

## **CAPÍTULO VIII**

### **ASPECTOS GENERALES DEL ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL CONTROLNET**

#### **8.1 Introducción**

La red de comunicación industrial ControlNet es una red de estándar abierto e implementada según el modelo OSI. Posee ciertos aspectos generales que es necesario dejar en claro para el desarrollo de su estudio. Por ello es que el presente capítulo tiene el objetivo de establecer las características de normalización, de posicionamiento y de funcionamiento de la red ControlNet.

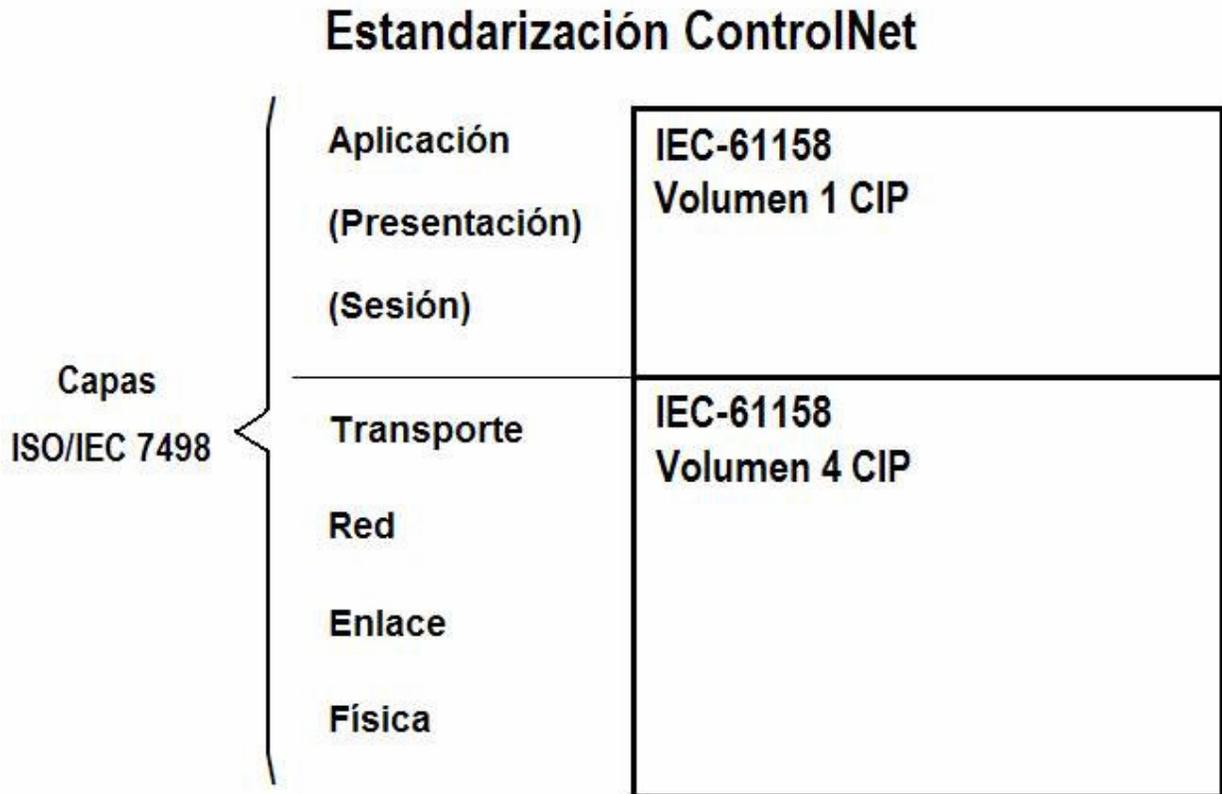
#### **8.2 Antecedentes Generales**

La red de campo ControlNet es una red de comunicación digital serial de tipo determinista que entrega un transporte de alta velocidad para I/O de tiempo crítico y para mensajería de datos. ControlNet es desarrollada e introducida por la empresa Rockwell-Automation en 1997 como una red de comunicación abierta. Actualmente, el estándar ControlNet es administrado por la asociación ControlNet International (CI) que agrupa a diferentes empresas fabricantes de productos para la red ControlNet. Tanto ODVA como CI trabajan en conjunto para el desarrollo de nuevas redes basadas en el Protocolo Común Industrial, CIP, y que permitan la interconectividad.

#### **8.3 Estandarización ControlNet**

La red ControlNet, de la misma forma que DeviceNet y otras redes que implementan el protocolo CIP, está basada en el Modelo de Referencia OSI, estándar ISO/IEC 7498, que otorga una naturaleza jerárquica a la red estructurándola en 7 capas.

La forma en que las 7 capas definidas por ISO/IEC 7498 son cubiertas en ControlNet se muestra en la figura 8.1



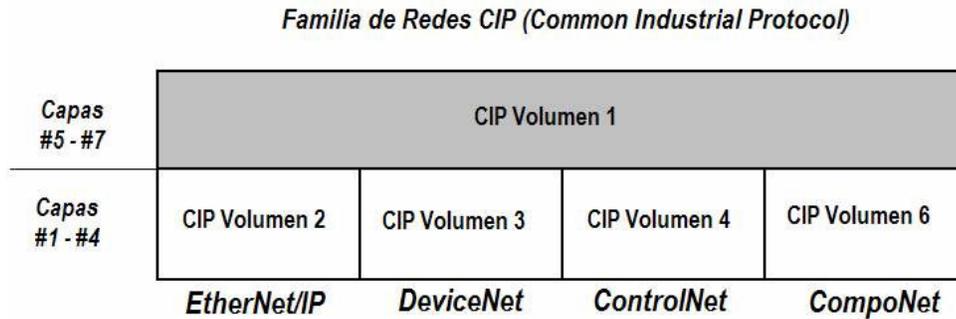
**Figura 8.1** Representación de DeviceNet en el contexto de las estandarizaciones.

Como se observa en la figura 8.1, la red ControlNet está definida por el estándar IEC-61158, del año 2000, que corresponde al Protocolo Industrial Común, CIP. En este contexto, ControlNet se compone de los Volúmenes 1 y 4 de CIP.

### 8.3.1 ControlNet dentro del contexto de la familia CIP

Como se menciona en la sección 3.3, al conjunto de redes basadas en el protocolo CIP es llamado “Familia de redes CIP”. La red ControlNet fue la segunda red en formar parte de esta familia, luego de DeviceNet.

La figura 8.2 representa en forma gráfica las redes que componen la familia CIP.

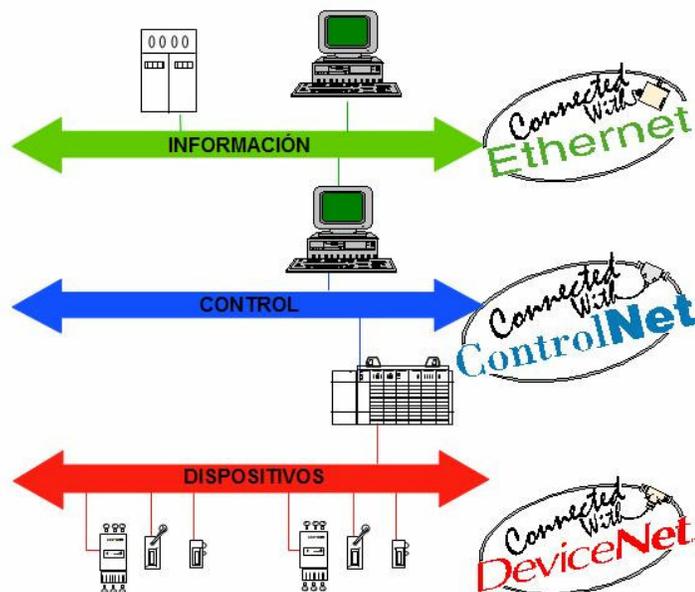


**Figura 8.2** Familia de redes CIP.

## 8.4 Características de ControlNet

### 8.4.1 Posicionamiento

La red ControlNet se ubica en el nivel de Control dentro del modelo jerárquico CIM. En forma paralela, como parte de la Arquitectura NetLinx de comunicación de 3 niveles, desarrollada en conformidad al modelo CIM, impulsada por la empresa Rockwell-Automation y otras asociadas a ODVA y CI, también se ubica en su nivel de control, que corresponde a su nivel 2. Esto se representa en la figura 8.3.

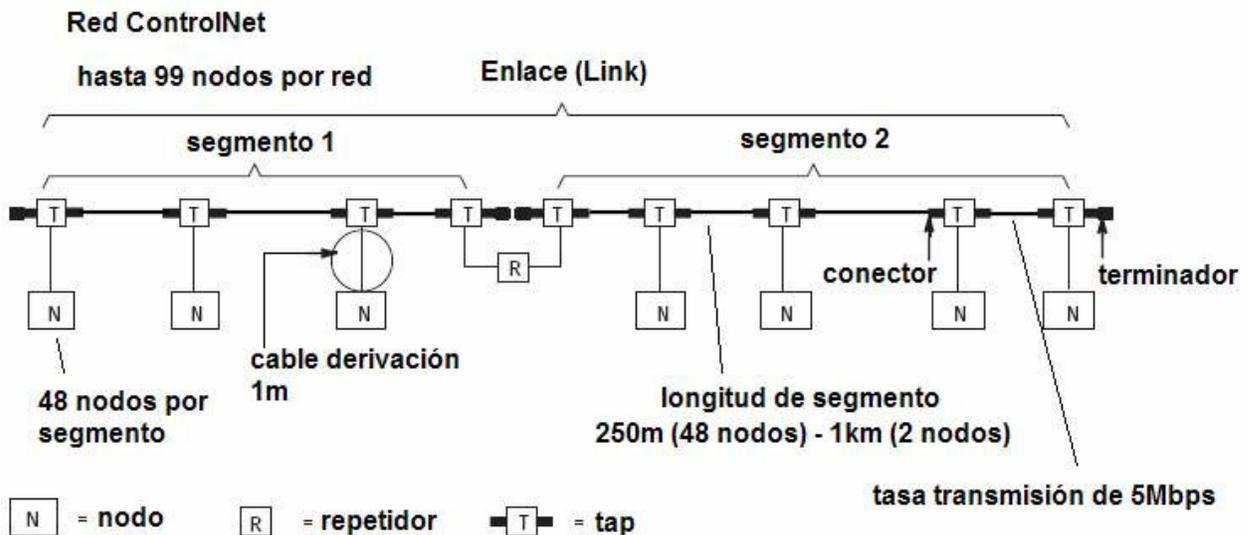


**Figura 8.3.** Posicionamiento de la red ControlNet en la Arquitectura NetLinx.

Esta arquitectura de integración de redes industriales es para las redes abiertas de la familia CIP. Sin embargo, también pueden integrarse otras redes que permitan comunicación con ellas a través de adaptadores de comunicación, por ejemplo, Foundation Fieldbus.

#### 8.4.2 Características Físicas

La tasa de transmisión de la red ControlNet es de 5 Mbit/s, siendo una red de alta velocidad. Permite cualquier tipo de topología de red, siendo la topología básica una línea troncal construida con cable coaxial RG-6. Las longitudes que admite son desde 250m hasta 1km, pudiendo llegar a un máximo de 20 km con la utilización de repetidores. También, es posible la conexión de hasta 48 dispositivos por segmento, con máximo de 99 nodos (entre controladores y dispositivos) en toda la red. En la figura 8.4 se representan algunas de estas características.



**Figura 8.4.** Representación de red ControlNet junto a sus principales características.

### 8.4.3 Características de comunicación

ControlNet, utiliza método de comunicación Productor/Consumidor, que soporta comunicación Punto a punto y Multicast. Además, esto le otorga la capacidad de priorización de mensajes. Además es una red determinística dado el método de acceso al medio empleado CTDMA, que garantiza la comunicación de los dispositivos.

La tabla 8.1 resume las principales características de la red ControlNet.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Topología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• línea troncal</li> <li>• árbol</li> <li>• estrella</li> <li>• anillo</li> <li>• topologías mixtas.</li> </ul>
Cantidad de nodos	48 por segmento; hasta 99 en la red.
Longitud máxima de red	1.000m segmento; hasta 20km con repetidores
Tasa de transmisión	5Mbps
Medio físico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable Coaxial RG-6</li> <li>• Fibra óptica</li> </ul>
Método de Acceso al Medio	CTDMA
Paquetes de Datos	0 – 510 Bytes
Métodos de Comunicación	Productor/Consumidor: cíclico, cambio de estado, poll
Arquitectura de Control	Centralizada y distribuida
Otras funciones especiales	Redundancia de red; Configuración de dispositivos por puerto NAP.
Nodos ControlNet vendidos a 2005	Sobre 900.000

**Tabla 8.1** Características principales de la red ControlNet.

## 8.5 Test de Conformidad

La asociación ControlNet Internacional ha definido un test de conformidad para la certificación de dispositivos y software para la red ControlNet. En el test se evalúan sus capacidades de interoperabilidad e interconexión, y se divide en 3 partes que son:

- **Test de Software**
- **Test de Hardware**
- **Test de Interoperabilidad**

Estos test siguen los mismos criterios que los de red DeviceNet (ver sección 5.6), pero para ControlNet. Una vez que un dispositivo y un software ha sido probado exitosamente, este llevará un logo con la leyenda “ControlNet Conformance Tested” (traducido al español como “Testeado en Conformidad ControlNet”). En la figura 8.5 se muestra el logo de certificación.



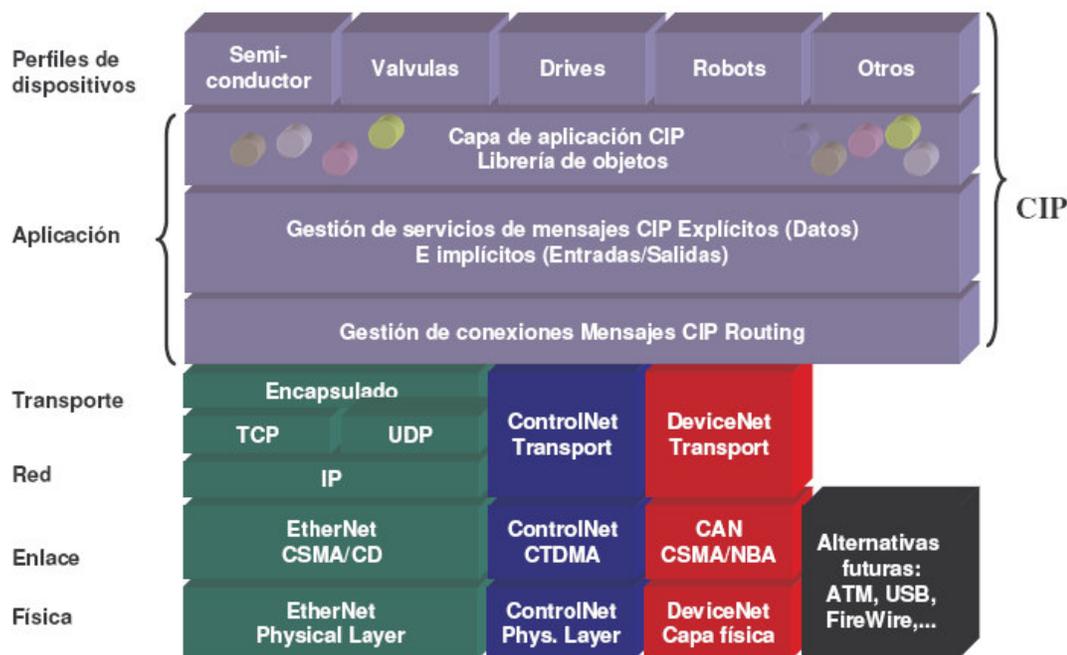
**Figura 8.5.** Logo ControlNet de certificación de dispositivo.

# CAPÍTULO IX

## ARQUITECTURA DE LA RED CAMPO CONTROLNET

### 9.1 Introducción

Como se estudio en el capítulo anterior, la red de campo ControlNet es una red basada en el modelo de referencia ISO/OSI de capas. Por lo tanto, la especificación para ControlNet entrega las definiciones para cada una de éstas. En la figura 9.1 se muestra la composición de la arquitectura de red ControlNet.



**Figura 9.1.** Arquitectura de red ControlNet.

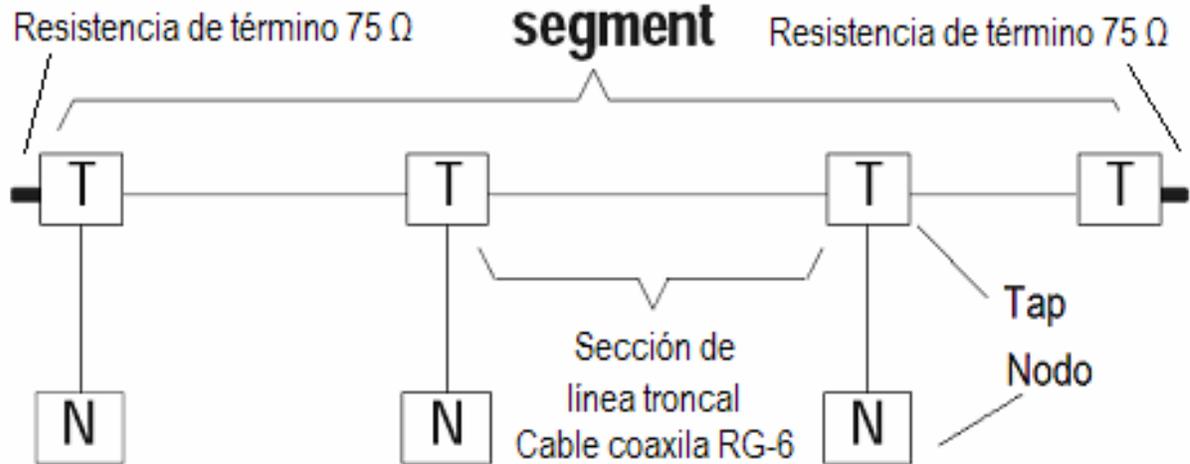
Las capas física, enlace, red y transporte son definidas bajo el Volumen 4 de CIP, el cual ha sido estandarizado como IEC-61158 type 2. Por otra parte, las capas de aplicación (sesión, presentación y aplicación) son definidas bajo el Volumen 1 de CIP, el cual también ha sido estandarizado como parte del IEC-61158 type 2.

En el presente capítulo se estudian las definiciones de cada capa, dadas por las especificaciones ControlNet, entregando una descripción de las principales características.

## 9.2 La Capa Física ControlNet

### 9.2.1 Topología

La topología básica definida por la especificación ControlNet consiste de una línea troncal (trunk-line) de cable coaxial RG-6 de  $75\Omega$ . Ambos extremos de esta línea troncal son terminados con una resistencia de  $75\Omega$ . En la figura 9.2 se muestra una representación esquemática de ésta topología.



**Figura 9.2.** Representación de la topología básica ControlNet.

El segmento es la unidad básica de red ControlNet. Pueden unirse varios segmentos para formar un enlace, que es la red completa. Todos los dispositivos ControlNet son conectados a la línea troncal a través de taps especiales que reducen la desigualdad de impedancia. Cada dispositivo es un nodo y pueden ser admitidos hasta 99.

### 9.2.2 Interdependencia de la longitud de la red y el número de taps

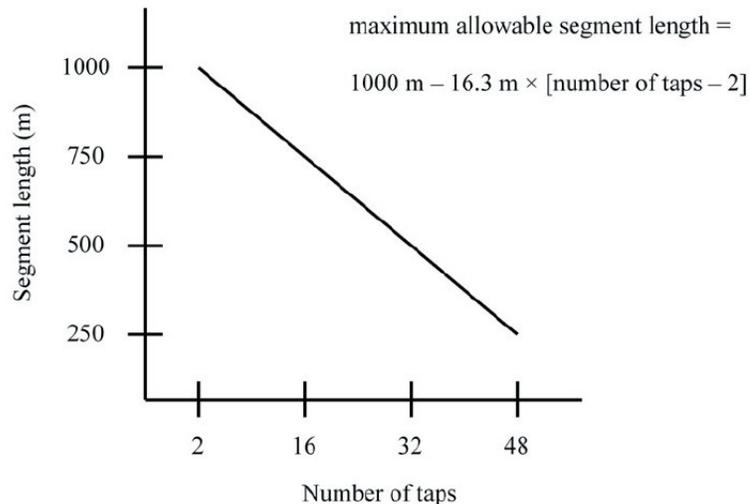
La especificación ControlNet no especifica una distancia mínima entre Taps. Sin embargo, cada Tap introduce en la red una atenuación de señal que se traduce en una disminución en la longitud de la red. Por este motivo, cada Tap disminuye la longitud máxima de la red en 16,3 m.

ControlNet especifica un segmento máximo de red que está definido por:

$$\text{Segmento máximo de red permitido} = 1.000 \text{ m} - 16,3 \text{ m} \times (\text{N}^\circ \text{ de Taps} - 2) \quad [12.1]$$

Esto significa que si un segmento de red posee 2 Taps, la longitud máxima permitida de este segmento es de 1.000 m (o 1 km).

El número máximo de Taps permitido por segmento es de 48. Por lo tanto, la longitud máxima de un segmento de red con éste número de taps es de 250m. En la figura 9.3 se muestra la relación que existe entre el número de taps y la longitud de segmento.

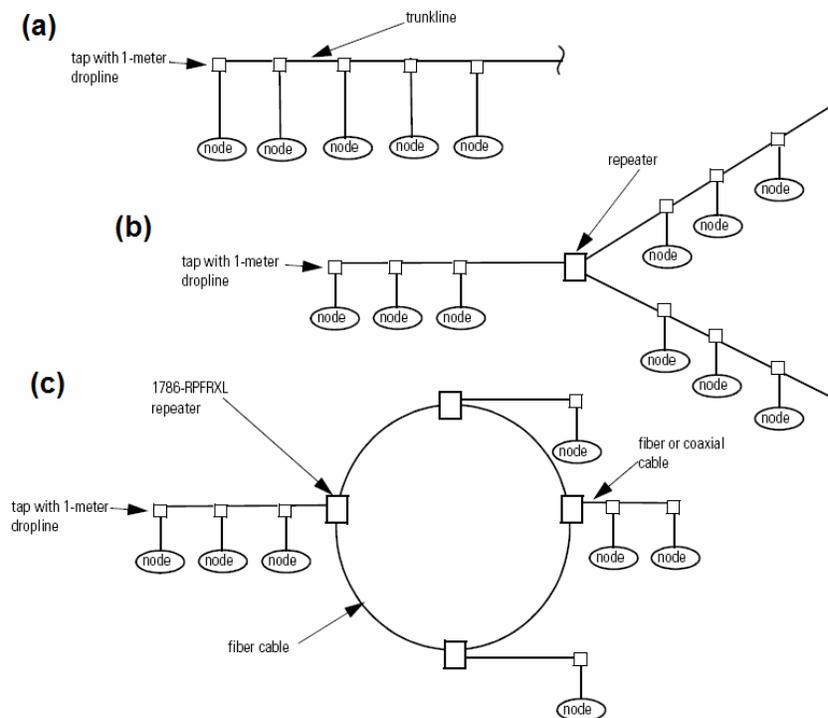


**Figura 9.3.** Relación entre la longitud de segmento de red y número de taps.

### 9.2.3 Otras topologías

Las limitaciones impuestas a la topología por la longitud de segmento y el número de taps, puede ser superada mediante la utilización de repetidores sin perder velocidad. Por lo cual, si una red incluye un alto número de nodos, con un máximo de 99, y/o con una topología que va más allá de la línea troncal, puede utilizar repetidores ControlNet para extender el bus.

Es posible crear cualquier tipo de topología: árbol, estrella o bus lineal. Incluso, es posible una topología anillo utilizando repetidores especiales. Repetidores de fibra óptica pueden ser usados para aumentar el tamaño de la red o para permitir el aislamiento de segmentos de red en entornos EMC críticos o para aplicaciones de alto-voltaje. En la figura 9.4 se ilustran 3 topologías ControlNet.



**Figura 9.4.** Topologías ControlNet: (a) Línea Troncal/Derivaciones; (b) Estrella; (c) Anillo.

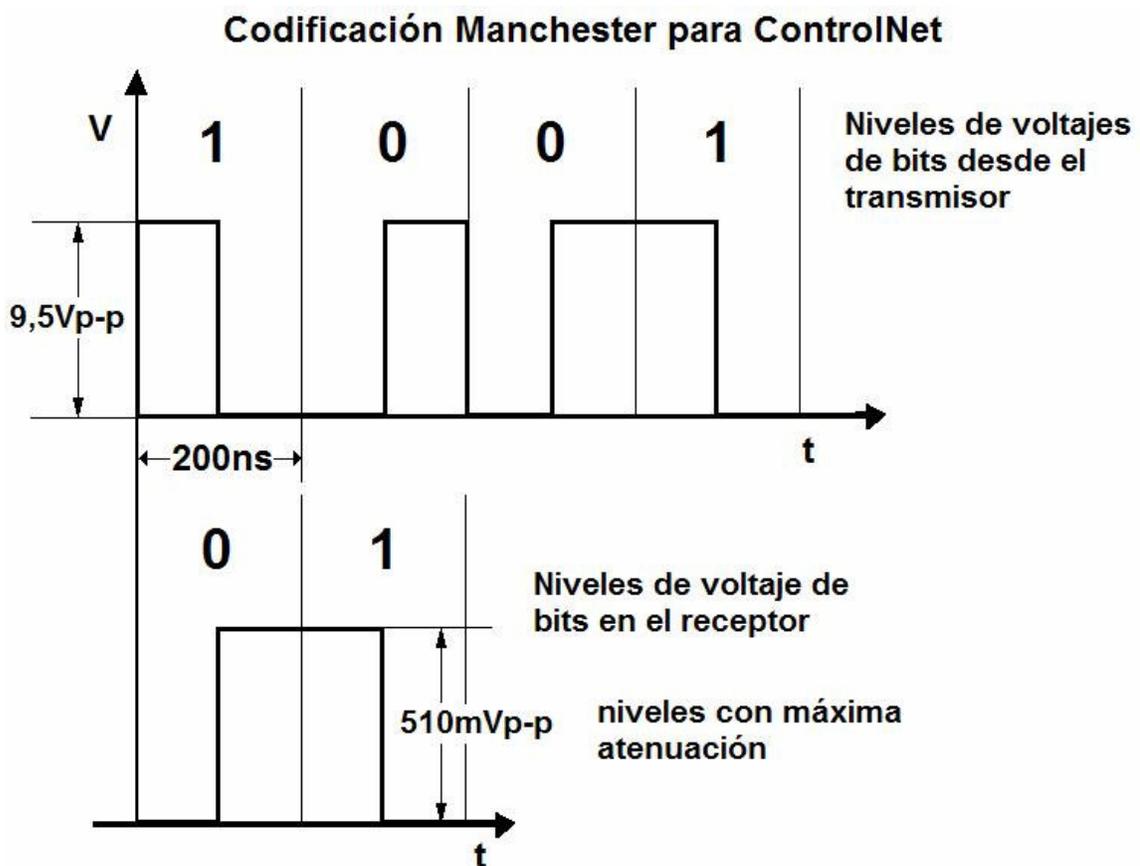
Es posible conectar hasta 20 repetidores en serie. Sin embargo, la longitud total del sistema queda limitada por el retardo de propagación de señal. Actualmente, la distancia máxima que puede alcanzar una red ControlNet es de 20 km.

### 9.2.4 Características de la señal ControlNet

A continuación se entregan las características de la señal ControlNet:

- Tasa de Transmisión de bits (bit-rate): 5 Mbps.
  - bit-time = 200 nseg
  - byte-time = 1,6 µseg
- Codificación de bit (bit-encoding): Manchester.
- Niveles de voltaje: 9,5V(p-p) en el Transmisor, y que puede ser atenuada hasta 510 mV (p-p) en el extremo Receptor.

En la figura 9.5 se representan las características de la señal ControlNet.



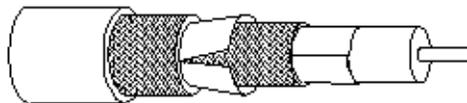
**Figura 9.5.** Representación de las características de señal ControlNet.

## 9.2.5 Medio Físico

### a) Cable

Se define la utilización de cable coaxial RG-6 para la línea troncal. Este cable debe tener una impedancia de 75 OHM. En la figura 9.6 se muestra la construcción física de este cable.

3092A CONTROLNET COAX

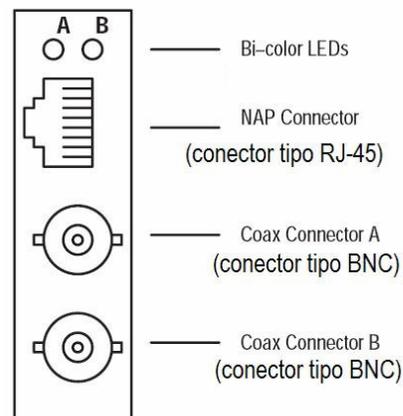


**Figura 9.6.** Construcción física del cable coaxial RG-6 ControlNet.

También es definido un medio de fibra óptica para aplicaciones especiales (ver sección 9.2.5.e).

### b) Conectores

Los conectores especificados por ControlNet son el tipo BNC y el RJ-45. Recientemente se ha incorporado el conector TNC para aplicaciones en entornos industriales áridos (con vibraciones y agua entre otros). En la figura 9.7 se muestra un panel de conexión estándar ControlNet.

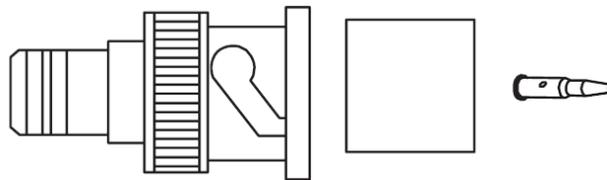


**Figura 9.7.** Panel de conexión estándar ControlNet.

En el panel de control estándar ControlNet pueden observarse los conectores definidos por ControlNet. Se observa un puerto para conector BNC, así como un puerto para conector RJ-45. También se muestran leds indicadores (éstos no son definidos en la especificación ControlNet, pero son incluidos normalmente en los diseños electromecánicos de los dispositivos).

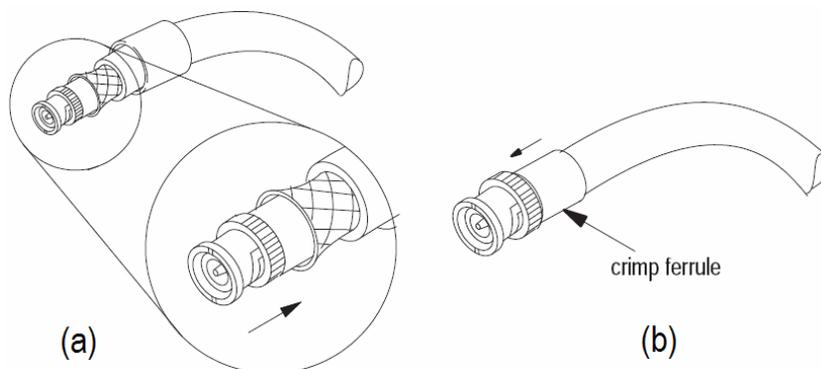
### b.1) Conector BNC

El conector BNC es el conector definido por la especificación ControlNet para conectar los dispositivos a la red troncal. La construcción física de un conector BNC se muestra en la figura 9.8.



**Figura 9.8.** Conector BNC para cable.

En la figura 9.9 se muestra la unión de un conector BNC a un cable coaxial RG-6 ControlNet.

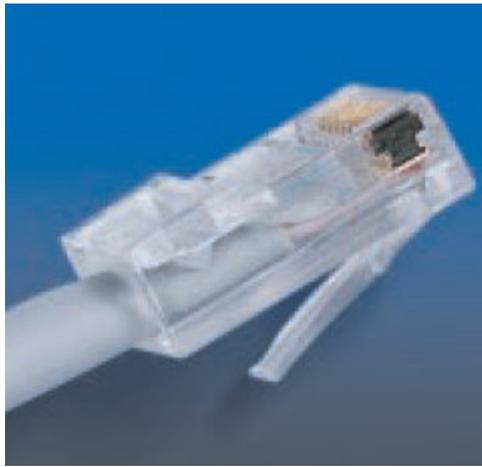


**Figura 9.9** Unión de un cable BNC con el cable coaxial ControlNet: (a) montaje del conector al cable; (b) montaje terminado.

## b.2) Conector RJ-45

El conector RJ-45 es definido por ControlNet para el puerto denominado NAP, que es el acrónimo de Network Access Port. El puerto NAP es utilizado para la programación de los dispositivos a través de terminales de programación o de programadores portátiles.

En la figura 9.10 se muestra la construcción física de un conector RJ-45.



**Figura 9.10** Construcción física de un conector RJ-45.

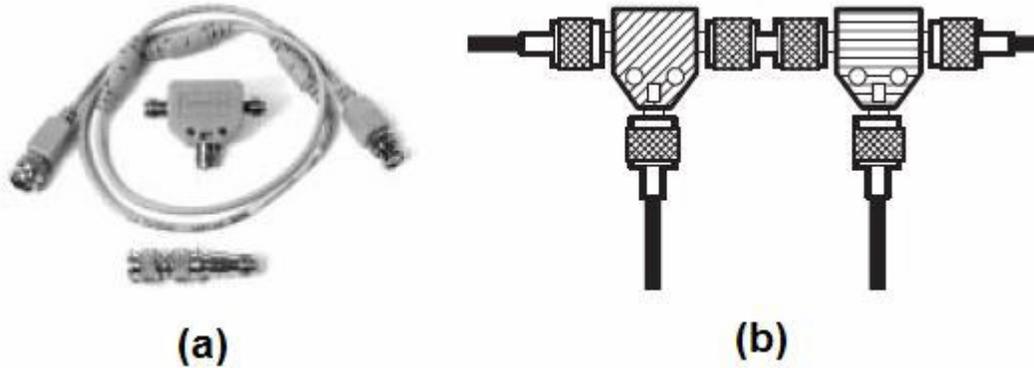
Las señales del puerto NAP se basan en el estándar RS-422. La descripción de los pines se muestra en la tabla 9.1

Pin Number	Signal Name
1	GND REF
2	24 VDC
3	PT TX_H
4	PT TX_L
5	PT RX_L
6	PT RX_H
7	24 VDC
8	GND REF

**Tabla 9.1** Descripción de pines del conector NAP.

### b.3) Conector TNC

Los conectores tipo TNC se han incorporado recientemente al medio ControlNet, para ser aplicado en entornos industriales expuestos al agua y a mucha vibración. En la figura 9.11 se muestran el aspecto de este tipo de conector.



**Figura 9.11.** Conector TNC para entornos industriales extremos: (a) kit de instalación; (b) representación de la conexión en taps.

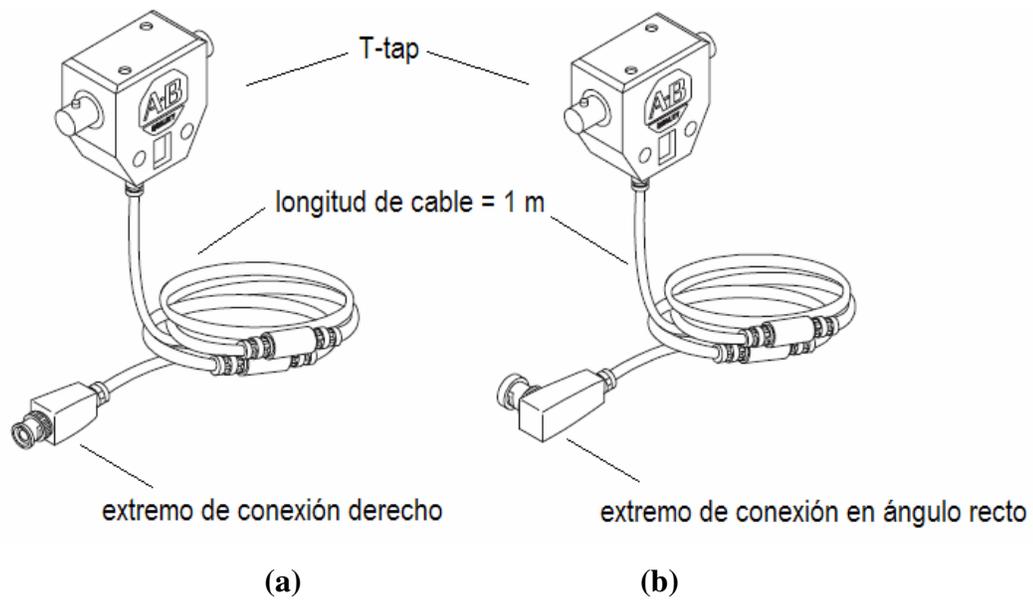
### c) Taps

Los Taps ControlNet son componentes eléctricamente pasivos. Los taps pueden ser con conector BNC o TNC, según la aplicación. Éstos se componen de dos partes:

- un adaptador de impedancia de 75 OHM, y
- una longitud específica de 1 m.

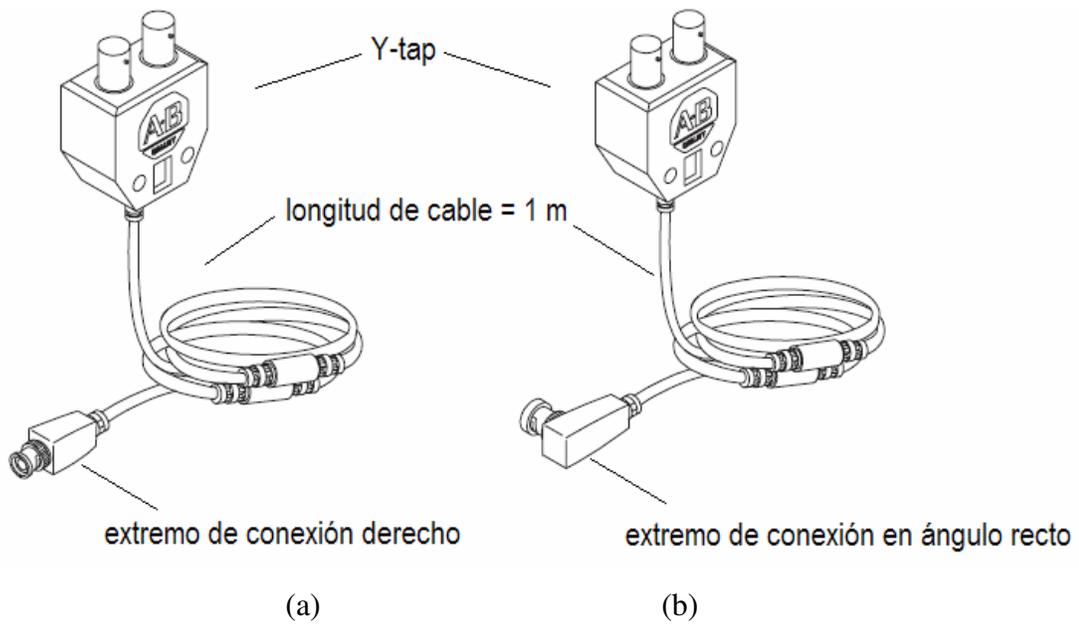
Se definen 2 tipos de taps: T-tap e Y-tap, cada cual con 2 variantes: derecho y en ángulo recto.

En la figura 9.12 se muestra la construcción física del T-taps para conector BNC junto a sus dos variantes.



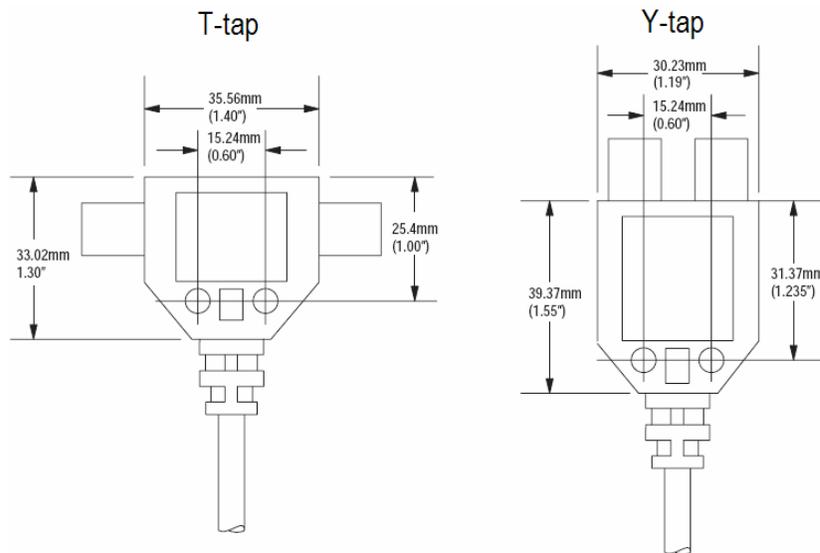
**Figura 9.12.** Construcción física del T-tap BNC: (a) variante derecha; (b) variante en ángulo recto.

En la figura 9.13 se muestra la construcción física del Y-tap junto a sus dos variantes:



**Figura 9.13.** Construcción física del Y-tap BNC: (a) variante derecha, (b) variante en ángulo recto.

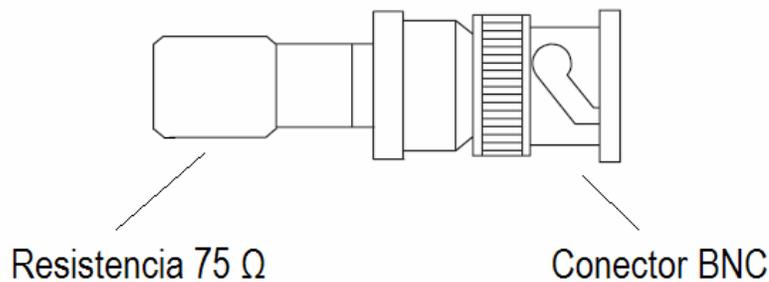
En la figura 9.14 se muestra las dimensiones físicas de los taps mostrados anteriormente.



**Figura 9.14** Dimensiones físicas de los taps BNC ControlNet

#### d) Resistencia de Término

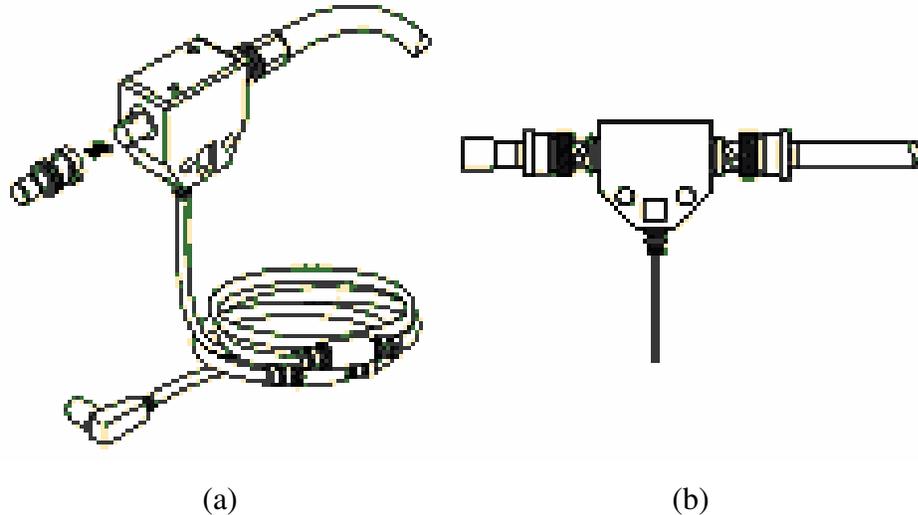
Se define una resistencia de término de 75 OHM, la cual debe ser instalada en los extremos de la red. La construcción física de esta resistencia se muestra en la figura 9.15.



**Figura 9.15** Construcción física de la resistencia de término ControlNet.

Puede observarse que se compone de dos partes: un conector BNC y la implementación de la resistencia de 75 OHM.

Se muestra en la figura 9.16 la conexión de una resistencia de término.

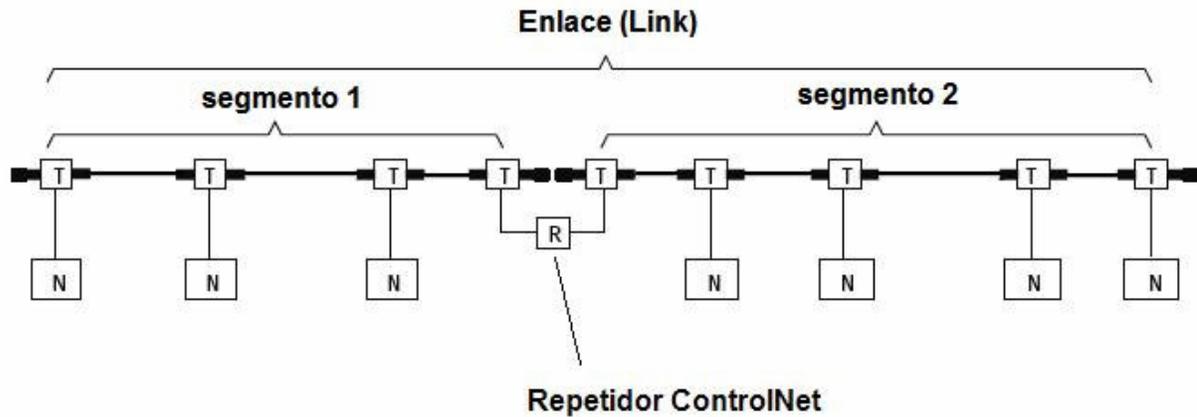


**Figura 9.16** Conexión de una resistencia de término en un T-tap: (a) indicación de instalación de una resistencia de término; (b) resistencia de término instalada.

### e) Repetidores

Los repetidores ControlNet deben cumplir con los requerimientos de señal establecidos en la especificación. El número de repetidores entre 2 nodos había estado limitado a 5 hasta recientemente. La mejor tecnología permite ahora conectar hasta 20 repetidores en serie. Sin embargo, a pesar del medio tecnológico utilizado, la longitud total de un sistema ControlNet (la distancia entre 2 nodos cualquiera en la red) está limitada. Esta limitación es debida al retardo de propagación. Con el medio actualmente disponible, la distancia máxima es de 20 km.

En la figura 9.17 se muestra esquemáticamente el uso de un repetidor en una topología ControlNet.



**Figura 9.17** Utilización de un repetidor en una red ControlNet.

Repetidores de fibra óptica pueden ser usados para aumentar el tamaño de la red o para permitir aislamiento de segmentos de red en entornos EMC críticos o para aplicaciones de alto-voltaje.

### 9.2.6 Características especiales

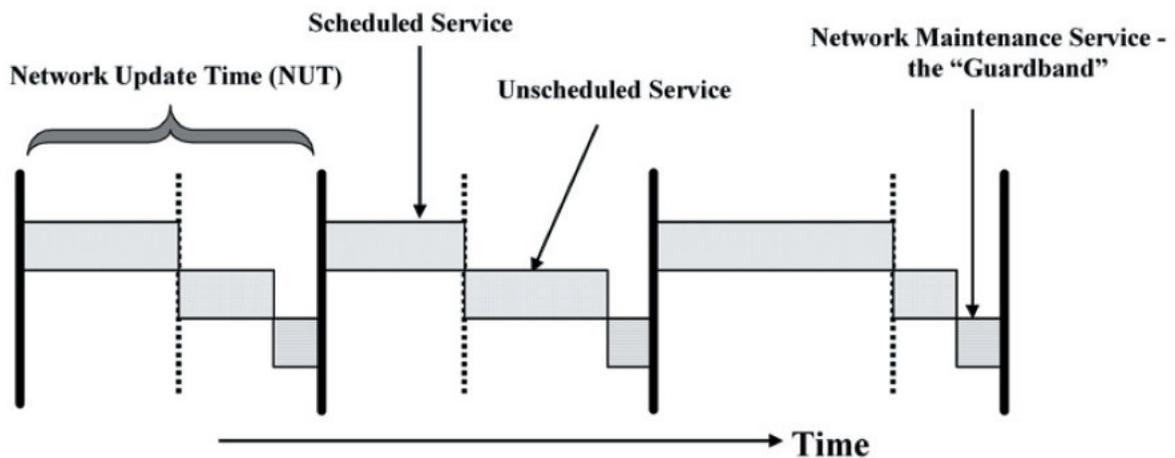
La red ControlNet soporta redundancia de medio, permitiendo la transferencia desde un medio primario a un medio secundario o viceversa si uno de ellos falla o se ha deteriorado.

Otra característica especial de ControlNet es que soporta seguridad intrínseca, esto es, que es posible su operación en entornos con riesgo de explosión, debido a la implementación de las recomendaciones para estos entornos industriales.

## 9.3 La Capa de Enlace ControlNet

### 9.3.1 Método de Acceso al Medio

El acceso a la red es determinado por medio del tiempo. Cada nodo puede transmitir solamente durante el turno que le haya sido asignado, el cual cae dentro de una trama (frame) de tiempo específica. Un algoritmo denominado CTDMA, sigla de Concurrent Time Domain Multiple Access, y que en español se puede traducir como Acceso Múltiple por Dominio de Tiempo Concurrente (o concursado), regula la oportunidad de transmitir. Esta oportunidad se repite a sí misma a intervalos precisos. Se define un NUT, acrónimo de Network Update Time (o Tiempo de Actualización de la Red), que es un intervalo de tiempo repetitivo, fijo y conocido, en que pueden enviarse datos en la red ControlNet. Éste mecanismo de acceso se ilustra en la figura 9.18



**Figura 9.18.** Representación del mecanismo de acceso CTDMA.

Puede observarse en la figura 9.18 que el NUT está dividido en tres secciones:

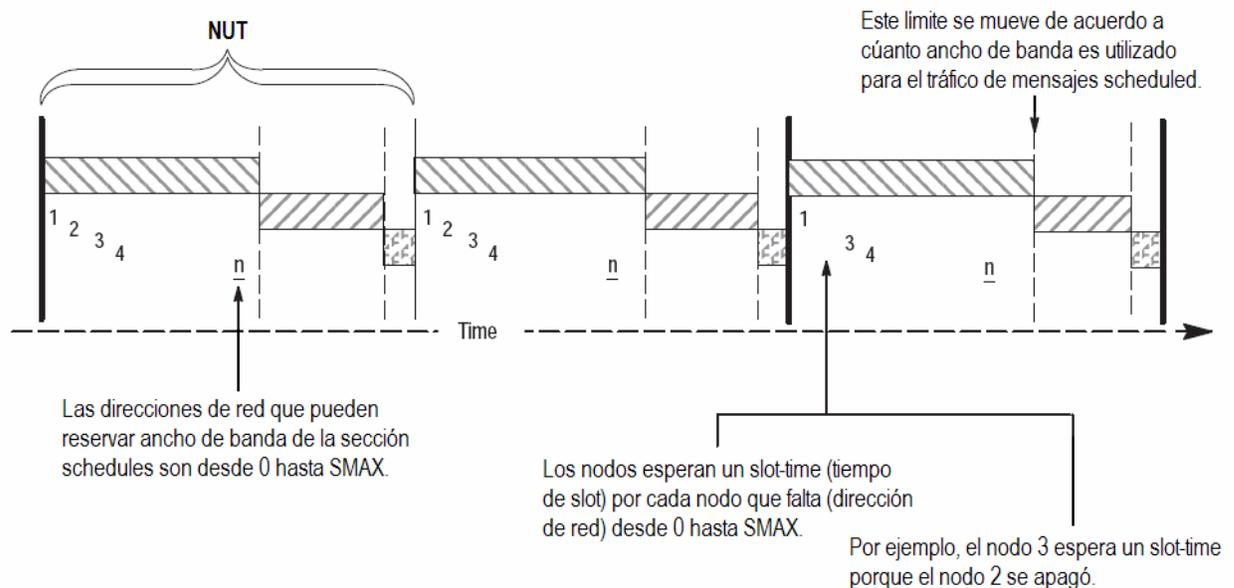
- **Scheduled** (o de aplicaciones fijas o programadas)
- **Unscheduled** (o de aplicaciones no fijas o no programadas)
- **GuardBand** (Banda de Guarda o Banda de Protección)

### a) Servicio Scheduled

La primera porción del NUT está reservada para tráfico de mensaje tipo scheduled (o de aplicaciones programadas). La entrega de mensaje en esta porción del NUT es determinística y repetible. Todo nodo con una dirección de red cayendo entre 0 y SMAX tiene garantizado exactamente una oportunidad de transmitir por NUT. SMAX significa Scheduled Maximum Node, o Máximo Nodo Scheduled (Programado) y es la más alta dirección de red que puede reservar ancho de banda en la sección Scheduled del NUT. Los nodos que tengan direcciones de red por encima de SMAX no enviarán mensajes durante la porción Scheduled del NUT.

Por lo tanto, la porción Scheduled es utilizada en mensajería con restricciones de tiempo crítico, otorgando prioridad de mensajería a los nodos. Cada nodo puede transmitir hasta 510 bytes durante su turno. El ancho de banda en esta porción es reservado y configurado para apoyar de antemano la transferencia de datos de tiempo real. Tipos de mensajes Scheduled típicos incluyen: datos digitales, analógicos y *peer-to-peer*.

En la figura 9.19 se representa el funcionamiento del servicio scheduled.



**Figura 9.19.** Representación del servicio scheduled ControlNet.

El *slot-time* (o tiempo de ranura) es la duración en que un nodo esperará por una dirección de red que falte, antes de tomar su turno para transmitir (puede decirse que es un “tiempo de relleno” que permite mantener la estructura del NUT). El tiempo real se basa en la longitud del cable y el número de repetidores.

Un método de token-implícito regula el direccionamiento de red durante esta porción del NUT. El token-implícito es la manera en que una dirección de red determina cuando transmitir en relación a los otros nodos de la red. *Ningún token real es pasado*; el paso es *implícito* debido a que está basado en el tiempo. Cada nodo de la red espera para “escuchar” el fin de la dirección previa o un slot-time de cada nodo faltante antes de enviar su mensaje. Cada nodo permanece en silencio hasta que llegue su oportunidad de transmitir.

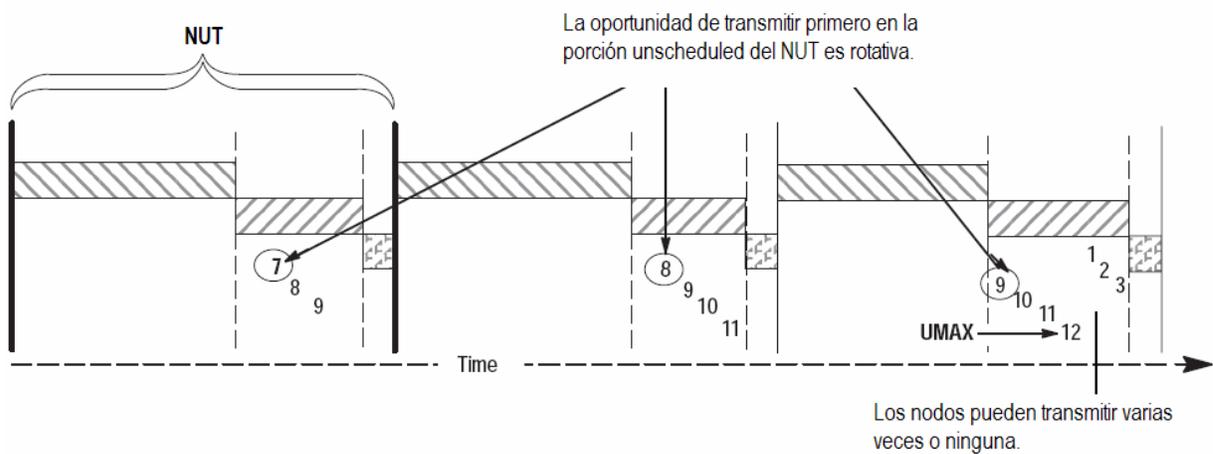
## **b) Servicio Unscheduled**

La porción Unscheduled del NUT es utilizada para el tráfico que no tiene restricciones de tiempo crítico, el cual es llamado Unscheduled-Traffic (o Tráfico no Programado en español). Esta porción comienza después de que todos los nodos scheduled hayan tenido su oportunidad de transmitir.

El tiempo que resta antes del comienzo del Guardband (la tercera porción del NUT) está disponible sobre una base de rotación secuencial para todos los nodos, con una dirección de red entre 0 y UMAX. Esta rotación continúa hasta el comienzo del Guardband. El UMAX, que significa Unscheduled Maximum Node, o Máximo Nodo Unscheduled, es la dirección de red más alta que puede utilizar la porción Unscheduled del NUT para comunicar. Por defecto, es SMAX+8. El derecho para transmitir primero en la porción Unscheduled rota un nodo por NUT.

Un nodo puede tener la oportunidad de transmitir varias veces durante la porción Unscheduled del NUT; sin embargo, un nodo no tiene garantizada una oportunidad en todo NUT. Esto significa que algunos nodos pueden transmitir más de una vez en la porción unscheduled, mientras que otros no podrán ni siquiera una vez. Tipos de datos Unscheduled típicos incluyen: establecimiento de conexión, mensajería *peer-to-peer* y datos de programación (carga y descarga)

En la figura 9.20 se representa el servicio Unscheduled.



**Figura 9.20.** Servicio Unscheduled ControlNet.

En la figura se representan 3 intervalos de NUT:

- En el primer NUT, es el nodo 7 quien comienza a utilizar primero la porción Unscheduled.
- En el segundo NUT, es el nodo 8 quien esta vez lo comienza a utilizar primero, sin tomar en cuenta qué nodo finaliza la porción Unscheduled. El nodo 7 no transmite en este NUT.
- En el tercer NUT, es el nodo 9 el que comienza a utilizar la porción Unscheduled primero. Se observa también que el UMAX es el nodo 12; sin embargo, luego de la transmisión de este, comienza la transmisión de los nodos 1, 2 y 3, siendo el nodo 3 el que finaliza la porción. Los nodos 7 y 8, no transmiten en este NUT.

Puede observarse a través de esta ilustración que la oportunidad de transmitir primero en la porción *Unscheduled* pasa en forma rotativa. También se observa que no todos los nodos transmiten en cada porción *Unscheduled* de cada intervalo *NUT*.

De la misma forma que en el servicio *scheduled*, el método de token-implícito regula el direccionamiento de la red. También, los nodos aguardan un *slot-time* por cada nodo que falte (dirección de red), esta vez desde 0 hasta *UMAX*. Sin embargo, a diferencia que en el servicio *scheduled*, en el servicio *unscheduled*, el reparto de mensajes no es determinístico ni repetible.

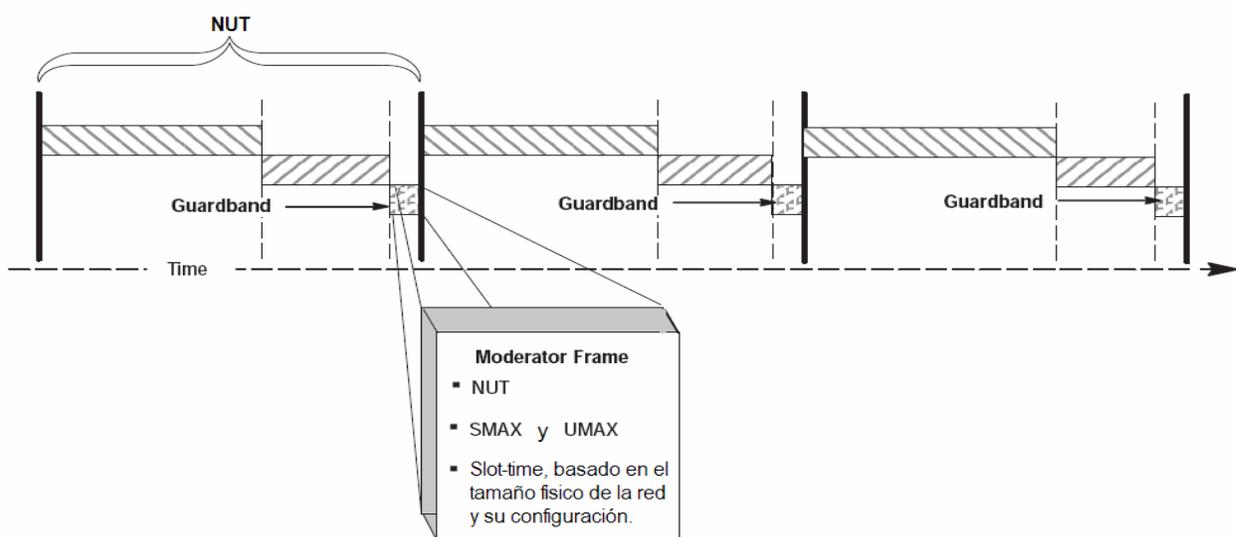
### **b.1) Consideraciones importantes**

- El servicio *Unscheduled* admite las direcciones de red que van desde 0 hasta *UMAX*. Además, *UMAX* es siempre mayor o igual que *SMAX*.
- Los nodos con direcciones de red mayores que *SMAX* y menores o iguales que *UMAX* pueden solamente enviar mensajes de tipo *unscheduled*.
- Los nodos con direcciones de red menores o iguales que *SMAX* pueden enviar tanto mensajes tipo *scheduled* como mensajes tipo *unscheduled*.
- Los nodos con direcciones de red sobre *UMAX* no pueden comunicarse en una red *ControlNet*.

### **c) El Guardband**

El *Guardband*, traducido al español como la *Banda Guarda*, es la parte final del *NUT* y está reservado para el mantenimiento de la red. Se define la unidad *Moderator*, o *Moderadora*, que es el nodo con la más baja dirección de red. Durante el *Guardband*, este nodo transmite una trama denominada *Moderator Frame* (o trama moderadora). Esta trama contiene información acerca del *NUT*, el *SMAX*, el *UMAX* y el *slot-time* de la red, con lo cual se mantiene la sincronización de todos los nodos.

En la figura 9.21 se muestra una representación del Guardband.



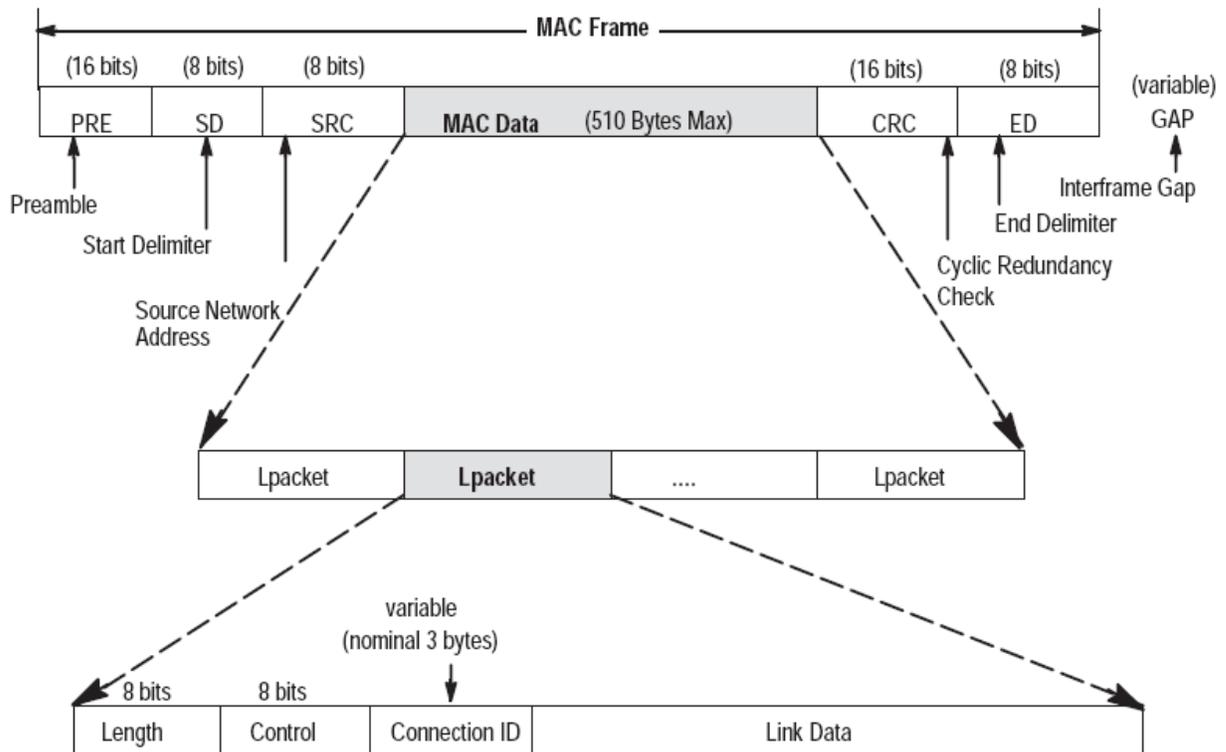
**Figura 9.21.** Representación del Guardband y el Moderator Frame.

### 9.3.2 Formato de los Paquetes ControlNet

Cuando un nodo envía datos sobre una red ControlNet, éstos van empaquetados en un MAC-Frame (o Trama MAC). Este MAC-Frame (Media Access Control Frame, traducido al español como Trama de Control de Acceso al Medio) es la forma en que un nodo transmite un grupo de datos. Este grupo de datos están en la forma de Lpackets. Un Lpackets, o Link Packet (Paquete de Enlace) es un dato que ha sido empaquetado y etiquetado por un nodo en preparación de una transmisión.

Cada MAC-Frame puede contener múltiples Lpackets, los cuales se transmiten juntos.

En la figura 9.22 se representa el formato del MAC-Frame y de Lpackets.



**Figura 9.22.** Formato del MAC-Frame y de Lpackets ControlNet.

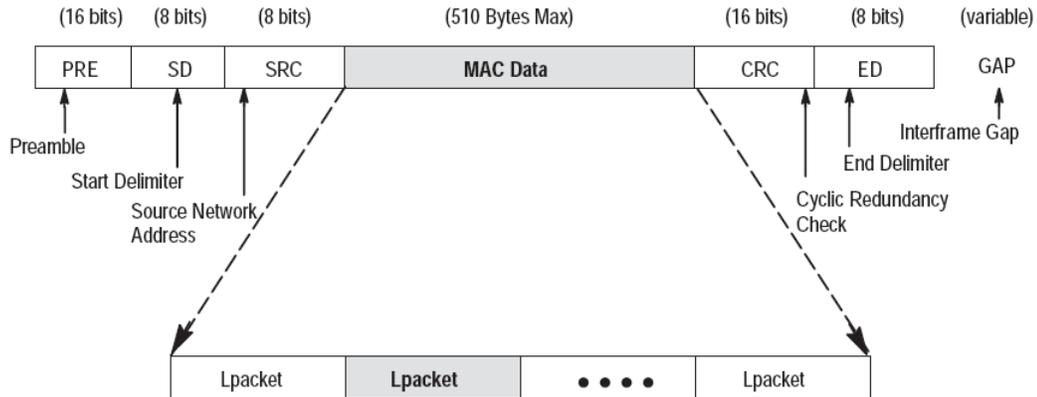
Cada nodo puede enviar solamente un MAC Frame con un máximo de 510 bytes en cada oportunidad de transmisión.

### a) El MAC-Frame

En un MAC-Frame son insertados distintos campos antes de transmitir en la red ControlNet. A continuación se indican cuáles son estos campos:

- Preámbulo de 16 bits.
- Start-delimiter (Delimitador de Comienzo) de 8 bits.
- Source Network Address (Dirección de Red Fuente) de 8 bits.
- CRC (Chequeo de Redundancia Cíclica) de 16 bits. Utiliza el polinomio estándar internacional CRC-16:  $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
- End-delimiter (Delimitador de Finalización) de 8 bits.

En la figura 9.23 se muestra la representación del MAC FRAME.



**Figura 9.23.** MAC FRAME ControlNet.

El Source Network Address (Dirección de Red Fuente) es escrito en un registro del ASIC, que es el chip que incorpora todo dispositivo ControlNet, en donde se encuentra el protocolo de comunicación ControlNet. Una vez que esto ha sido realizado, el sistema necesita entregar sólo el contenido del MAC-Data.

El MAC-Frame permite la transmisión de varias porciones de información denominadas Lpackets (Link packets). Cada Lpackets dentro del campo MAC-Data puede ser destinado para diferentes unidades consumidoras.

**b) El Lpacket**

Como se muestra en la figura 9.24, el campo de trama MAC-Data puede contener varios Lpackets. Los Lpackets llevan mensajes CIP individuales (I/O o Explícitos). En la figura 9.24 se muestra la representación de un Lpacket.



**Figura 9.24.** Lpacket ControlNet.

Puede observarse que un Lpacket se compone de:

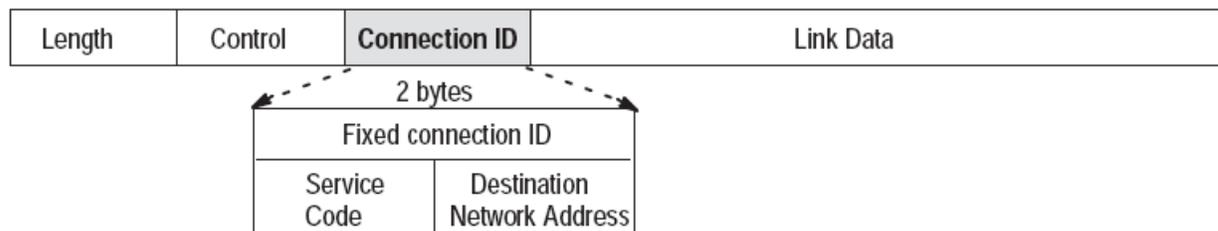
- Campo de Longitud (Length) de 8 bits que indica número de palabras que lleva el Link Data.
- Campo de Control: Indica el tipo de Lpacket (si es con un CID de 2 bytes o con un CID de 3 bytes)
- Conexión ID (CID): que puede ser de 2 o 3 bytes.
- Link-Data: En este campo se llevan los datos CIP, I/O o Explícitos.

Como se estudió en la sección 4.5 la Conexión ID, o CID, es un identificador o valor al cual se asocian las transmisiones cuando se ha establecido una conexión. Si acaso la transmisión es bidireccional, entonces son asignados dos valores CID. En una red ControlNet, la Conexión ID es creada automáticamente. A través de este identificador, un nodo decide si determinado Lpacket lleva datos necesario para él o no. Como la Conexión ID, puede ser de 2 bytes o de 3 bytes, se definen dos tipos de Lpacket.

- Lpacket de Conexión ID Fija, de 2 bytes.
- Lpacket de Conexión ID General, de 3 bytes.

### b.1) Lpacket de Conexión ID Fija

Un Lpacket de Conexión ID Fija es utilizado por el puerto Unconnected Messaging (o puerto de Mensajería No Conectada), y para propósitos de administración de la red. En este Lpacket, la Conexión ID tiene una longitud de 2 bytes. El primer byte es para el Código de Servicio (*Service-Code*) y el segundo byte para la Dirección de Red de Destino (Destination Network Address), o MAC-ID de destino. En la figura 9.25 es representado el formato de Conexión ID fija.

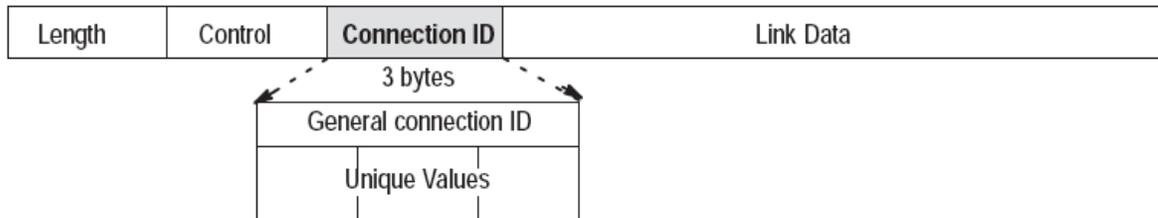


**Figura 9.25.** Formato de Conexión ID Fija ControlNet.

El byte de Código de Servicio es utilizado para indicar el servicio requerido, usualmente para la gestión de la red. El byte de Dirección de Red de Destino (MAC-ID) es utilizado para indicar a qué dirección de red deber ser repartido. El que se envíe la dirección de red de destino (MAC-ID) refleja el hecho de que estos Lpackets siempre son dirigidos desde el dispositivo solicitante (el que envía el MAC-Frame) al dispositivo objetivo (el MAC-ID destinatario).

### b.2) Lpacket de Conexión ID General

El Lpacket de Conexión ID General es utilizado para toda Mensajería Conectada (I/O o Explícita). La Conexión ID de este tipo de Lpacket es de tres bytes de longitud. Éste especifica a qué conexión pertenece este Lpackets. El valor de la Conexión ID es específico. En la figura 9.26 se muestra el formato de un Lpacket de Conexión ID General.



**Figura 9.26.** Formato de una Conexión CID general ControlNet.

Para un dispositivo que recibe un MAC-Frame, la Conexión ID le indica las siguientes acciones:

- Ignorar el Lpacket (el dispositivo no es parte de esa conexión)
- Consumir el dato y reenviar esto a la aplicación (el dispositivo es un punto extremo de esta conexión)
- Reenviar el dato a otra red (el dispositivo actúa como un router).

## 9.4 Las Capas de Red y Transporte ControlNet

### 9.4.1 Conexiones

La transferencia de mensajes ControlNet está basada en conexiones, al igual que en DeviceNet. Esto significa que debe establecerse primero una conexión entre el dispositivo transmisor y el dispositivo receptor para el intercambio de mensajes. Se establece entonces un Circuito Virtual (ver sección 6.4.3). Los puntos extremos de conexión son aplicaciones que necesitan compartir datos. La figura 9.27 ilustra un circuito virtual que atraviesa uno o más nodos intermedios entre la fuente y el destino.



**Figura 9.27** Circuito Virtual ControlNet.

El término fuente y destino implica que una conexión ha sido establecida y que existe actualmente.

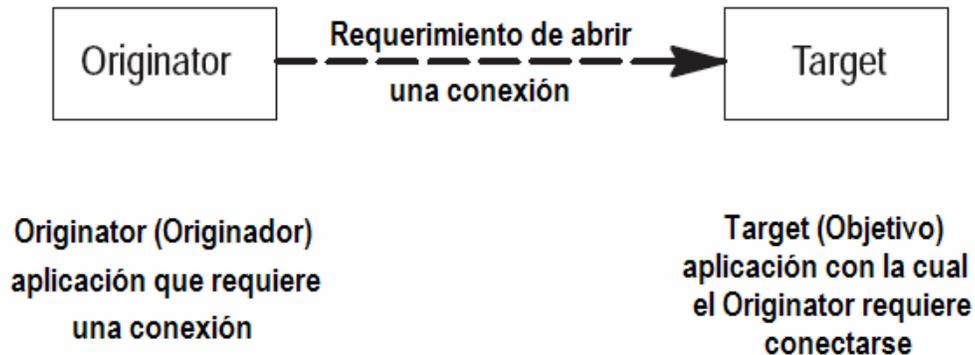
### 9.4.2 Establecimiento de una Conexión

Todo nodo ControlNet contiene los siguientes objetos:

- UNCONNECTED MESSAGE MANAGER (UCMM)
- MESSAGE ROUTER (MR)
- CONNECTION MANAGER (CM)

En la figura 9.28 se ilustra el proceso de requerimiento de conexión por parte de una aplicación Originadora de Mensaje hacia una aplicación Objetivo.

**No existe una conexión aún. El propósito del contacto es configurar una conexión.**

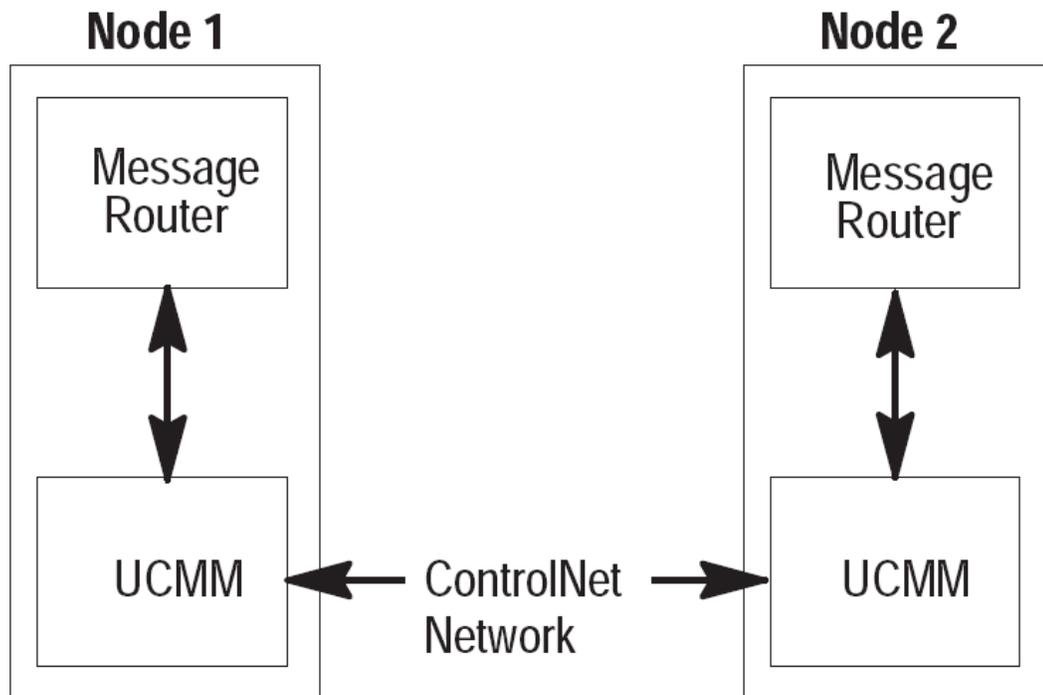


**Figura 9.28** Requerimiento de establecimiento de conexión.

#### a) El Unconnected Message Manager (UCMM)

El *Unconnected Message Manager* (UCMM), que puede traducirse al español como el Gestor de Mensajería No Conectada, facilita el intercambio de información usada para establecer, abrir o cerrar una conexión entre aplicaciones. Además, se utiliza para llevar datos no-repetitivos y datos de tiempo-no-crítico en un único enlace. Para establecer una conexión, el Connection Manager, CM (o, en español, el Gestor de Conexión), entrega al UCMM la dirección de red y el camino hacia la Aplicación-Objetivo (Target-Application). Una vez que la conexión ha sido establecida, la dirección y el camino ya no son requeridos. Al abrir la conexión se establece un valor de Conexión ID, CID, el cual será utilizado para intercambiar información de aplicación (ver sección 4.5).

En la figura 9.29 se ilustra la operación del UCMM.



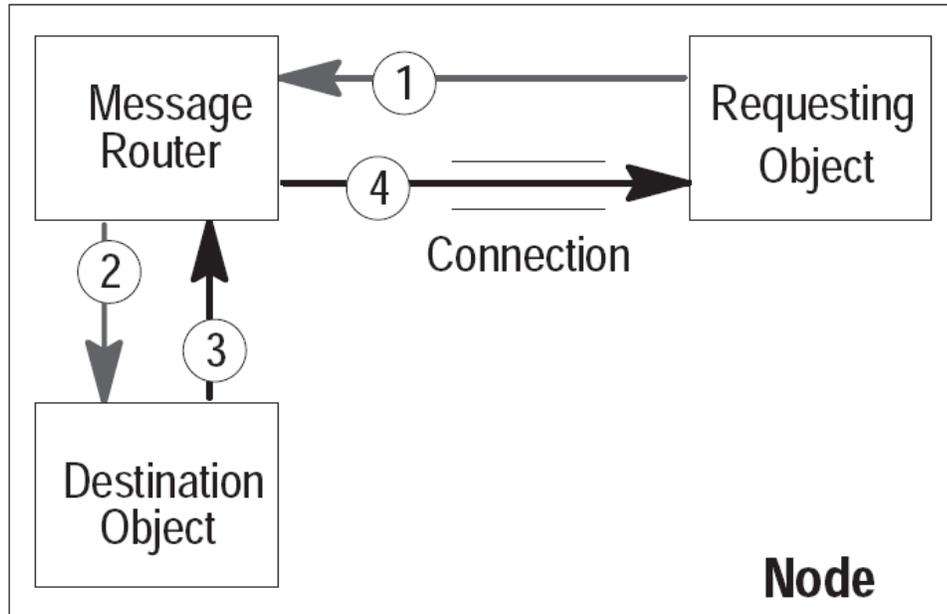
**Figura 9.29** Operación del UCMM

En la figura 9.29 puede apreciarse que cada mensaje recibido por el UCMM es reenviado al Message Router, o Ruteador de Mensaje, en donde es analizado y enviado a su función específica u objeto. El UCMM mantiene un registro de las transacciones de cada mensaje recibido, así que una respuesta puede ser enviada a la locación apropiada. Los mensajes de requerimiento de Abrir o Cerrar una conexión siempre son a través del UCMM. Además el UCMM entrega: detección de duplicación, reenvío automático, Message-time-out (Mensaje fuera de tiempo).

#### **b) El Message Router**

El Message Router, MR, traducido al español como el Ruteador de Mensaje, permite a una aplicación abrir conexiones a múltiples objetos dentro del mismo nodo. Este actúa como un switch dentro de un objeto de un nodo. Otros nodos pueden establecer una conexión con el MR a través del UCMM y el Connection Manager (Gestionador de Conexión).

En la figura 9.30 se ilustra el funcionamiento del MR.



**Figura 9.30** Funcionamiento del Message Router.

Remitiéndose a la figura 9.30, se tiene que:

1. El MR determina qué objeto realiza el servicio especificado por medio de la interpretación de la porción identificadora del mensaje.
2. El mensaje es reenviado al objeto destino (destination object).
3. Una respuesta proveniente del objeto destino es recibida por el objeto solicitante (requesting object).
4. El MR reenvía la respuesta al objeto solicitante por medio del establecimiento de una conexión.

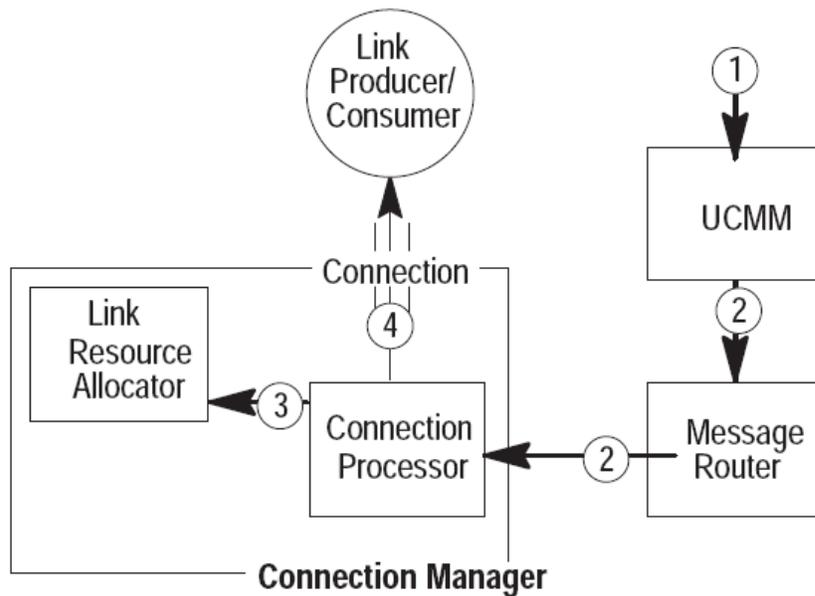
Las conexiones pueden ser creadas sin una Conexión MR; un mensaje de conexión al MR es sólo obligatorio cuando la aplicación originadora requiere acceder a múltiples objetos internos a través de la misma conexión.

### c) El Connection Manager

El Connection Manager (CM), traducido al español como el Gestor de Conexión, asigna recursos internos necesarios para cada conexión. Los requerimientos de conexión son originados por:

- Otros nodos a través del UCMM.
- Una aplicación en un nodo.

La figura 9.31 ilustra el funcionamiento del CM de un nodo Objetivo al recibir un requerimiento de conexión por un nodo Originador.



**Figura 9.31** Funcionamiento del Connection Manager (CM).

Remitiéndose a la figura 9.31, se tiene que:

1. El UCMM del nodo Originador se contacta con el UCMM del nodo Objetivo con un requerimiento de conexión.
2. El requerimiento es ruteado a través del MR del objetivo al CM.
3. El CM asigna los recursos necesarios.
4. Una conexión es realizada al nodo originador.

### 9.4.3 El Modelo Productor/Consumidor en ControlNet

La red ControlNet utiliza el modelo Productor/Consumidor para intercambiar información de aplicación. Este modelo es la base para entender todas las transacciones ControlNet.

#### a) Bases del modelo productor/consumidor para ControlNet

Las bases de este modelo para ControlNet son:

- Mensajes Objeto
- Conexión ID
- Tipos de Conexión Productor/Consumidor
- Servicios de Transporte
- Tipos de conexión de transporte

#### b) Mensajes Objeto

En el modelo Productor/Consumidor de la red ControlNet, los Mensajes-Objeto son utilizados para intercambiar información. Un Mensaje-Objeto es un fragmento de información que interesa a uno o más nodos de la red. Éste lleva un valor de configuración con una descripción de lo que significa. La red ControlNet transfiere Mensajes-Objeto entre Productores y Consumidores para llevar la información.

En la figura 9.32 se muestra una representación simplificada de un Mensaje-Objeto.



**Figura 9.32** Mensaje-Objeto dentro del MAC FRAME.

El Mensaje-Objeto, identifica una Conexión ID (CID) y un Dato-Objeto que contiene la información. Ésta forma de composición de los mensajes permite un menor procesamiento, con lo cual aumenta el rendimiento de la aplicación y se reducen los códigos.

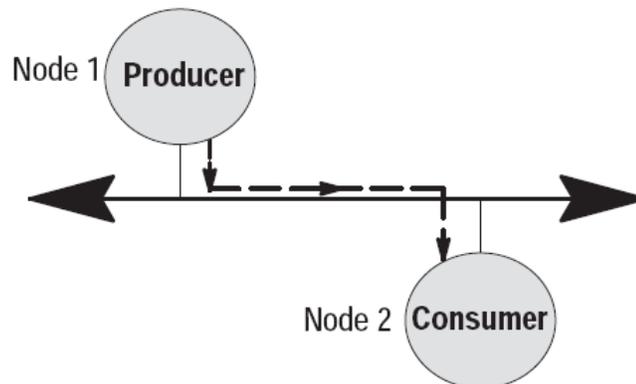
Los nodos “ven” claramente los CIDs transmitidos por los nodos Productores. Una vez que un nodo reconoce un CID, este *consume* el mensaje, es decir, lo acepta pues es para él, y en consecuencia, se vuelve un “Consumidor”. La red supone que cada Mensaje-Objeto tiene exactamente un significado pero que puede tener uno o más consumidores.

En términos sencillos, un Productor es un nodo que está transmitiendo un mensaje, mientras que un Consumidor es un nodo que recibe y acepta un mensaje.

#### 9.4.4 Tipos de Conexión Productor/Consumidor

##### a) Conexión Punto a Punto (Point-to-point)

Este tipo de conexión es aquella en que se conectan directamente un Productor y un Consumidor. En la figura 9.33 se ilustra este tipo de conexión.

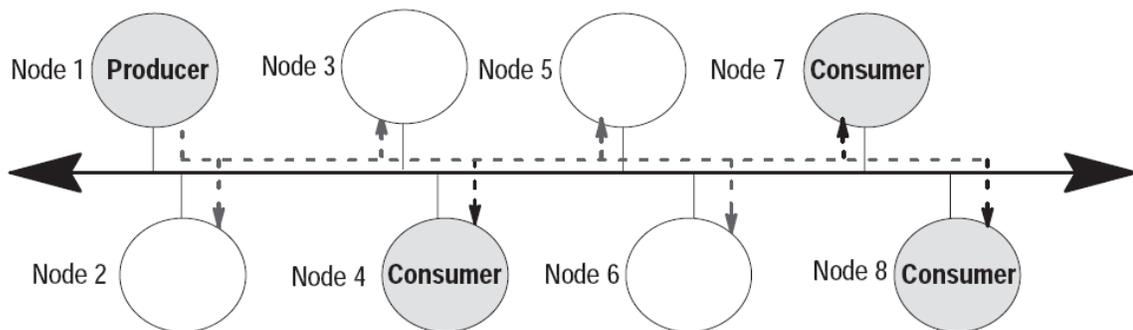


**Figura 9.33** Conexión Productor/Consumidor tipo Punto-a-punto

## b) Conexión Multicast

Este tipo de conexión es aquella en que un mensaje es transmitido simultáneamente a más de un nodo Consumidor. El mensaje puede ser recibido por alguno, algunos o todos los nodos de la red según el mensaje (esto a diferencia de una comunicación Broadcast en que el mensaje siempre es transmitido a todos los nodos).

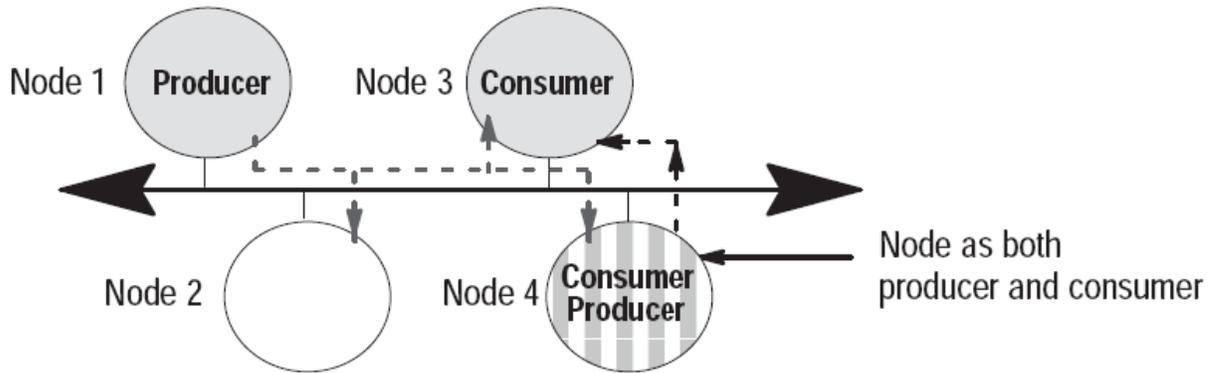
En la figura 9.34 se representa este tipo de conexión.



**Figura 9.34** Conexión Productor/Consumidor tipo Multicast.

En la figura 9.34, Se representa una red compuesta de 8 nodos. La flecha de línea segmentada representa un Mensaje-Objeto. El nodo #1 es el Productor de este Mensaje-Objeto, y los nodos #4, #7 y #8 son sus Consumidores. Aunque todos los nodos ven el mensaje, no todos están interesados en él. En la figura, los nodos #2, #3, #5 y #6 no consumen el mensaje.

Los nodos pueden ser Productores, Consumidores o ambos, según qué operación realicen. En la figura 9.35 se ilustra esta situación.



**Figura 9.35** Los nodos pueden ser Productores, Consumidores o ambos.

El nodo #1 es un Productor que envía un Mensaje-Objeto para los nodos #3 y #4. El nodo #4 es tanto Consumidor como Productor, y envía un segundo Mensaje-Objeto basándose en la información recibida del primer mensaje, del cual fue Consumidor. El Consumidor de este segundo mensaje es el nodo #3.

**9.4.5 Servicios de Transporte**

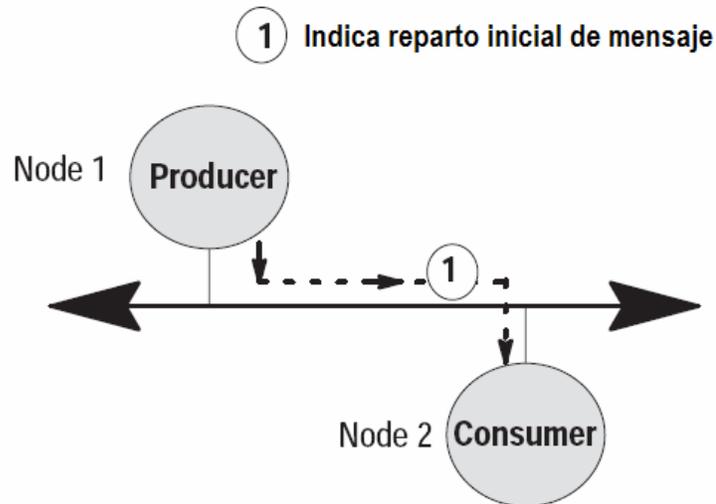
En la tabla 9.2 se enlistan las dos clases de transporte de propósito general que han sido definidas por la red ControlNet. Cada clase de transporte entrega diferentes niveles de servicios. Estos servicios permiten la comunicación entre aplicaciones. Las clases de transporte con números altos incorporan y construyen las funciones de clases de transporte bajas. La aplicación Originadora debe determinar qué clase de transporte es mejor para sus necesidades para la transferencia de un determinado dato.

Clases de Transporte	
Clase Número	Nombre de Clase
1	Detección de duplicación
3	Verificación

**Tabla 9.2.** Clases de Transporte ControlNet.

### a) Transporte Clase 1

El transporte clase 1 es ilustrado en la figura 9.36. Ésta clase sólo entrega un nivel mínimo de servicio con detección de duplicación de datos.



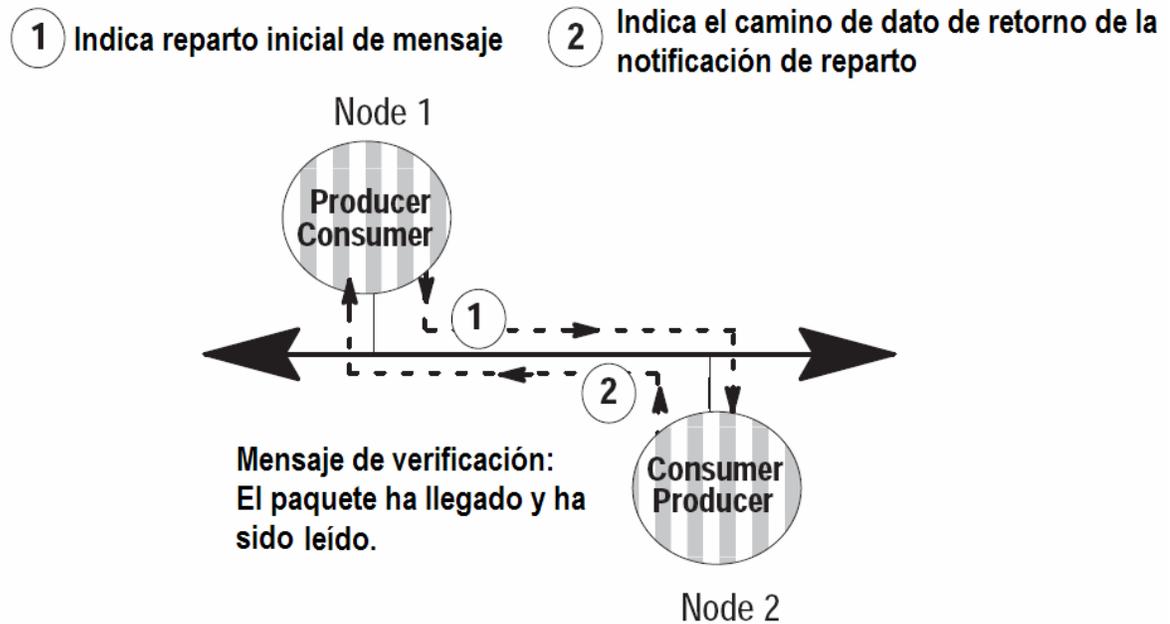
**Figura 9.36** Transporte Clase 1 ControlNet.

Las características de esta clase de transporte son las siguientes:

- Usa una conexión.
- Entrega un encabezado de conteo de secuencia para detectar duplicación de paquetes de datos repartidos.
- No carga ninguna aplicación-objetivo (target) con detección de duplicación.
- Usada para transferencia cíclica de datos.

### b) Transporte Clase 3

El transporte clase 3 es ilustrado en la figura 9.37. Ésta clase sí entrega verificación de datos.



**Figura 9.37.** Transporte Clase 3 ControlNet.

Las características de esta clase de transporte son las siguientes:

- Usa una conexión para repartir datos de aplicación.
- Emplea una segunda conexión para verificar que el dato transmitido ha sido recibido y leído por el Consumidor.
- Usado para transferencia de datos Cambio de Estado (Change-Of-State, COS) y aplicaciones de *triggered* (de disparo).

#### 9.4.6 Tipos de Conexión de Transporte

La red ControlNet soporta dos tipos de conexión:

- **Punto a punto:** ésta conexión usa un Productor y sólo un Consumidor. Ninguna conexión adicional puede ser agregada.
- **Multicast:** ésta conexión permite a un Productor de datos comunicarse simultáneamente con más de un Consumidor.

Ambos tipos, además, son definidos por la aplicación, dependiendo de los servicios particulares que ésta requiera. De esta forma se tiene la siguiente clasificación:

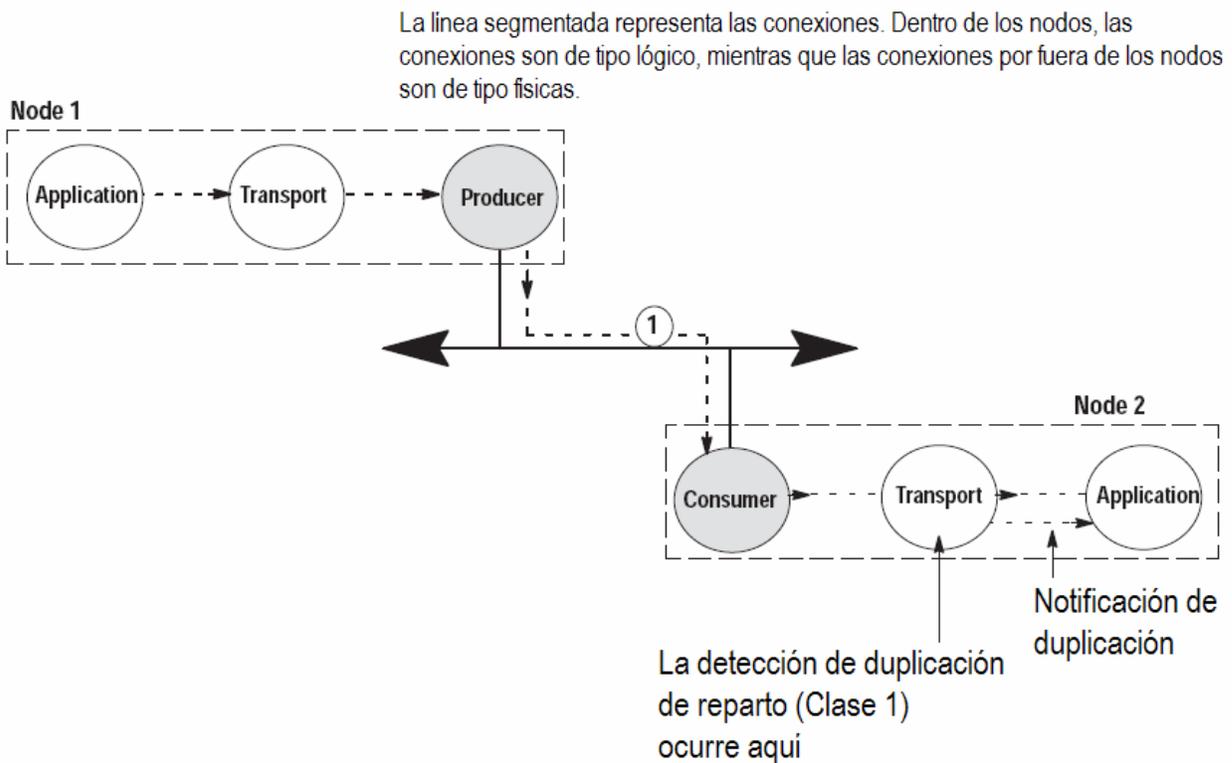
- **Punto a punto Clase 1**
- **Punto a punto Clase 3**
- **Multicast Clase 1**

A continuación se entrega una descripción de los tipos de conexión de transporte.

### a) Punto a Punto Clase 1

La figura 9.38 ilustra una conexión punto a punto entre aplicaciones. En este ejemplo, los datos son simplemente enviados desde una aplicación a otra. La clase 1 de transporte sólo entrega los servicios de reparto de datos y de detección de duplicación de datos; ningún otro.

① Indica reparto inicial de mensaje

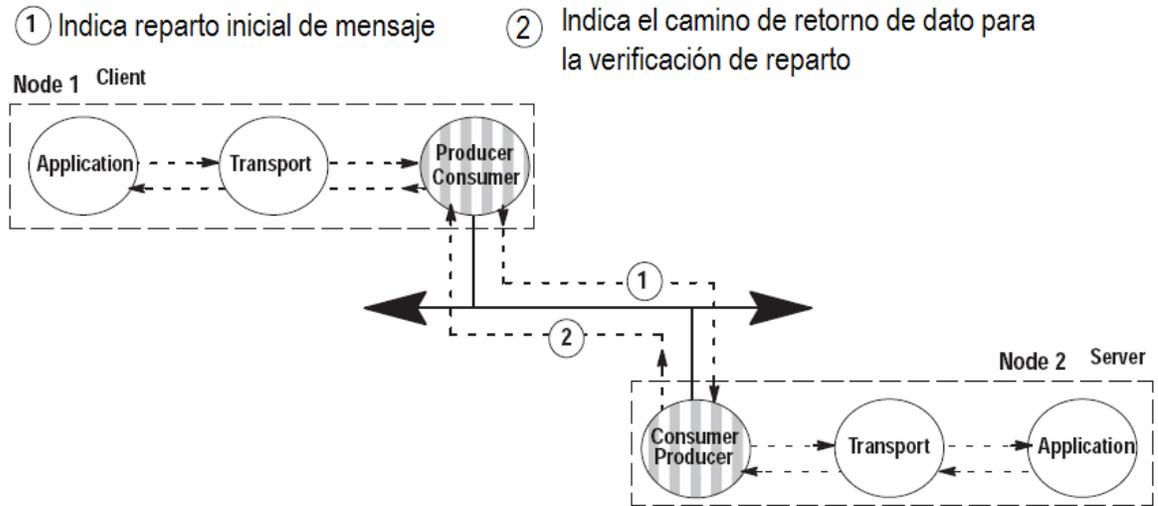


**Figura 9.38** Conexión Punto a Punto usando Transporte Clase 1.

Este tipo de conexión es usado normalmente por transferencia de datos Cíclica I/O (Cyclic I/O).

### b) Punto a Punto Clase 3

La figura 9.39 ilustra una conexión punto a punto con verificación de reparto. En este tipo de conexión, la aplicación especifica un transporte clase 3, con notificación de reparto. Un uso típico de este tipo de conexión es el tráfico de mensajes cliente/servidor.



**Figura 9.39** Conexión Punto a Punto utilizando Transporte Clase 3.

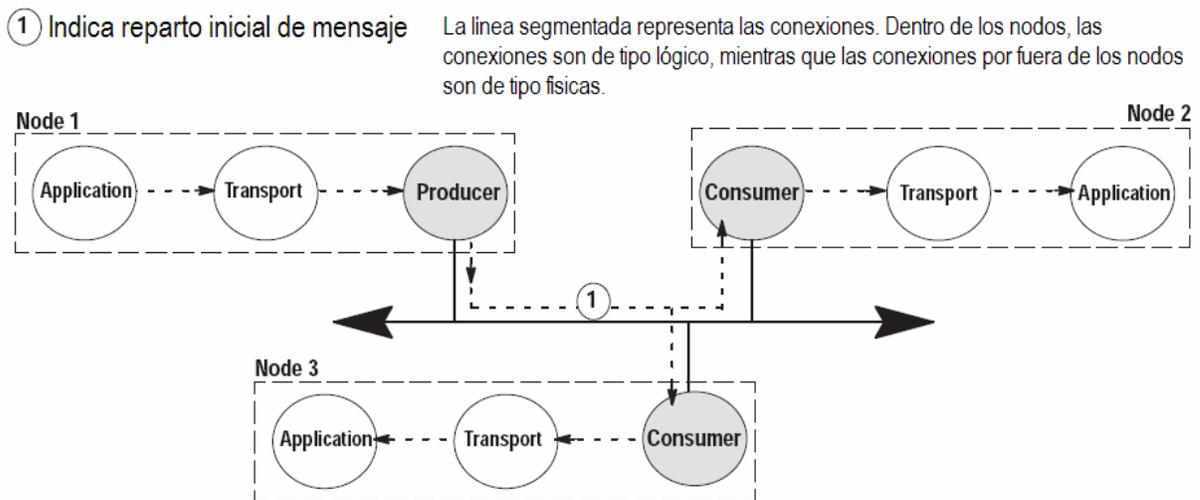
Un cliente es una aplicación que requiere datos desde otra aplicación en una conexión ya establecida. Mientras que un servidor es una aplicación que responde al requerimiento de un cliente enviando este dato en la conexión.

La verificación de reparto no es un requerimiento de la conexión punto a punto, sino que aumenta sus capacidades.

### c) Multicast Clase 1

En la figura 9.40 se representa una conexión multicast de clase 1. En esta conexión un Productor envía un Mensaje-Objeto sobre la red, el cual es consumido por los nodos para los cuales ha sido transmitido. La aplicación puede especificar que se requiere detección de duplicación, aunque no es obligatorio.

Un uso común de este tipo de conexión multicast puede ser un adaptador que envía entradas a múltiples dispositivos scanners.

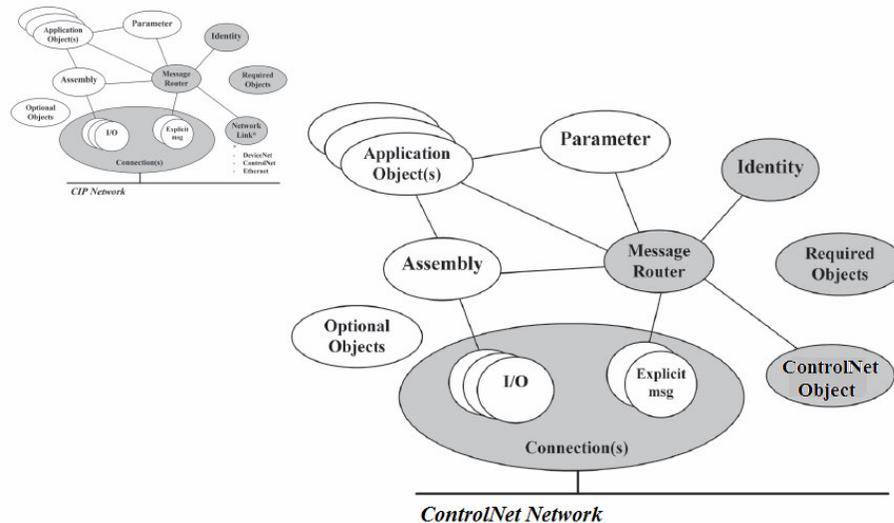


**Figura 9.40** Conexión Multicast utilizando Transporte Clase 1.

## 9.5 Las Capas de Aplicación ControlNet

### 9.5.1 Modelo de Objetos para ControlNet

En la figura 9.41 se muestra la representación abstracta de un dispositivo de la red ControlNet basado en el modelo de objetos, en el contexto de la definición CIP.



**Figura 9.41** Dispositivo de Red ControlNet basado en Modelo de Objetos CIP.

Como se estudió en la sección 4.3, el protocolo CIP define objetos comunes para todos los dispositivos de las redes basadas en este modelo. Dentro de los objetos comunes, existen una cantidad mínima de objetos para que la red sea funcional. Por lo que de la misma manera que para DeviceNet, y como se vio en la sección 4.7.1, los objetos comunes mínimos que debe implementar cada dispositivo de la red son:

- **Identity Object**
- **Message Router Object**
- **Object Connection o Connection Manage Object**
- **Objetos adicionales específicos de red**

Debido a la naturaleza distinta de cada red, se definen objetos adicionales específicos para cada red.

### 9.5.2 Objetos adicionales ControlNet

La especificación CIP, en su volumen 4, define objetos adicionales específicos para la red ControlNet, los que son:

- **ControlNet Object**
- **Keeper Object**
- **Scheduling Object**

#### a) ControlNet Object

El ControlNet Object, traducido al español como Objeto ControlNet, es requerido por todo dispositivo conectado a la red ControlNet. Contiene un servidor de información acerca del estado de las interfaces de los dispositivos ControlNet, entre ellos contadores de diagnóstico, parámetros de timing y el MAC-ID. El ControlNet Object es identificado como un objeto *Class ID* 0xF0.

#### b) El Keeper Object

El Keeper Object, traducido al español como Objeto-Mantenedor, es requerido por todo dispositivo Originador de Conexión, como por ejemplo, un PLC (por tanto, no es necesario que todos los dispositivos lo implementen). La función del Keeper Object es la de retener, a través del software de configuración de la red, una copia del dato de configuración del Originador de Conexión, para todos los dispositivos Originadores de Conexión que estén utilizando la red.

Toda red ControlNet con tráfico de I/O de configuración, debe tener al menos un dispositivo que implemente el Keeper Object, generalmente un PLC (u otro dispositivo Originador de Conexión). Si una red con el tipo de tráfico especificado posee más de un dispositivo con el Keeper Object implementado, se debe determinar a un Keeper-Master (o Mantenedor Maestro). El Keeper Object es identificado como un objeto *Class ID* 0xF1.

### c) El Scheduling Object

El Scheduling-Object, que puede traducirse al español como Objeto de Configuración, es requerido por todo dispositivo Originador de Conexión de Mensajería I/O. Siempre que una herramienta de configuración de red accede a un Originador de Conexión de la red ControlNet, una instancia del Scheduling-Object es creada y un conjunto de servicios de objetos-específicos es usado como interfaz con este objeto. Una vez que la instancia es creada, la herramienta de configuración de red (software instalado en un PC o un programador portátil), puede leer y escribir datos de todas las conexiones originadas desde este dispositivo. Después de haber leído los datos de conexión provenientes de todo Originador de Conexión, la herramienta de configuración de red puede calcular una Configuración Global de la red ControlNet y escribe este dato en todos los Originadores de Conexión. La sesión configuración es finalizada por el borrado de la instancia en el Scheduling-Object.

El Scheduling-Object es identificado como un objeto *class ID 0xF2*.

La tabla 9.3 resume todos los objetos requeridos para que una red ControlNet sea funcional, sean del conjunto común así como los de definición específica de red.

<b>Objetos para ControlNet</b>	
Identity Object	Objetos comunes para redes CIP
Message Router	
Object Connection o Connection Manager Object	
ControlNet Object	Objetos específicos de la red ControlNet
Keeper Object	
Scheduling Object	

**Tabla 9.3.** Resumen de objetos utilizados por ControlNet.

### 9.5.3 Perfil de Dispositivo

Un dispositivo ControlNet puede utilizar cualquiera de los perfiles definidos por CIP (ver sección 4.9). Perfiles *específicos* para ControlNet no han sido desarrollados aún.

### 9.5.4 Configuración

Los dispositivos ControlNet, por lo general, incluyen su Electronic Data Sheets, EDS, traducido al español como Hoja de Datos Electrónica, tal como se describió en la sección 4.10. Para las herramientas de configuración basadas en EDS, éste debe contener una sección de Connection Manager (o de Gestión de Conexión), para describir los detalles de las conexiones que pueden ser hechas en el dispositivo. Esta sección es básicamente un reflejo de los contenidos del mensaje Forward\_Open (o Reenvío\_Abierto en español) que un Originador de Conexión enviaría al dispositivo. Múltiples conexiones pueden ser especificadas dentro de un EDS, entonces una o más pueden ser escogidas por la herramienta de configuración.

En los anexos 3 y 4 se muestra el código EDS dos dispositivos para la red de campo ControlNet.

# CAPÍTULO X

## DISPOSITIVOS PARA LA RED DE CAMPO CONTROLNET

### 10.1 Introducción

Para la implementación de distintas aplicaciones con la red de campo ControlNet, es importante estar familiarizado con los diferentes componentes hardware y software que se requerirán en un determinado proyecto. Debido a esto, es que en el presente capítulo se entrega una visión panorámica de los distintos dispositivos que pueden componer una red ControlNet, clasificándolos y describiendo sus principales características.

### 10.2 Clasificación de los componentes

Los componentes de la red se clasifican según su función. En la figura 10.1 se muestra la representación de una red ControlNet con la clasificación de sus componentes.

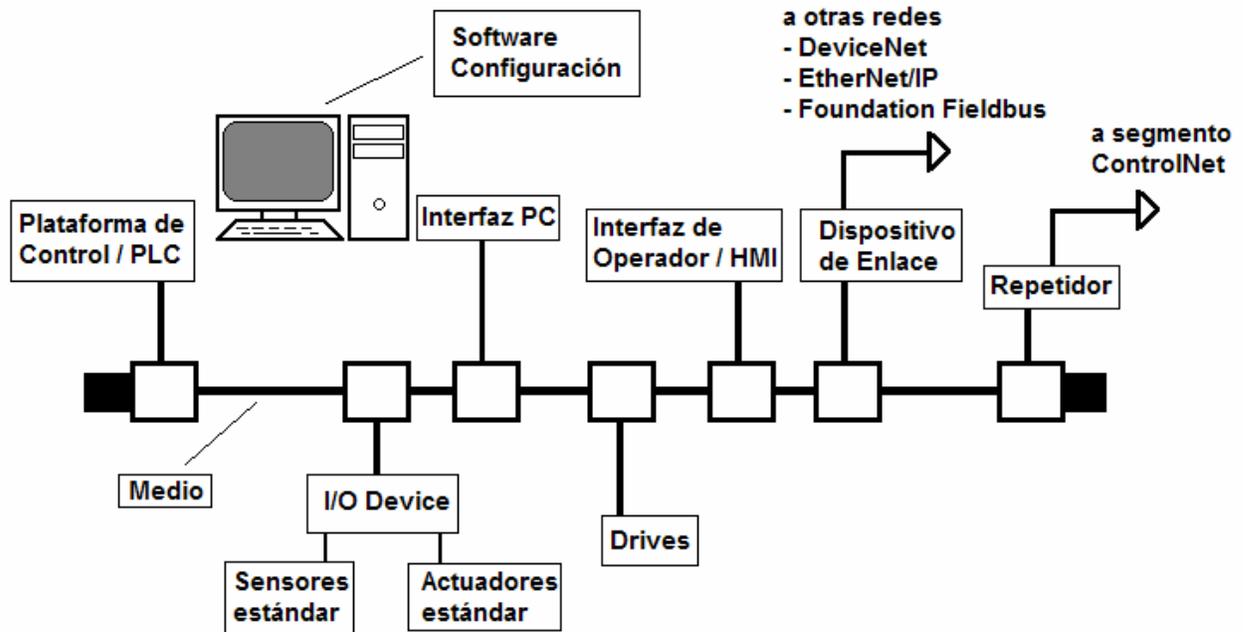


Figura 10.1. Componentes de la red ControlNet.

Como se observa en la figura anterior, los dispositivos que pueden componer una red ControlNet se puede clasificar en las siguientes clases:

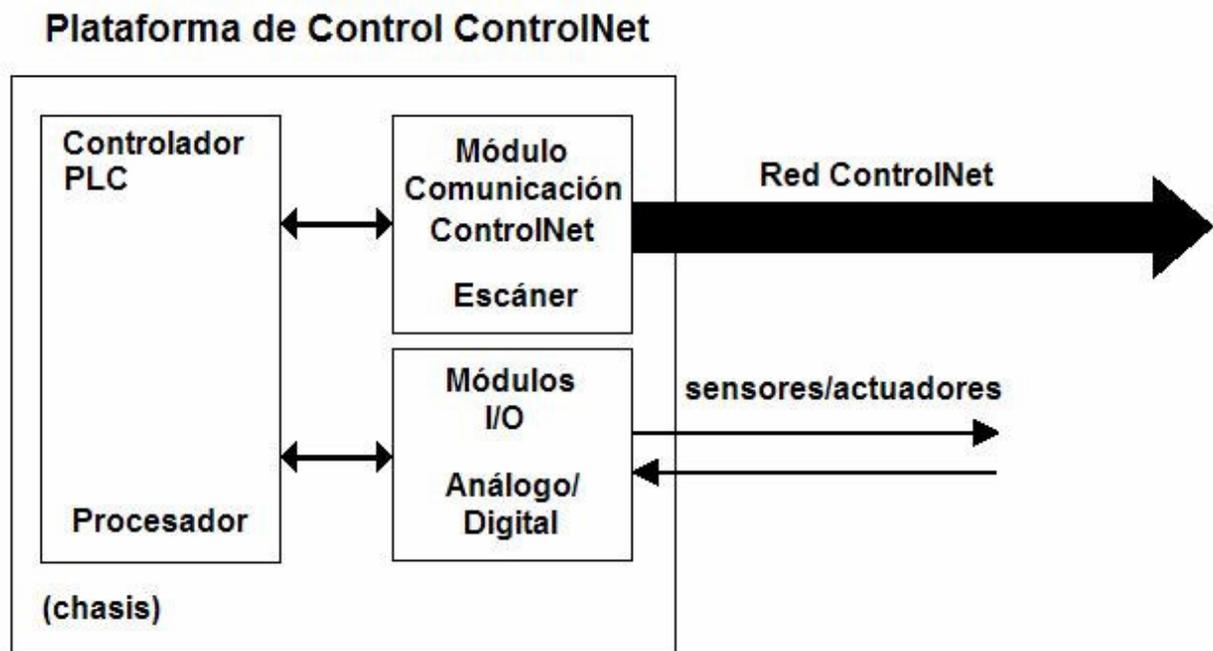
- Plataforma de Control\*
- Medio\*
- Software de Configuración\*
- Interfaz para PC\*
- I/O Device
- Interfaz de Operador
- Drives
- Repetidor
- Dispositivo de Enlace

\*componentes imprescindibles

Debe considerarse que la clasificación anterior abarca todos los componentes aplicables a una red ControlNet. Las clases marcadas con un “\*” son imprescindibles en toda red ControlNet. Por otra parte, el requerimiento de las demás clases de componentes dependerá de la aplicación de la red. Por ejemplo, si se implementará una red ControlNet para el control de motores AC, se requerirá de algún Drive.

### 10.3 Plataforma de Control

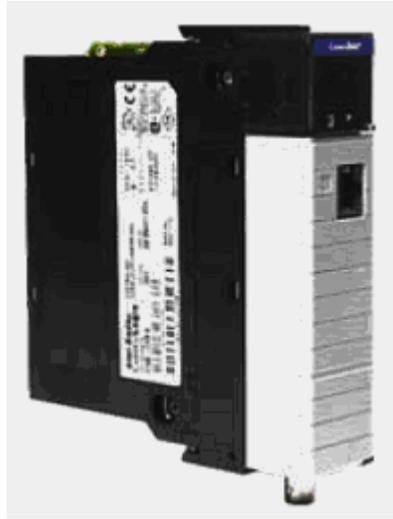
Las plataformas de control para ControlNet son las mismas utilizadas para DeviceNet. En la figura 10.2 se muestra el diagrama esquemático de una plataforma de control para ControlNet.



**Figura 10.2.** Esquema de una plataforma de control ControlNet.

Se puede observar que las características son similares a las de DeviceNet. La plataforma ControlLogix, por ejemplo, también es aplicable a ControlNet utilizando el mismo PLC (procesador) 1756-L55 (ver sección 7.3.1).

Respecto al módulo de comunicación, se utiliza uno especializado para la red ControlNet. Por ejemplo, el módulo 1756-CNB, de la plataforma ControlLogix, entrega soporte para la comunicación entre el PLC y los dispositivos de la red ControlNet. Además, puede operar como escáner para la colección de datos. En la figura 10.3 se muestra el aspecto físico de este módulo.



**Figura 10.3.** Módulo de comunicación/escáner ControlNet.

El módulo 1756-CNB se conecta en el chasis para ControlLogix, tal como el módulo 1756-DNB DeviceNet. También, se observa en su parte frontal el puerto NAP (RJ-45) para programación manual a través un dispositivo de programación portátil. Otras características de éste módulo se listan a continuación.

- Capacidades de Entrada/Salida (sirve como módulo de comunicación para dispositivos de entrada/salida para ControlLogix).
- Mensajería Peer-to-peer
- Comunicación Scheduled
- Comunicación Unscheduled

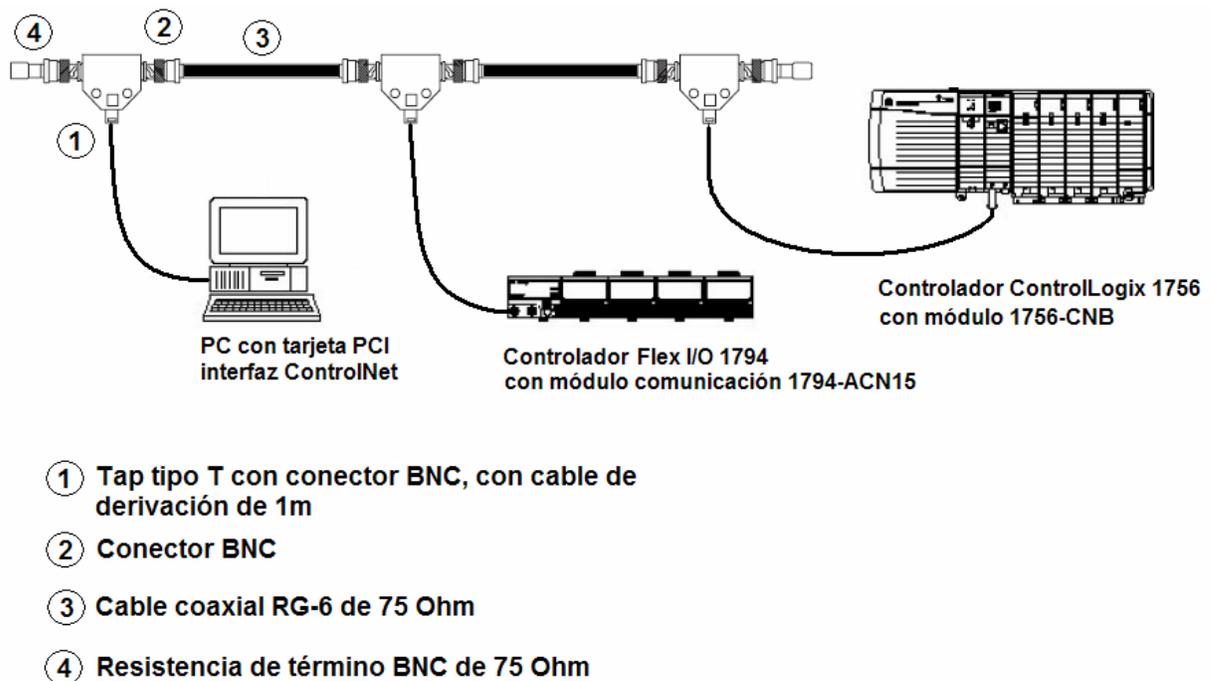
### 10.3.1 Interconexión con redes CIP

Si una plataforma de control, tal como lo es ControlLogix, tiene instalados módulos de comunicación ControlNet, DeviceNet y EtherNet/IP (el cual posee las capacidades de comunicación para redes EtherNet), entonces es posible la integración de estas redes en una sola

arquitectura de control, que involucra desde los dispositivos de planta (primer nivel CIM), hasta el nivel de empresa (quinto nivel CIM).

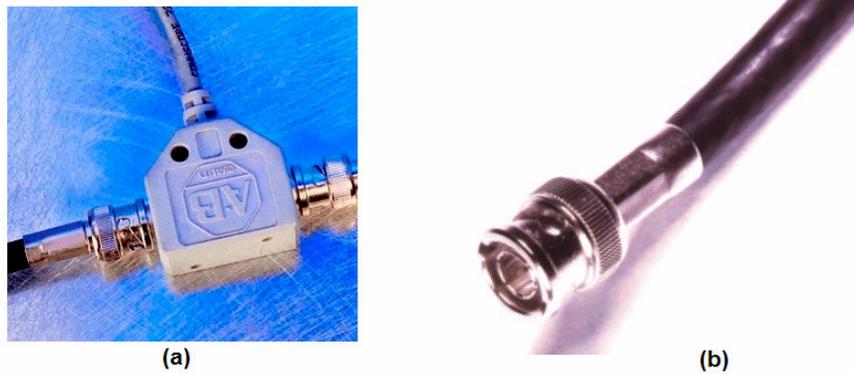
#### 10.4 Medio

Como se vio en el capítulo dedicado a la capa física ControlNet, el medio utilizado por ControlNet es el cable coaxial RG-6, de  $75\Omega$ , como el utilizado en TV Cable. En la figura 10.4 se muestra una configuración típica de una red ControlNet en este medio.



**Figura 10.4.** Medio de cable coaxial en una red típica ControlNet

En la figura 10.5 se muestra el aspecto real de un tap y del cable coaxial ControlNet.



**Figura 10.5.** Aspecto real de medio físico ControlNet: (a) Tap tipo T; (b) Cable coaxial RG-6 con conector BNC.

### 10.4.1 Medios especiales

#### a) Fibra óptica

La red ControlNet, también tiene la opción de utilizar medios de fibra óptica, especialmente para la conexión de redes extensas. A través de este medio, la red total ControlNet puede alcanzar los 20km.

Una aplicación típica del medio de fibra óptica es servir como anillo para la conexión de varios segmentos de red ControlNet.

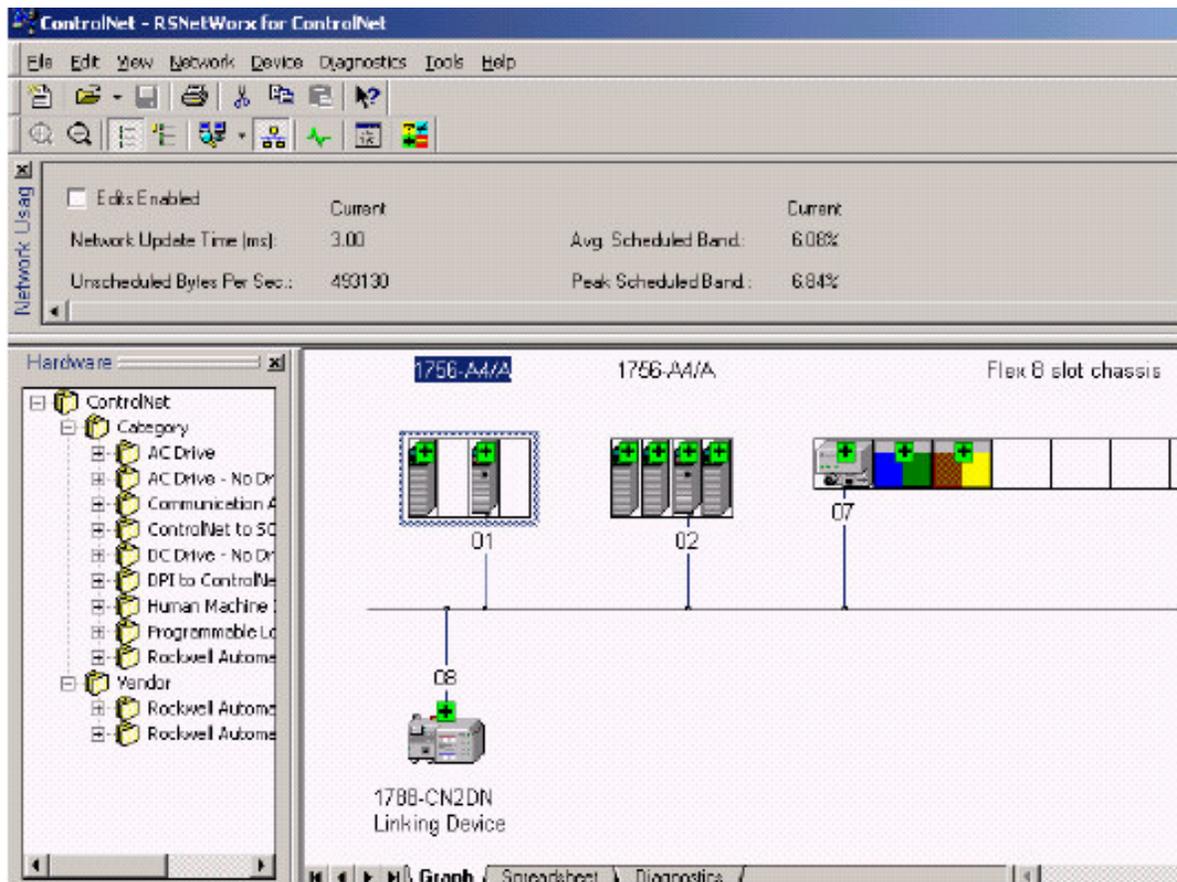
#### b) Seguridad Intrínseca

ControlNet entrega medios con características especiales de Seguridad Intrínseca, que se refiere a especificaciones para circuitos eléctricos y electrónicos destinados a operar en áreas explosivas. En este medio, el tipo de conector utilizado es TNC.

## 10.5 Herramientas de Software

Las herramientas de software utilizadas por ControlNet son las mismas utilizadas en DeviceNet. Es decir, los softwares Architecture Builder, RSLogix5000, RSNetWorx y RSLinx también son utilizados en ControlNet.

Respecto al programa RSNetWorx para la configuración de la red, se debe emplear la versión diseñada para ControlNet. En la figura 10.6 se muestra una captura de pantalla del programa RSNetWorx para ControlNet.



**Figura 10.6.** Captura de pantalla del programa RSNetWorx para ControlNet.

## 10.6 Interfaz para PC

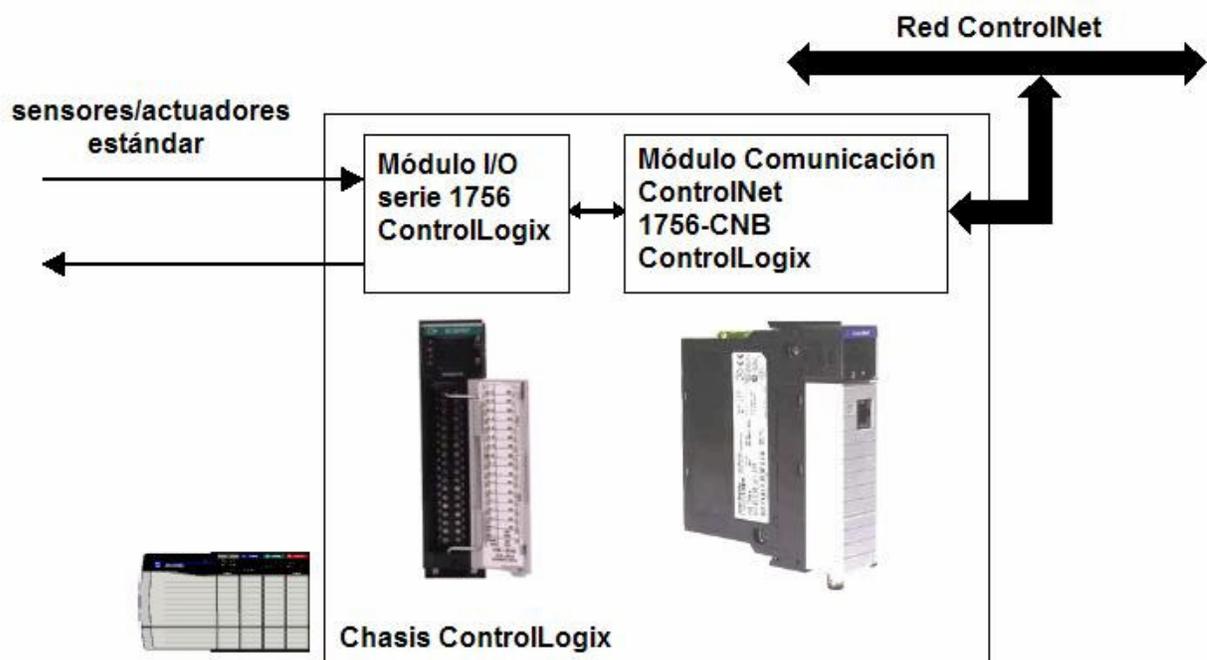
En la red ControlNet, los computadores son conectados a través de tarjetas electrónicas que sirven de interfaz. Tanto computadores personales (PCs) de escritorio (desktop) y portátiles (Laptop) pueden utilizarse para configurar la red al instalarles una tarjeta de interfaz o conectar algún módulo de comunicación. De esta manera, se integran a la red como un nodo más. En la tabla 10.1, tomada de un catálogo para ControlNet del fabricante Allen-Bradley, se muestran distintas interfaces para PC junto a sus características.

If your computer	select	catalog number	specifications
has a PCMCIA slot and you want to program, monitor or configure network operations, perform maintenance or troubleshooting	ControlNet PCMCIA Communication Interface Card Network Access Cable 	1784-PCC  1784-PCC1 (included with card, but can be ordered separately)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• supports 31 unscheduled connections</li> <li>• drivers for Windows 95/98/Me/NT/2000/XP</li> </ul>
has 5V PCI slots and you want to perform unscheduled messaging, unscheduled HMI traffic, programming, monitoring or configuring network operations, maintenance or troubleshooting with a SoftLogix5800 controller	ControlNet PCI Bus Interface Card 	1784-PCIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• supports 128 unscheduled connections</li> <li>• drivers for Windows 98/Me/2000/XP</li> </ul>
has 5V PCI slots and you want to perform scheduled or unscheduled messaging, unscheduled HMI traffic, programming, monitoring or configuring network operations, maintenance or troubleshooting  control I/O with a SoftLogix5800 controller	ControlNet PCI Bus I/O Bridge Card 	1784-PCICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• supports 128 unscheduled and 127 scheduled connections</li> <li>• drivers for Windows 2000/XP</li> </ul>
uses an ISA/EISA bus interface and you want to link your application to any ControlNet network to perform unscheduled messaging, unscheduled HMI traffic, go online, or configure the network	ControlNet ISA Bus Interface Card 	1784-KTCX15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• supports 25 unscheduled connections</li> <li>• drivers for Windows 95/98/Me/ NT/2000/XP</li> </ul>
uses an ISA/EISA bus interface and you want to perform scheduled messaging or control ControlNet I/O with a SoftLogix5 controller or control ControlNet I/O with an application like C++ or Visual Basic.	ControlNet ISA Bus Scanner Card 	1784-KTCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• supports 127 scheduled connections</li> <li>• drivers for Windows NT/2000</li> <li>• use the IOLinx™ Software Development Kit (SDK) as an I/O application interface for software such as SoftLogix, custom Visual Basic programs, and custom Visual C++ programs</li> </ul>
has a serial port which you want to use to connect devices to a ControlNet network	ControlNet Communication Module	1770-KFC15 or 1770-KFCD15 or 1747-KFC15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• requires a 115/230V ac power source (1770-KFC15)</li> <li>• requires a 24V dc power source (1770-KFCD15)</li> <li>• receives power from the SLC chassis backplane (1747-KFC15)</li> <li>• supports 14 connections (1770-KFC15)</li> <li>• supports 32 connections (1747-KFC15)</li> <li>• drivers for Windows 95/98/NT/2000/XP</li> </ul>

**Tabla 10.1.** Interfaces ControlNet para PC.

### 10.7 Dispositivos de entrada/salida (I/O Device)

La red ControlNet también conecta dispositivos de entrada/salida para sensores y actuadores estándar. Para ello debe conectarse un módulo de comunicación, tal como el 1756-CNB, para que permita la adaptación de las entradas y salidas al protocolo ControlNet. De esta manera, es posible la distribución de las entradas y salidas en toda la red. En la figura 10.7 se representa la conexión de un dispositivo de entrada/salida en una red ControlNet.



**Figura 10.7.** Dispositivo de entrada/salida para ControlNet de la plataforma ControlLogix.

Los módulos de entrada/salida que se conectan a la red ControlNet, son los mismos que se conectan directamente al PLC. En el caso representado en la figura 10.7, los módulos de la serie 1756 del fabricante Allen-Bradley, pertenecen a la plataforma ControlLogix y se pueden conectar directamente a un PLC 1756-L55.

## **10.8 Interfaz de Operador**

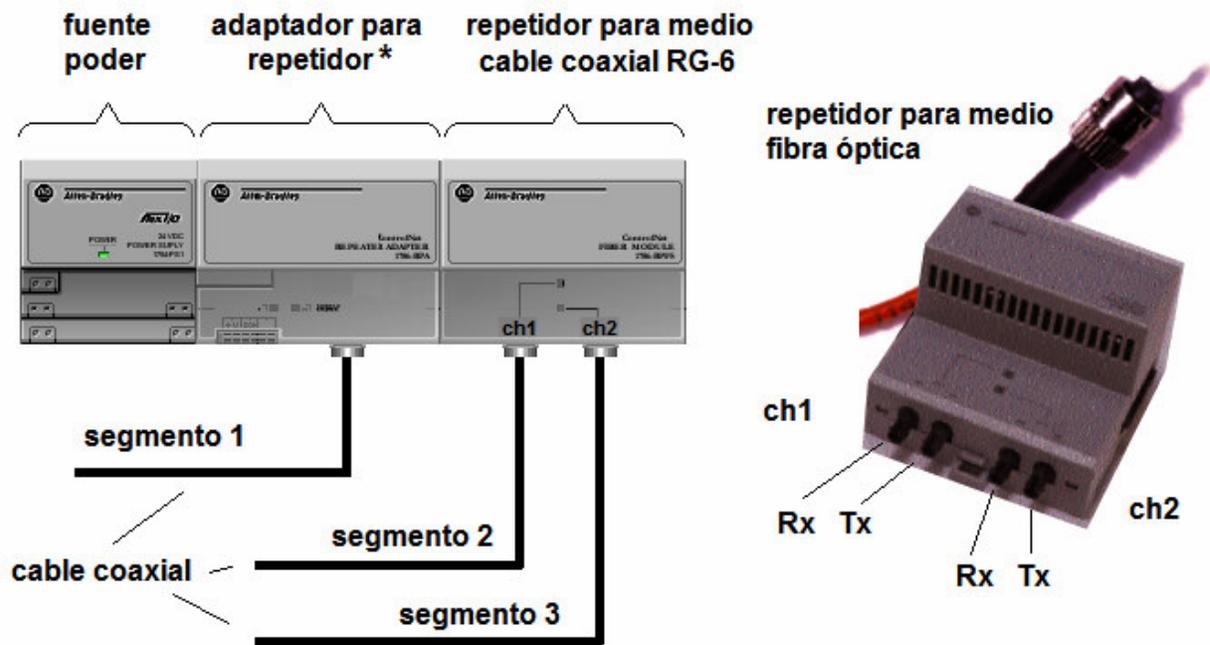
La red ControlNet admite al conexión de interfaces de operador que tengan posibilidades de comunicación con la red, ya sea incorporada, o a través de algún adaptador de comunicación. Por ello, las interfaces de operador PanelView e InView, que se utilizan también para DeviceNet, también pueden ser utilizadas en ControlNet (ver sección 7.12). Los dispositivos PanelView incorporan integrada la comunicación para ControlNet, mientras que a los dispositivos InView se les debe conectar un adaptador de comunicación.

## **10.9 Drives**

Los Drives para ControlNet son los mismos utilizados en DeviceNet, y de la misma forma que para esa red, debe conectárseles un adaptador de comunicación (ver sección 7.14).

## 10.10 Repetidor ControlNet

Los repetidores ControlNet trabajan a nivel de capa física y permiten extender la longitud y el tamaño de la red. En la figura 10.8 se muestran los repetidores del fabricante Allen-Bradley, modelos 1786-RPCD para medio de cable coaxial RG-6, y 1786-RPFS para medio de fibra óptica.

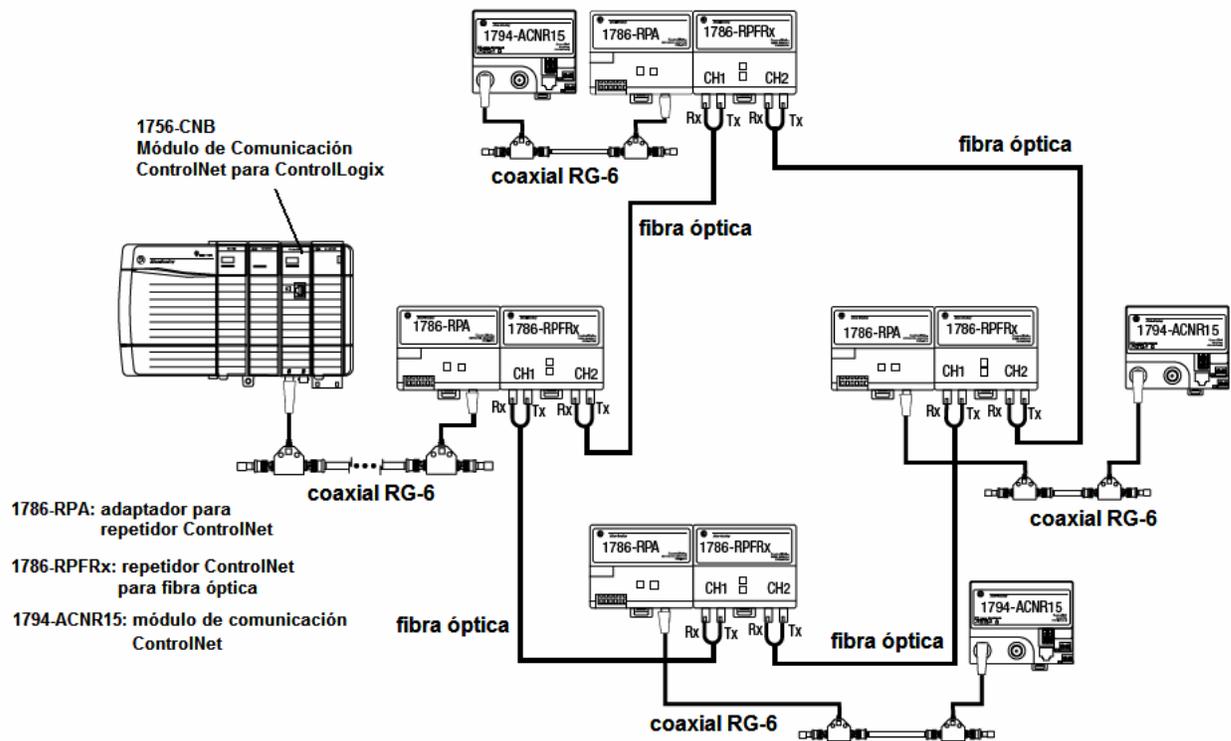


**\* se utiliza el adaptador para repetidor tanto para medio coaxial como para fibra óptica**

**Figura 10.8.** Repetidores ControlNet para medio coaxial y fibra óptica.

Pueden utilizarse hasta 20 repetidores en serie, y con medio de fibra óptica, puede obtenerse una longitud de red de hasta 20km.

En la figura 10.9 se muestra un diagrama esquemático que representa la disposición de repetidores para formar un anillo de fibra óptica.



**Figura 10.9.** Disposición de repetidores para formar un anillo de fibra óptica.

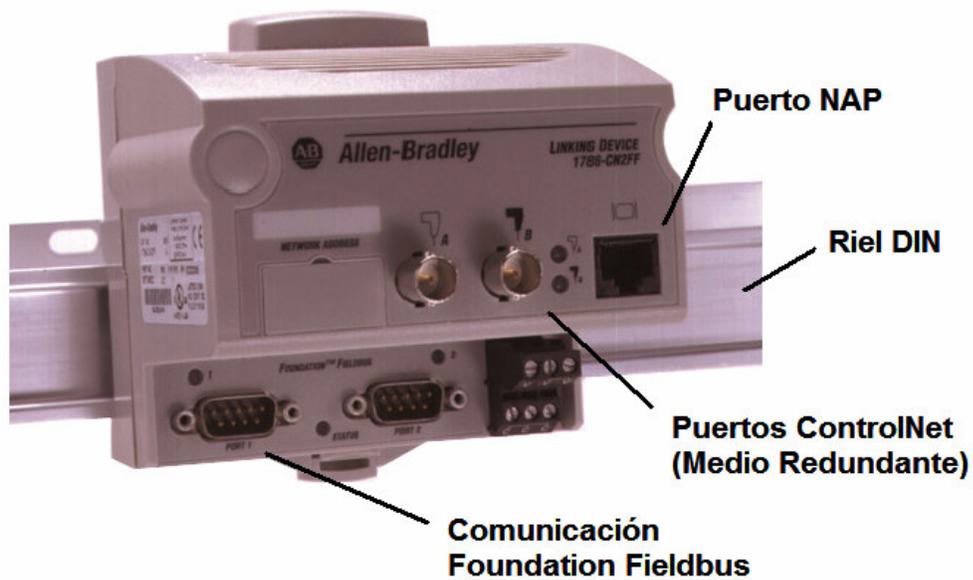
Este anillo enlaza segmentos distribuidos de la red ControlNet contruidos con medio de cable coaxial RG-6. Ésta es una de las principales aplicaciones para los repetidores y el medio de fibra óptica.

### 10.11 Dispositivo de Enlace

La red ControlNet puede conectarse a otras redes a través de dispositivos de enlace. Como parte de la familia de redes CIP, puede interconectarse a las redes DeviceNet y EtherNet/IP. En la sección 7.16.1 se mostró un dispositivo de enlace entre DeviceNet y ControlNet.

Además de las redes de la familia, CIP, ControlNet puede además interconectarse a otras redes como Foundation Fieldbus. En la figura 10.10 se muestra el dispositivo de enlace 1788-

CN2FF del fabricante Allen-Bradley, que permite mapear datos desde una red Foundation Fieldbus y ser procesados en una red ControlNet.



**Figura 10.10.** Dispositivo de enlace Foundation Fieldbus a ControlNet.

Pueden observarse en la figura los puertos ControlNet para conector BNC, así como los puertos para Foundation Fieldbus en formato DB-9. Se muestra también, el puerto NAP para la configuración de la red ControlNet a través de un programador portátil.