

**Estructura y Diseño de Redes**

Sr. Moumoulidis, OTE



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS  
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**





## ESTRUCTURA Y DISEÑO DE REDES

### CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. ESTRUCTURA DE LA RED
  - 2.1 Red local
  - 2.2 Redes de mediana y larga distancia
  - 2.3 Red internacional
- 3.3. ESTRUCTURA Y DISEÑO DE LA RED LOCAL
  - 3.1 Generalidades
  - 3.2 Redes de línea de abonado
  - 3.3 Red de interconexión y troncal
  - 3.4 Diseño de redes locales
4. RED DE LARGA DISTANCIA
  - 4.1 Nomenclatura
  - 4.2 Sistemas de transmisión troncal
5. REDES JERARQUICAS Y NO JERARQUICAS
  - 5.1 Redes Jerárquicas
    - 5.1.1 Tipos de rutas
      - 5.1.1.1 Rutas directas
      - 5.1.1.2 Rutas tándem
      - 5.1.1.3 Encaminamiento alternativo
    - 5.1.2 Plan de encaminamiento jerárquico
  - 5.2 Red no jerárquica
    - 5.2.1 Introducción
    - 5.2.2 Principios de una red de encaminamiento no jerárquico

### REFERENCIAS



## 1. INTRODUCCION

La planificación llega a ser más eficiente si tenemos un conocimiento completo de la estructura de la red que estamos estudiando. Esto permite que los planificadores:

- recojan información confiable para la red involucrada;
- bosquejen escenarios prácticos;
- determinen los sistemas de transmisión y conmutación que se emplearán;
- juzguen la viabilidad de los resultados logrados de la red investigada.

El propósito de este texto es dar una breve descripción de los tres principales tipos de redes:

- Redes de áreas metropolitanas.
- Redes de áreas rurales.
- Redes nacionales (larga distancia) e internacionales.

Se proveerá una explicación de la estructura de las redes locales (de abonados y de interconexión), ya que esto representa una proporción sustancial del costo de inversión. El texto concluirá con una descripción general de las llamadas redes jerárquicas y de las no jerárquicas. Especialmente lo último es consecuencia del advenimiento de la tecnología CPA (Control por programa almacenado; Stored program control, SPC) y particularmente de la tecnología digital en conmutación. Los sistemas de conmutación digital CPA permiten redes no jerárquicas; es decir, el encaminamiento del tráfico no es necesariamente llevado a cabo por centros específicos predeterminados. Esta nueva posibilidad aumenta la eficiencia de los sistemas de conmutación digital y provee economía, en comparación con la red jerárquica convencional.

## 2. ESTRUCTURA DE LA RED

### 2.1 Redes locales

Las redes locales se dividen en tres subtipos, de acuerdo al tamaño del área y a la dimensión del desarrollo urbano.

#### a) Redes rurales

La principal característica de este tipo de red es la amplia dispersión de los abonados alrededor de un pueblo pequeño o de tamaño mediano. Hay limitadas alternativas para la ubicación de las centrales. Las líneas de abonados son mucho más largas que aquéllas de las áreas urbanas y metropolitanas y, por tanto, se requiere equipo especial de transmisión para proveer el servicio telefónico. Dicho equipo es:

- Multiplexores EDM y MDT (Multiplexación por división en el tiempo; Time división multiplexing, TDM)
- Concentradores de línea (tipo convencional o electrónico)
- Líneas de hilo abierto
- Radioenlaces de relevo

#### b) Redes urbanas

Estas redes se caracterizan por el hecho de que se necesitan varias centrales locales principales a las cuales los abonados se conectan directamente. Es necesario hacer estudios de planificación para encontrar las ubicaciones óptimas, el área y la capacidad de las centrales locales.

#### c) Redes metropolitanas grandes

Estas redes se caracterizan por la alta concentración de abonados en el área de la red. Se requiere una gran cantidad de centrales locales para conectar al abonado. Son necesarios estudios de planificación para optimizar la red.

### 2.2 Redes de mediana y larga distancia

Las redes de mediana y larga distancia conectan diferentes áreas locales. Este tipo de red generalmente es jerárquica con uno, dos o tres niveles, dependiendo del número de estas áreas y del tráfico total transportado en la red.

### 2.3 Red internacional

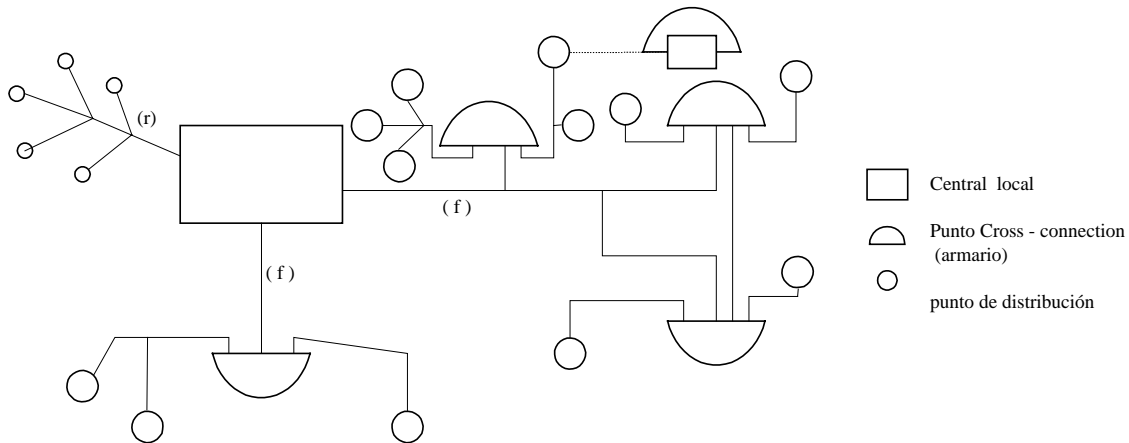
Esta red comprende centros de tráfico internacional y enlaces de transmisión a otros países.

## 3. ESTRUCTURA Y DISEÑO DE LA RED LOCAL



### 3.2 Redes de línea de abonado

Esta red conecta al abonado a las centrales locales. En la Figura 2 se muestra una red de línea de abonado simplificada.



**Figura 2 Red de línea de abonado**

La red que se muestra en la figura de arriba consiste de:

- Bastidor Principal de Distribución. (Main distribution frame, MDF)

El bastidor de distribución en una central telefónica es la central en la cual terminan los cables pares locales y los pares múltiples de la central. Está organizado de tal manera que cualquier cable par pueda interconectarse a cualquier número múltiple de central.

- Punto de interconexión (cross-connection point, CCP)

Este es el equipo que permite, por medio del uso de cables conectores, o su equivalente, conectar un par entrante a cualquier par saliente.

- Punto de distribución (PD)

El último punto en la red de cable del área de la central desde el cual se distribuyen pares a los abonados individuales.

- Cable principal

Cable, generalmente de muchos pares, que conecta la central a un punto de interconexión

- Cable de distribución

Cable que sirve un punto de distribución o cable entre dos puntos de interconexión.

- Cable de enlace

Cable que contiene pares de enlace para dar flexibilidad y alivio entre dos puntos de interconexión.

- Línea de servicio de abonado

La parte de la línea del abonado entre el punto de distribución y el aparato telefónico, sin importar el material o método utilizado.

Podemos distinguir dos clases de redes locales:

- Redes rígidas

En una red rígida todos los conductores son prolongados eléctricamente de una sección de cable a otra por uniones; es decir, los conductores están unidos firmemente entre sí y, de ese modo, todos los pares son tomados desde la trama de distribución principal hasta el punto de distribución ( la parte de la red identificada por (r) en la figura 2).

- Redes Flexibles

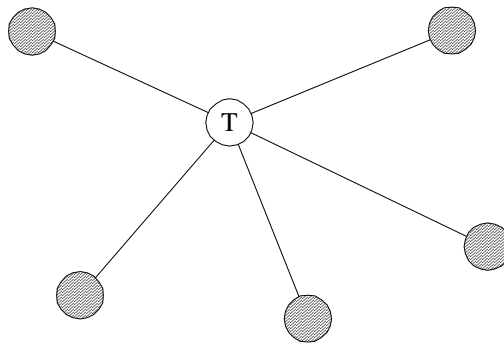
En las redes flexibles, la red de línea de abonado se divide en secciones separadas (secciones de cable principal y de cable de distribución) por el punto de interconexión donde las conexiones pueden o no hacerse sistemáticamente por adelantado.

### 3.3 Red de interconexión y troncal

Como se definió en el párrafo anterior, las redes de interconexión (junctions) y troncal (trunks) son necesarias para servir el tráfico entre centrales locales y entre éstas y las centrales primarias. Para la red de interconexión podemos hacer las siguientes distinciones:

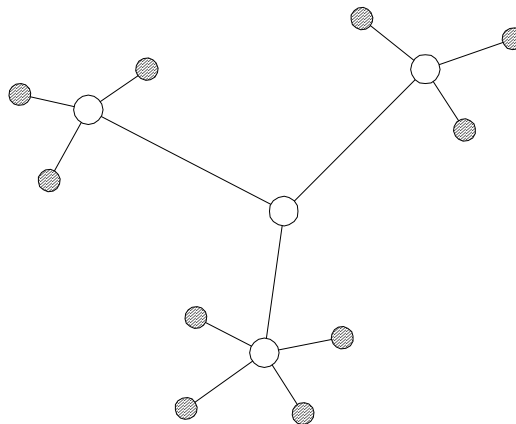
- Red en estrella

Se dice que un número de centrales forman una red estrella pura cuando la única conexión posible entre ellas es a través de una sola central tándem o de tránsito a la cual todas las demás están conectadas (ver Figura 3).



**Figura 3 : Red de estrella**

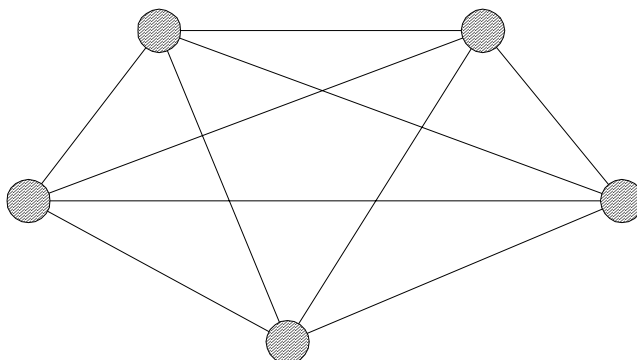
Una red en doble estrella consiste en un grupo de centrales conectadas en estrella, en la cual las centrales tándem están conectadas en estrella a un centro mayor (super tándem) (ver Figura 4)



**Figura 4 : Red de doble estrella**

- Red en malla

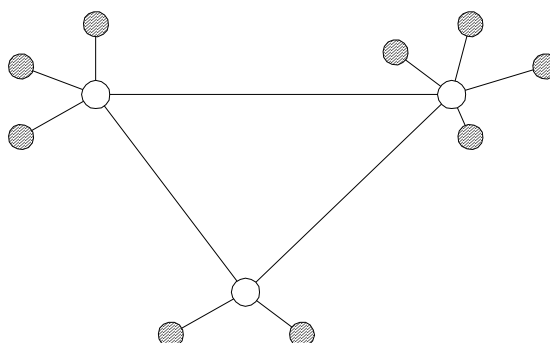
Lo opuesto a una red en estrella es una completa red en malla en la cual cada central está conectada a todas las demás y la única conexión entre centrales es una conexión directa. La figura 5 muestra una red malla completa.



**Figura 5 : Red en malla completa**

- Red en estrella y en malla

Las redes de interconexión y troncal están sujetas a optimización, lo que lleva a una combinación entre las dos formas (la forma de estrella y la forma de malla), y tienen características de ambas. Por ejemplo, un grupo de centrales principales puede conectarse en malla, pero cada una como punto de conmutación que da acceso a centrales menores en formación de estrella a su alrededor (ver Figura 6)



**Figura 6 Compromiso de redes de estrella y de malla**

### 3.4 Diseño de redes locales

El diseño de redes locales incluye:

- la ubicación de nuevas centrales
- la ubicación de unidades de abonados remotos (UAR; Remote subscriber units, RSU)
- tamaño de redes de abonados
- cantidad de circuitos de interconexión entre centrales locales y tipos de rutas
- determinación de centros tándem

Para la investigación de redes locales, es necesario saber no solamente el número de líneas que se esperan en una localidad o distrito, sino también su distribución en el área, si fuese posible, hasta el punto de dar una proyección por separado de cada bloque del edificio. A partir de estos datos se determinan las ubicaciones de las centrales, las ubicaciones de las UAR y el número de líneas operativas en cada ubicación, en las fechas planeadas. Cálculos de tráfico y distribución intervienen en determinar la ubicación de las centrales, en la forma de estimados de requerimientos de interconexión. Sin embargo, el costo de la red de interconexión no es un factor significativo en la colocación de las centrales.

De los resultados de la ubicación de las centrales, se hace un estimado preciso de la matriz de tráfico. A partir de esta matriz de tráfico, se determinan el tamaño de la red de interconexión y los tipos de rutas, así como el número y la ubicación de los centros tándem. En cuanto a períodos de planeamiento, un plan fundamental de 20 años suena razonable. Los planes intermedios deberían elaborarse para períodos de 10 y 5 años. Los planes intermedios forman un paso económico entre la red existente y la red futura deseada. En general, esto simplifica muchos problemas porque una cantidad de alternativas se pueden descartar al primer examen, aunque algunas veces surgen nuevos problemas por las incompatibilidades entre los equipos actuales y los equipos que se proponen para el futuro.

#### 4. REDES DE LARGA DISTANCIA

Los valores altos de tráfico y bajo costo de circuitos favorecen conexiones en malla entre centrales. Esta es la regla en redes locales donde hay áreas con grandes centrales y con cortas distancias entre ellas. A diferencia de la red de larga distancia, los valores de tráfico son más bien pequeños y el costo del circuito es muy alto. Como un resultado de este argumento, la red interurbana es más del tipo red en estrella que del tipo en malla.

##### 4.1 Nomenclatura

Hay mucha confusión en los términos que se aplican a sistemas de larga distancia. El término “larga distancia” se usa en vez del término americano “toll” y del término inglés “trunk”. El término “interconexión” (junction) se usa para una conexión de corta distancia entre centrales.

- Centros primarios

Centros a los cuales están conectadas centrales locales y vía los cuales se establecen conexiones de larga distancia.

- Centros secundarios

Centros a los cuales se conectan centros primarios, de modo que puedan establecerse las conexiones de larga distancia.

- Centros terciarios

- Centros cuaternarios

- Centros quinaros

Estos centros pueden ser definidos en forma análoga a los centros secundarios

- Circuitos troncales

Estos son circuitos que interconectan los centros primarios, secundarios, terciarios, etc.

##### 4.2 Sistemas de transmisión troncal

La mayoría de los sistemas de transmisión troncal se ubican dentro de uno de estos dos tipos:

- Sistemas múltiplex por división de frecuencia, usando medios de transmisión: radioenlaces de relevo y cables coaxiales y algunas veces cables simétricos.
- Múltiplex por división en el tiempo, especialmente modulación por impulsos codificados, usando los medios de transmisión:

Radioenlaces de relevo

Cables coaxiales

Cables de fibra óptica

## 5. REDES JERARQUICAS Y NO JERARQUICAS

### 5.1 Redes jerárquicas

#### 5.1.1 Tipos de encaminamiento

##### 5.1.1.1 Encaminamiento directo

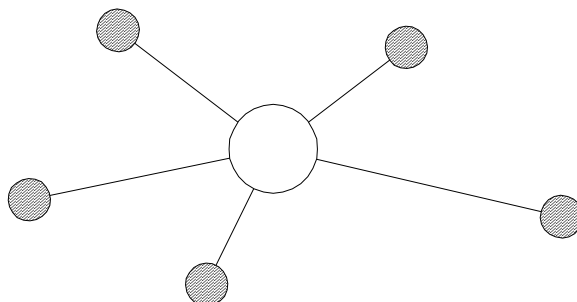
La ruta directa es una ruta de baja pérdida que lleva todo el tráfico de una central a otra. Esta es la ruta más común y sencilla. La Figura 7 muestra una ruta directa.



**Figura 7 Ruta directa**

##### 5.1.1.2 Encaminamiento tándem

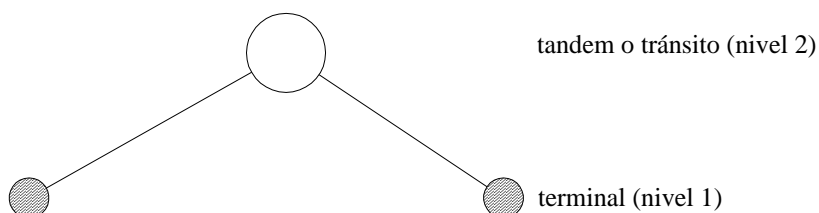
Al aumentar en una red (red metropolitana o de larga distancia) el número de centros de conmutación separados, el número de diferentes rutas troncales aumenta entre ellas. Por encima de alrededor de diez centros, el número de rutas troncales se hace muy grande y las rutas tienden a contener muy pocos circuitos como para hacer la red económica. Este argumento lleva al concepto de concentrar el tráfico hacia ciertas rutas, conectando los centros de conmutación a un centro específico, cuyo papel es encaminar el tráfico total. Se entiende que el papel de este centro conmutador, desde el punto de vista del manejo del tráfico, es diferente a los demás. La Figura 8 muestra la configuración de tal red. A este tipo de red se le llama “red en estrella”.



**Figura 8**

Esta consideración introduce el concepto de red jerárquica, o sea que los sistemas de conmutación son clasificados en niveles jerárquicos; aquéllos que pueden encaminar tráfico a varios destinos y aquéllos que no pueden hacerlo. Los primeros sistemas son centros de tránsito (tándem) y los últimos son terminales. Las rutas a través de sistemas de conmutación de tránsito son llamadas “rutas tándem”.

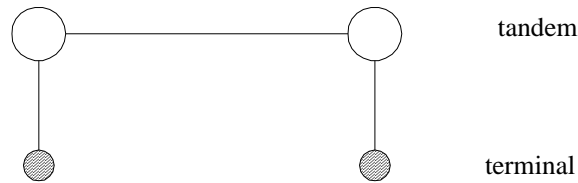
En la Figura 9 se ilustra en forma esquemática una ruta tándem.



**Figura 9 Ruta tándem**

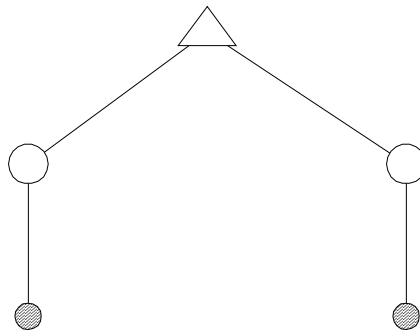
Cuando el número de centrales es grande, es económico adoptar varias tándem, cada una sirviendo un grupo específico de centros terminales.

El tráfico entre los centros tándem puede ser servido por rutas directas. La red resultante es una doble red en estrella y se muestra en la Figura 6. Las rutas se muestran esquemáticamente en la Figura 10.



**Figura 10 Ruta tándem con dos sistemas de conmutación de tránsito**

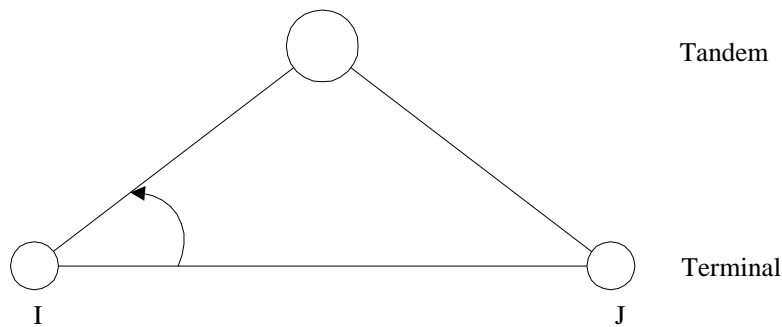
Vale la pena señalar que en la ruta anterior los centros tándem son del mismo nivel jerárquico. Así que esta red se caracteriza por centros de conmutación de dos niveles. Cuando el número de centros tándem llega a ser alto, la adopción de un tercer nivel tándem hace a la red económica. Aquí hablamos de jerarquía con tres niveles de centros. En la Figura 11 se muestra una ruta tándem con tres niveles tándem.



**Figura 11 Una ruta tándem con tres niveles tándem**

#### 5.1.1.3 Encaminamiento alternativo

En la mayoría de los casos, es más económico establecer una ruta directa entre dos centros para la mayor parte del tráfico. El resto (generalmente no más del 30%) del tráfico puede ser encaminado vía centro tándem cuando todos los circuitos están ocupados. A este tipo de encaminamiento se le llama “encaminamiento alternativo” y puede ser establecido solamente cuando los sistemas de conmutación pueden proveer facilidad de encaminamiento alternativo. Vale la pena destacar que el encaminamiento alternativo está sujeto a optimización; por tanto, es el encaminamiento el que juega un papel significativo en el planeamiento de redes. El tamaño de la ruta directa, que en este caso se llama ruta de “Alto Uso”, es determinado únicamente por factores económicos. Para mayor información vea [4]. En la Figura 12 se muestra la ruta en forma esquemática.

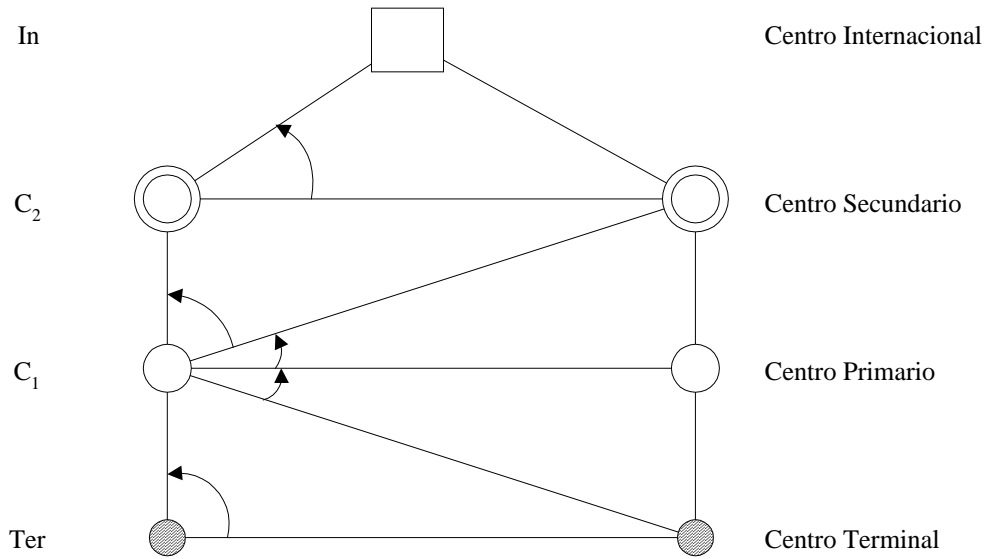


**Figura 12 Encaminamiento alternativo**

La flecha significa encaminamiento alternativo entre las centrales I y J y señala hacia la ruta en la cual el tráfico se desborda.

#### 5.1.2 Plan de encaminamiento jerárquico

En cuanto al encaminamiento del tráfico para un par de centrales en particular, es necesario proveer todas las clases de rutas posibles. Cuando el número de centros de conmutación se hace grande, no es práctico elaborar un plan que describa las rutas para cada par en particular. Para hacer frente a todas las dificultades, es más fácil elaborar un plan que determine las rutas de acuerdo al nivel jerárquico de los centros. En la figura 13 hay un plan de encaminamiento jerárquico.



**Figura 13 Plan de encaminamiento jerárquico.**

El ejemplo anterior concierne a una red de “larga distancia” con una jerarquía de 4 niveles.

## 5.2 Red no jerárquica

### 5.2.1 Introducción

Para este tipo de red se encuentran muchos términos. Los términos “encaminamiento inteligente” o “encaminamiento avanzado de tráfico” también se usan.

El encaminamiento de tráfico jerárquico fijo que actualmente se usa en redes troncales, ha estado en operación por algunas décadas. Su diseño fue dictado por la tecnología de ese tiempo y se caracteriza por conmutación analógica de barras cruzadas con control común lógico alambrado. Aunque en general el encaminamiento jerárquico fijo provee servicio bastante satisfactorio, la eficiencia de tráfico puede mejorar. Ya que especialmente las redes de larga distancia son muy caras, aun una pequeña mejora en su eficiencia resultará en considerables ahorros para las administraciones telefónicas.

Las siguientes razones principales proveen las bajas eficiencias de rutas jerárquicas fijas:

- En el caso en que todas las troncales directas al destino deseado estuviesen ocupadas, el desbordamiento de tráfico se lleva a cabo por un número limitado de troncales tándem dedicadas; no se pueden usar troncales libres en otras partes de la red.
- Una llamada desbordada se coloca en la central tándem sin saber si es posible o no una conexión subsiguiente.
- Las rutas troncales pequeñas son ineficientes

La llegada del control por programa almacenado (CPA) en la conmutación y de la tecnología digital en la conmutación y en la transmisión, han creado condiciones apropiadas para la introducción de un encaminamiento de tráfico más inteligente y sistema de gestión de red en redes troncales, que en el caso de los actualmente usados en las redes jerárquicas. La inteligencia del CPA puede ser usada para encaminar tráfico, en base al conocimiento del estado actual en las troncales y en los nodos CPA.

El éxito de una conexión en una red no sólo depende del acceso a un trayecto troncal libre. El éxito también depende, en gran medida, de la disponibilidad de los sistemas de conmutación en diferentes nodos usados para establecer la conexión. Especialmente durante períodos de tráfico pico, esta situación podría provocar un severo

bloqueo de la red si no fuese controlada. En un encaminamiento de tráfico inteligente, la selección del trayecto se basa en dos condiciones:

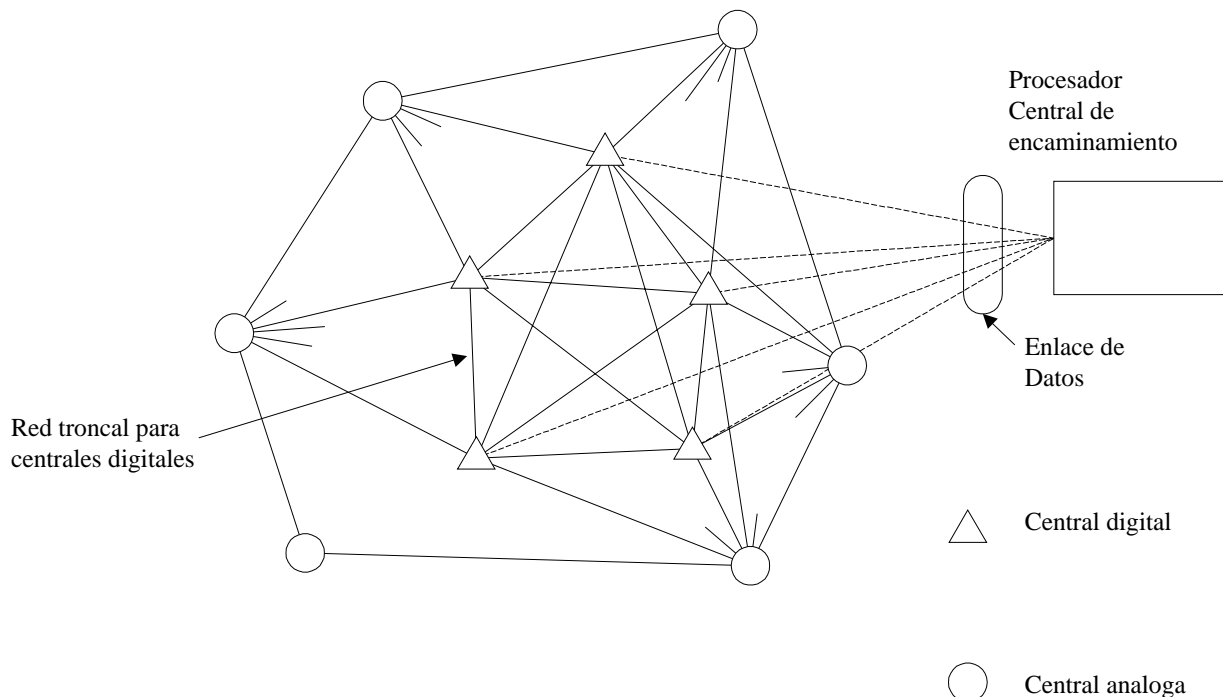
- la disponibilidad de troncales libres; y,
- la disponibilidad del equipo de conmutación en los varios nodos necesarios para establecer la conexión.

### 5.2.2 Principios de una red de encaminamiento no jerárquico

Los sistemas de conmutación en una red no jerárquica pueden ser divididos en dos categorías; éstas son:

- Sistemas digitales que forman el llamado Conmutador de Red Troncal y que lleva a cabo la función de conmutación tándem; bajo ciertas condiciones, los sistemas de control por programa almacenado analógicos pueden también ser considerados dentro de esta categoría.
- Sistemas analógicos con control lógico alambrado

La figura 14 muestra la configuración de un encaminamiento no jerárquico



**Figura 14 Un encaminamiento no jerárquico**

La operación de una red no jerárquica es la siguiente:

- Como primera opción se toman las rutas directas a los destinos deseados.
- Si una llamada, que se origina en un sistema digital, encuentra todas las troncales directas ocupadas, cualquier otro sistema digital puede ser usado como tándem. El tándem a usarse para conmutar la llamada se determina por la selección de trayecto condicional sobre la red troncal digital.
- La búsqueda del trayecto la realiza el procesador de encaminamiento central en intervalos de tiempo dados (digamos, cada 2 segundos) e, independientemente de si hay o no una llamada a ser conmutada, el procesador de encaminamiento central recolecta datos de los sistemas de conmutación digital durante los estados ocupado - desocupado en los diferentes grupos troncales, calcula el trayecto alternativo posible para cada par de centrales y envía de regreso esta información a las centrales digitales.
- Una llamada desbordada originada en un sistema analógico tendrá primero que ser conmutada a uno de los sistemas digitales para poder aprovechar los sistemas no jerárquicos; la conexión se hace por selección al azar de una troncal entre todas las troncales libres que llevan hacia los sistemas digitales; de allí en adelante, la llamada se maneja como una llamada ordinaria originada en el sistema digital.