muy limitada comparada con los otros tipos de redes.

### b) LAN tipo banda ancha (*Broadband*)

En este tipo de red, múltiples canales son frecuentemente divididos sobre una amplia radiofrecuencia, con un ancho de banda de cerca de 400 MHz. Surge debido a la necesidad de transmitir datos a alta velocidad, gráficos y comunicaciones de voces en forma simultánea. La tecnología que emplea es conocida con las iniciales CATV (*Community Antena Television*), y brinda un buen desempeño a bajo costo.

En general, los sistemas de banda ancha necesitan de dos canales para manejar el tráfico, a los cuales se les llama el canal interno (*inbound*), que es el encargado de transmitir señales, y el canal externo (*outbound*), que tiene la tarea de recibirlas. Además, necesita modems para convertir la señal digital a analógica y viceversa.

Específicamente, las líneas de CATV pueden estar divididas entre 39 a 58 canales de 6 MHz cada uno. Sus principales inconvenientes son el costo inicial del cableado y el hecho de que requiere un diseño muy detallado.

Cada estación contiene un modem de radiofrecuencia para modular los datos a un canal asignado (una banda de frecuencia) en el medio. Su ventaja sobre *baseband* es que sobre un mismo medio de transmisión se pueden concebir varias redes *baseband* simultáneamente. A causa de los amplificadores, la transmisión es de una vía.

### c) LAN tipo banda base (*Baseband*)

En este tipo de red una señal simple acarrea el tráfico de todas las estaciones atadas. Es menos costosa que las anteriores, soporta múltiples métodos de acceso, solamente opera con dispositivos de baja velocidad, no transmite videos, está limitado por la distancia máxima del cable y

tiene menor flexibilidad que la banda ancha. Emplea un solo canal de transmisión. Utiliza diferentes medios físicos para transmitir los datos como el par trenzado, cable coaxial o fibra óptica. El tipo de topología puede ser de estrella, anillo o bus.

La señal que transmite no es modulada, la frecuencia no se divide y no utiliza modems, sino que solo usa un transmisor/receptor encargado de transmitir paquetes de datos que contienen las direcciones destino y origen, y los datos.

Cada estación contiene un *transceiver*, el cual es un simple dispositivo que transmite o recibe los pulsos, ya sea de la computadora o del cable.

## SOFTWARE PARA LAN

El *software* es el que determina, en última instancia, el funcionamiento correcto y eficiente de una red. Se puede dividir en dos tipos: *software* de comunicaciones (los sistemas operativos y los utilitarios) y *software* de aplicaciones.

### a) *Software de comunicaciones*

**Sistemas operativos para LAN:** en una LAN de microcomputadoras, cada una trabaja con su propio sistema operativo local, por ejemplo DOS, y además se le agrega el *software* apropiado como sistema operativo de la red. Este último funciona como un nivel adicional sobre un sistema operativo monousuario, para permitir que la microcomputadora interactúe en un ambiente multiusuario.

Existen varios sistemas operativos para LAN derivados del MS-DOS (monousuario) y otros derivados del UNIX, con capacidades desde sus inicios, de multiusuarios y multitareas. Estos últimos dan mayor productividad.

**Utilitarios (*software de red*):** es la interfase para operar una LAN con su sistema operativo y los programas de aplicación de los usuarios. Generalmente consiste de cuatro partes:

- Soporte para comunicaciones, como por ejemplo los protocolos necesarios para llevar a cabo las comunicaciones
- Soporte para entrada/salida y para manejar archivos

- Soporte para administración, como por ejemplo, conectar y desconectar dispositivos compartidos, etc.
- Soporte para programas de aplicación, de manera que se puedan ejecutar en la red.

#### b) **Software de aplicaciones**

Incluye todos aquellos paquetes o programas diseñados para una aplicación específica, por ejemplo, procesadores de texto, hojas electrónicas, etc.

Además de los paquetes, se encuentran las aplicaciones creadas por los usuarios en los diferentes lenguajes de programación. Estos lenguajes pueden ser para ambientes de un solo usuario o para ambientes multiusuarios.

### CRITERIOS PARA SELECCIONAR LAN

Cada aplicación específica tiene sus propios requerimientos de *hardware* y *software*, y en cada caso, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos con el fin de seleccionar el producto de red local más adecuado.

- a) **Soporte técnico:** es de suma importancia considerar el soporte técnico brindado por proveedores en tres momentos: en la instalación, en el mantenimiento preventivo y correctivo del *software* y *hardware* de la red, y en la expansión de sus capacidades.
- b) **Costos de:**
- Análisis, diseño y negociación de la red
  - Instalación y mantenimiento
  - El equipo completo, con cables, tomacorrientes, etc.
  - El *software*
  - Nuevos elementos a causa de incompatibilidades
  - El crecimiento esperado o del *upgrade*
  - Entrenamiento y capacitación, incluyendo el costo de manuales
  - Administración de la red.
- c) **Características del tráfico de información de la red:** se debe tener en cuenta la velocidad y el ancho de banda del medio de transmisión en relación con el volumen de tráfico actual y su crecimiento.

- ch) **Confiabilidad de la red:** la red no debe ser vulnerable a fallas en las estaciones y deben tenerse algunos repuestos disponibles como conectores, cables, etc., además del personal capacitado en caso de falla. El costo del tiempo perdido por fallas en la red se incrementa si la productividad de los usuarios depende de su servicio.
- d) **Comunicaciones entre redes:** debe considerarse la posibilidad de conectar la red con otras redes. Podrían requerirse para ello *gateways* adicionales.
- e) **Compatibilidad con el equipo existente.**
- f) **Seguridad:** para cuando la seguridad o privacidad de la información de la red, son elementos importantes.
- g) **Número de nodos soportados sin degradación de la red.**
- h) **Distancia máxima entre nodos y diámetro de la red:** es importante comprobar mediante demostración, la distancia máxima entre nodos del producto que se ofrece, su capacidad para ampliarla y su efecto en la velocidad de transmisión.

### LITERATURA CONSULTADA

- Bux, W. *Performance issues in local-area networks*. IBM Systems Journal, vol. 23, no. 4, 1984.
- Hernández Cañas, Edgar y otros. **Sistemas administradores de bases de datos distribuidas, redes de área local de microcomputadores y su aplicación en el contexto nacional**. San José. Tesis de graduación para optar por el grado de Licenciado en Computación e Informática. U.C.R., 1988.
- Gee, K.C.E. **Introducción a las redes locales de informática aplicada**. Madrid: Editorial Díaz de Santos, 1983.
- Peart, Carlos E. **Sistemas de comunicación de datos**. México: Editorial Limusa, 1982.