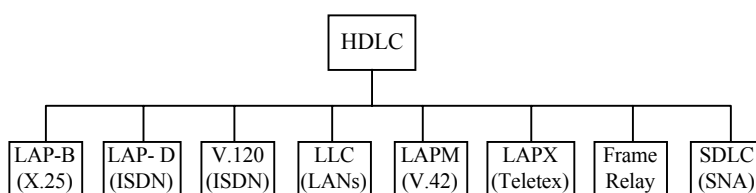


# PROTOCOLO HDLC

## 6.1 GENERALIDADES

El HDLC es una especificación de protocolo de línea orientado al bit, de la Organización Internacional de Estándares (ISO) y es la base para desarrollar numerosos protocolos ampliamente usados en la capa de enlace. La figura 6.1 ilustra cómo el HDLC ha conseguido penetrar en la industria.



**Figura 6.1** La familia HDLC

- **LAPB:** Es el procedimiento de acceso al enlace balanceado usado en las interfaces X.25, nivel 2. Opera dentro de las tres capas del X.25 en el nivel enlace y procura una entrega segura de los datos entre el dispositivo del usuario y la red de paquetes.
- **LAPD:** Es el procedimiento de acceso al canal D usado en las interfaces ISDN. Su objetivo es entregar los mensajes ISDN con seguridad entre los dispositivos del usuario y el nodo ISDN.
- **V.120:** Esta recomendación contiene un protocolo HDLC usado en los adaptadores de terminal ISDN para operaciones de multiplexaje. Usa muchos de los conceptos del LAPD para el direccionamiento y permite el multiplexaje de múltiples usuarios sobre un solo enlace.
- **LLC:** El protocolo de control del enlace lógico se usa en las redes de área local IEEE.802 e ISO8802. Se configura de muchos modos para dar distintos tipos de servicios HDLC.
- **LAP-M:** El protocolo de procedimiento de acceso al enlace para módems es relativamente nuevo y da a éstos una gran capacidad HDLC. Opera dentro de los módems con norma V.42 y gestiona la entrega segura del tráfico a través del enlace de comunicaciones entre dos módems.
- **LAP-X:** Es un protocolo de control *half duplex* usado en la tecnología teletex.
- **FRAME RELAY:** Este protocolo usa un procedimiento HDLC para sus operaciones de enlace. Su nombre se debe a su propósito de relevar una trama tipo HDLC a través de la red. El *Frame Relay* fue derivado de muchas de las operaciones del LAPD y el V.120.
- **SDLC:** Este protocolo es la capa dos de la Arquitectura de redes para sistemas (SNA) de la IBM, que es un protocolo multicapa. Es responsable de una entrega segura del tráfico.

Ahora podemos comprender cuan importante es este protocolo y sus operaciones básicas. Conociéndolo, se puede interpretar la operación de muchos otros protocolos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que estos usan varias combinaciones de las características del HDLC y en algunos casos operaciones propietarias, por lo cual se requiere la información fuente.

## 6.2 ELEMENTOS BÁSICOS

Para entender el protocolo HDLC son fundamentales cuatro conceptos básicos. De la comprensión de estos elementos se consigue la habilidad de colocarlos en un cuadro completo que hace al HDLC. Estos elementos constitutivos son:

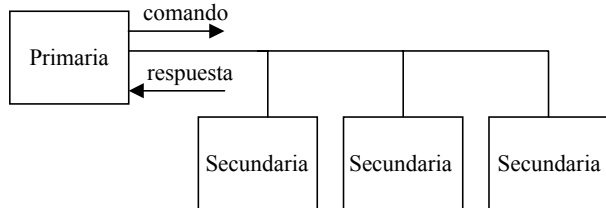
- a) Las definiciones de estaciones primaria, secundaria y combinada con sus respectivas responsabilidades.
- b) Los dos tipos de configuraciones de línea: balanceada y desbalanceada.
- c) Los modos de transferencia de los datos: NRM, ABM y ARM.
- d) El formato de esta información en grupos para la transferencia de los datos, es decir la estructura de la trama.

### 6.2.1 TIPOS DE ESTACIONES: PRIMARIA, SECUNDARIA Y COMBINADA

En cualquier enlace HDLC que conecta a dos estaciones, se definen tres tipos de estaciones:

#### a) Estación primaria

Esta estación tiene la responsabilidad primaria para controlar el enlace. Tiene las capacidades de control más grandes de las dos estaciones, asume la responsabilidad del flujo de los datos y de la recuperación de errores del enlace. Las tramas que esta genera son llamadas *comandos*.



**Figura 6.2** Estaciones primaria y secundaria, en configuración desbalanceada

#### b) Estación secundaria

Es una estación que opera bajo el control de la estación primaria. Las tramas generadas por la estación o estaciones secundarias son llamadas *respuestas*. La primaria mantiene un enlace lógico con cada una de las secundarias en la línea cuando se comunica con cada una de ellas.

Las estaciones primaria y secundaria se muestran en la figura 6.2.

#### c) Estación combinada

Combina características de estaciones primaria y secundaria. Una estación que tiene conectados múltiples enlaces de datos puede asignarse como estación primaria y las otras, como secundarias. La figura 6.2 muestra la comunicación de una estación primaria con varias secundarias. Un enlace se asigna sólo a una estación primaria; el enlace puede tener múltiples estaciones secundarias en configuración punto a punto o multipunto. La figura 6.3 muestra dos estaciones combinadas.

### 6.2.2 TIPOS DE CONFIGURACIONES DE LÍNEA

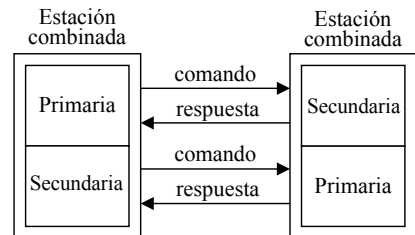
Las estaciones en un enlace HDLC pueden tener las siguientes dos configuraciones:

#### a) Configuración desbalanceada

Esta configuración consiste en una primaria y una o más secundarias y soporta tanto transmisiones *half duplex* y *full duplex* y se emplea en enlaces punto a punto y multipunto. Se presenta en la figura 6.2.

#### b) Configuración balanceada

Usada sólo en operaciones punto a punto. Ésta consiste en dos estaciones combinadas y soporta transmisiones *half duplex* y *full duplex*. Se muestra en la figura 6.3.



**Figura 6.3** Estaciones combinadas en configuración balanceada

### 6.2.3 MODOS DE ESTACIÓN SECUNDARIA

En esta sección describiremos los tres modos de una estación secundaria.

#### a) Modo Normal de Respuesta (*Normal Response Mode - NRM*)

Se usa en una configuración desbalanceada y sólo se da entre una estación primaria y una o varias estaciones secundarias para una transferencia normal de datos. En este modo NRM una estación secundaria no iniciará transmisiones a menos que se lo soliciten. La secundaria sólo transmite en respuesta a una encuesta (*Poll*), que es un comando recibido desde la estación primaria con el bit **P** puesto a **1** en el campo de control. La respuesta de la secundaria puede consistir en una o más tramas. El bit **final** (bit **F**) se pone a 1 sólo en la trama final de respuesta final de la secundaria.

Este modo se utiliza en líneas multipunto, en donde una gran cantidad de terminales están conectados a la computadora principal (*host*). La computadora encuesta a cada terminal y les solicita que envíen sus datos. También se emplea en enlaces punto a punto. En este modo trabaja el protocolo SDLC de IBM, que está muy extendido.

#### b) Modo Asíncrono Balanceado (*Asynchronous Balanced Mode - ABM*)

Este modo se utiliza en una configuración balanceada, pero sólo se da entre dos estaciones combinadas. En este caso, cualquiera de las estaciones puede iniciar las transmisiones sin esperar permiso de la otra. Este modo emplea más eficientemente los enlaces *full duplex* punto a punto, ya que no existe sobreencabezamiento de la encuesta (*polling overhead*). En este modo trabaja el nivel 2 (nivel enlace) del protocolo X.25.

#### c) Modo de Respuesta Asíncrono (*Asynchronous Response Mode - ARM*)

Este modo se usa en una configuración desbalanceada, pero sólo se da entre una estación primaria y una o varias estaciones secundarias. Para una transferencia normal de los datos, una estación secundaria en este modo ARM podría iniciar transmisiones sin permiso explícito de la primaria; por ejemplo, enviar una respuesta sin esperar un comando. Sin embargo, la primaria aún retiene la responsabilidad de la línea, incluyendo la inicialización, recuperación de errores y la desconexión lógica. Este modo se usa raramente, y aplicado a una encuesta en *hub* (*hub polling*) y otras situaciones especiales, por lo cual no será ampliado.

### 6.2.4 TRAMAS DE TRANSMISIÓN

Todas las transmisiones de un enlace HDLC se organizan en un formato específico llamado “trama”. En la figura 6.4 mostramos una trama básica HDLC. La trama permite a la estación receptora determinar:

- Cuándo empieza o acaba la transmisión.
- Si la trama recibida tiene o no tiene error.
- Si una determinada transmisión corresponde a esa estación receptora.
- Qué acciones deben tomarse de acuerdo a la transmisión recibida.
- La información específica enviada a esa estación receptora.

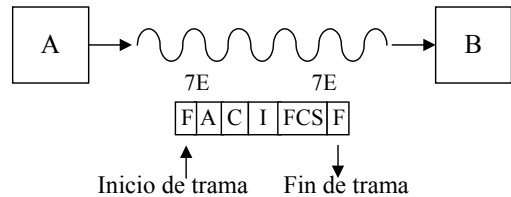


Figura 6.4 Estructura de la trama HDLC

El formato de la trama HDLC se compone de:

- a) **Flag de inicio (F):** (8 bits) Indica el principio de la trama.
- b) **Campo de dirección (A):** (1 ó más octetos) Identifica siempre a la estación secundaria que está enviando o que va a recibir una trama.
- c) **Campo de control (C):** (8 ó 16 bits) Especifica el propósito de la trama.
- d) **Campo de información opcional (I):** (longitud variable) Contiene los datos de información.
- e) **Campo de control de errores (FCS):** (16 ó 32 bits) Permite al dispositivo receptor revisar la exactitud de la trama.
- f) **Flag de final (F):** (8 bits) Que señala el fin de la trama.

A continuación describiremos las funciones de cada campo de la trama.

## 6.3 DESCRIPCIÓN DE LA TRAMA HDLC

### 6.3.1 FLAG DE INICIO (F)

Se denomina “banderas” o *flags* al primer octeto de la cabecera y al último octeto de la cola. El primer *flag* sirve como referencia a todos los octetos que le siguen. La representación binaria para los *flags* de inicio y de fin es: “01111110” o en hexadecimal: 7E.

Todas las estaciones activas conectadas a los enlaces buscan continuamente el *flag* para sincronizar el inicio de una trama. Una vez recibida la trama, continúa buscando el *flag* final para determinar el fin de la trama. El *flag* final puede servir como *flag* de inicio de la siguiente trama. También el cero final de un *flag* final puede servir como el cero inicial de la trama siguiente.

La configuración de octetos de *flag* no debe aparecer en cualquier parte del campo de datos de la trama. Para evitar que este octeto o su forma ocurra accidentalmente se utiliza una técnica conocida como “inserción del bit cero”.

Cuando un dispositivo HDLC tiene una trama que transmitir, primero hace un barrido de la información contenida entre los dos *flag* (de inicio y final). Si encuentra cinco dígitos 1 consecutivos, el dispositivo inserta un bit 0 después del quinto bit 1. Cuando el receptor recibe la trama, éste también hace un barrido de la trama. Si el receptor detecta cinco bits 1 contiguos seguidos por un bit 0, extrae y elimina el bit 0 y la secuencia de bit se restaura a su configuración original. Esta propiedad también es conocida como “transparencia de datos”.

### 6.3.2 CAMPO DE DIRECCIÓN

Tiene el mismo propósito que la dirección del destinatario o del remitente en una carta enviada por correo convencional. Siempre la trama contiene la dirección de la estación secundaria. Es un octeto con un valor hexadecimal entre “01” y “FE”, el cual direcciona únicamente a una estación sobre un enlace. Las direcciones se clasifican conforme muestra la tabla 6.1.

TIPO DE DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
Dirección de Estación (01 - FE Hex)	Su propia dirección individual.
Dirección de Grupo (01 - EF Hex)	Dirección común a un determinado número de estaciones.
Dirección <i>Broadcast</i> (FF Hex)	Dirección que todas las estaciones del enlace aceptan.
Dirección sin estación (00 Hex)	Es reservada para diagnóstico o para casos de depuración.

Tabla 6.1 Direcciones de la trama

### 6.3.3 CAMPO DE CONTROL

Es el campo de un octeto que sigue inmediatamente al campo de dirección, según se aprecia en la figura 6.5. El campo de control establece todas las funciones de control sobre un enlace de datos HDLC. Este campo define la función de tres tipos de trama:

#### a) XXXXXXXXO - Trama de Información (I)

Es el vehículo de transferencia de información. Su función principal es transportar los datos del usuario. Contiene el campo de control, las cuentas de las tramas transmitidas ( $N_s$ ) y las tramas recibidas. Estas cuentas son:

- **Ns** : Cuenta la secuencia de tramas transmitidas (*send*).
- **Nr** : Da el número ( $N_s$ ) de la trama que la estación que transmite espera recibir.

Adicionalmente, puede controlarse el flujo de los datos y pedir retransmisión usando un mecanismo de solicitud de retransmisión automática (*Automatic ReQuest –ARQ*), que se coloca en la trama de información. Más adelante se verá en detalle.

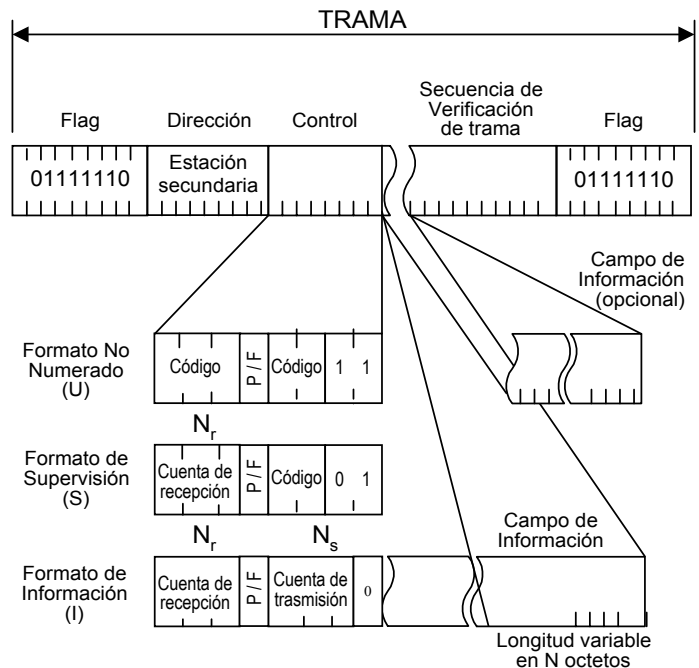


Figura 6.5 Campo de control HDLC

**b) XXXXXX01 - Trama de Supervisión (S)**

Las tramas S transportan información necesaria para las funciones de control de supervisión (control de flujo y control de errores). Sus características son las siguientes:

- No transportan información de usuario.
- Confirman tramas recibidas.
- Transportan condiciones de ocupación o disponibilidad (control de flujo).
- Reportan errores de numeración de las tramas de recepción (Nr), indicando que una trama de información se recibió fuera de secuencia (control de errores).

**c) XXXXXX11 - Trama No Numerada (U)**

Proporcionan funciones de control del enlace, tales como las siguientes:

- Inicialización o desconexión de una estación.
- Controlan el modo de respuesta de las estaciones secundarias.
- Reportan ciertos errores de los procedimientos.
- Opcionalmente transfieren datos.

**6.3.4 CAMPO DE INFORMACIÓN (I)**

Después del campo de control puede seguir o no un campo de información. Este campo es requerido en una trama de información (I), opcional en algunas tramas no numeradas (U) y no permitido en las tramas de supervisión (S).

Los datos que han de transferirse sobre un enlace de datos están contenidos en el campo de información. La longitud no está definida en la norma, pero está limitado generalmente por las aplicaciones internas a un límite máximo. El campo debe ser un múltiplo de 8 bits.

**6.3.5 CAMPO DE SECUENCIA DE CONTROL DE TRAMA (FCS)**

El propósito del campo de secuencia de control o chequeo de trama (*Frame Check Sequence*) es supervisar y detectar los errores de trama que pueda tener una trama recibida, debido a las perturbaciones en el canal de comunicación. Este campo de 16 bits resulta de computar los contenidos de los campos de dirección, control e información en el transmisor. Los *flags* son excluidos. Se utiliza el método de Chequeo Cíclico Redundante (*Cyclic Redundance Check*).

El receptor realiza una computación similar y compara los resultados. El receptor acepta la trama que no contenga resultados diferentes, es decir que no tenga errores. Puede emplearse un CRC de 32 bits si la longitud de la trama o la confiabilidad de la línea así lo exigen.

**6.3.6 FLAG DE FINAL DE TRAMA (F)**

El campo FCS es seguido de un *flag* final que cierra la trama.

**6.4 OPERACIÓN DE LAS TRAMAS I – U – S DEL HDLC**

La operación del HDLC consiste en el intercambio de tramas I, tramas S, y tramas U entre una primaria y una secundaria o entre dos estaciones combinadas. Estas tramas se muestran en conjunto en la tabla 6.2. Para describir la operación del HDLC, analicemos primero en detalle estos tres tipos de trama y luego daremos un ejemplo aplicativo.

**6.4.1 TRAMA DE INFORMACIÓN (I)**

La operación básica del HDLC consiste en el intercambio de tramas de información (tramas-I) que contienen datos del usuario. Sólo existe un tipo de trama de información y ésta es numerada (en secuencia). Además, esta trama puede transportar una confirmación positiva de tramas recibidas. La confirmación es el número de secuencia de la próxima trama que se espera recibir. El tamaño máximo de ventana permitido es de 7 ó de 127. En enlaces terrestres se utiliza la ventana 7 y en enlaces satelitales necesariamente debe utilizarse la ventana 127.

La figura 6.6 muestra una secuencia de tramas I transmitidas a través del enlace de datos entre la estación primaria (A) y la estación secundaria (B) durante una sesión. El formato básico

del campo de control de una trama de información se ilustra en la parte superior. Encima de cada trama de información individual, los campos específicos de las tramas aparecen entre paréntesis.

Cada campo, excepto el campo de control, se describe por su notación mnemónica (F, A, I, etc.). El campo de control de cada trama se define por su valor hexadecimal, el cual se determina por las cuentas Nr y Ns transmitidas, el valor de bit *Poll*/Final y el bit menos significativo O, que marca la característica de identificación de la trama I. El estado existente de las cuentas Nr-Ns se muestra debajo de las estaciones primarias y secundarias, por cada transferencia de tramas I.

- Los tres campos de control descritos anteriormente tienen un bit llamado *Poll*/Final (P/F bit).
- El bit de P/F es un bit P (*Poll*) cuando una estación primaria (comando) envía una trama.
- El bit de P/F es un bit F (Final) cuando una estación secundaria (respuesta) envía una trama a una estación primaria.

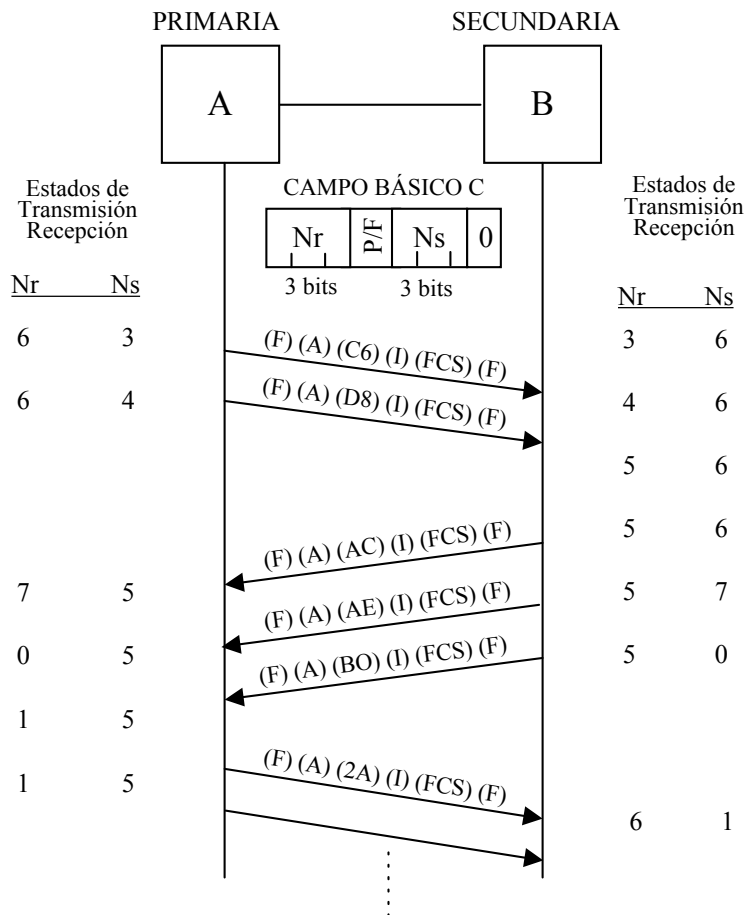
En el modo normal de respuesta (NRM), la primaria envía un *poll* dando permiso para transmitir a la secundaria, colocando este bit de *poll* igual a 1, y la secundaria coloca el bit final igual a 1 en la última trama-I de su respuesta.

En el modo de respuesta asíncrono (ARM) y modo asíncrono balanceado (ABM), el bit P/F es usado para coordinar el intercambio de tramas S y U.

N(s) representa a un número de tres bits (ventana 7) o un número de 8 bits (ventana 127 - modo extendido) de la secuencia de transmisión o envío (*send*), que es enviado por el transmisor en la porción N(s) de su campo de control C. Transmitiendo este número, la estación transmisora identifica y secuencia sus tramas para propósitos de chequeo confiable y confirmación.

En un ambiente HDLC, se pueden enviar hasta 7 tramas no confirmadas antes que una confirmación sea obligatoria. La estación receptora sigue la secuencia de las tramas que han sido recibidas con su número de secuencia de recepción N(r). Durante la recepción de las tramas el Nr del receptor debería ser igual al Ns del transmisor. Después que el receptor ha recibido exitosamente una trama, éste incrementa su contador Nr en uno.

Luego de este incremento, el receptor está listo para confirmar las tramas recibidas hasta la Nr - 1. El receptor podría hacer esto por medio de una trama I, como se aprecia en la figura 6.6, o mediante una trama de supervisión (S), que se discutirá más adelante.



**Figura 6.6** Tramas de información – secuencia de transmisión

TRAMA DE INFORMACIÓN (I)		
INFORMATION (I)	C/R	Intercambio de datos de usuario
TRAMAS DE SUPERVISIÓN (S)		
RECEIVE READY (RR)	C/R	Confirmación positiva
RECEIVE NOT READY (RNR)	C/R	Confirmación positiva no listo
REJECT (REJ)	C/R	Confirmación negativa (repetir)
SELECTIVE REJECT (SREJ)	C/R	Confirmación negativa (repetir)
TRAMAS NO NUMERADAS (U)		
<b>a) Categoría I: Comandos y repuestas de configuración de modo</b>		
SET INITIALIZATION MODE (SIM)	C	Colocarse en Modo Inicialización
REQUEST INITIALIZATION MODE (RIM)	R	Solicitud de modo inicialización
DISCONNECT (DISC)	C	Desconectarse
DISCONNECT MODE (DM)	R	Modo Desconectado
REQUEST DISCONNECT (RD)	R	Solicitud de Desconexión
ACKNOWLEDGEMENT (UA)	R	Confirmación no Numerada
SET NORMAL RESPONSE MODE (SNRM)	C	Colocarse en Modo Normal de Respuesta
SET ASYNCHRONOUS BALANCED MODE (SABM)	C	Colocarse en Modo Asíncrono balanceado
SET ASYNCHRONOUS RESPONSE MODE (SARM)	C	Colocarse en Modo asíncrono de Respuesta
<b>b) Categoría II: Comandos y respuestas de transferencia de información</b>		
UNNUMBERED (UI)	C/R	Trama de Información no numerada
UNNUMBERED POLL (UP)	C	Encuesta no numerada
<b>c) Categoría III: Comandos y respuestas de recuperación</b>		
FRAME REJECT (FRMR)	R	Trama rechazada
RESET (RSET)	C	Reiniciar
<b>d) Categoría IV: Comandos y respuestas misceláneos</b>		
TEST (TEST)	C/R	Prueba
EXCHANGE STATION IDENTIFICATION (XID)	C/R	Intercambio de identificativos

Tabla 6.2 Comandos y respuestas del protocolo HDLC

La figura 6.7 ilustra el primero de los campos de información mostrado en la figura previa y divide al campo de control de esta trama de información en dos segmentos de 4 bits con fines de una identificación fácil de los números de secuencia tanto de transmisión como de recepción. Los bits más significativos se asignan al número de secuencia de recepción. Ya que los bits menos significativos de estos dos semioctetos son el bit P/F, respectivamente, Nr y Ns están cada uno elevados a la primera potencia de 2. De este modo, para determinar los números de secuencia, los semioctetos son divididos generalmente entre dos. La figura 6.7 muestra, en la parte inferior, el procedimiento para los semioctetos impares; un 1 debe ser sustraído del semiocteto antes de la división.

Binario	1100	0110
Hexadecimal	C	6
Decimal	12	6
Nr Ns	$12/2 = 6$	$6/2 = 3$

Si hay bit P/F restar 1 del valor decimal antes de efectuar la división.

Binario	1101	0110
Hexadecimal	D	6
Decimal	13	6
Nr Ns	$(13-1)/2 = 6$	$6/2 = 3$

#### 6.4.2 TRAMAS DE SUPERVISIÓN (S)

Las tramas con el formato de supervisión (S) son usadas para llevar a cabo el control de flujo y el control de errores. Éstas confirman la recepción de las tramas I. Observar la figura 6.8. No se permite el transporte de información en las tramas de supervisión. Se posibilitan los modos *go-back-N* ARQ (REJ) y el *selective-repeat* ARQ (SREJ).

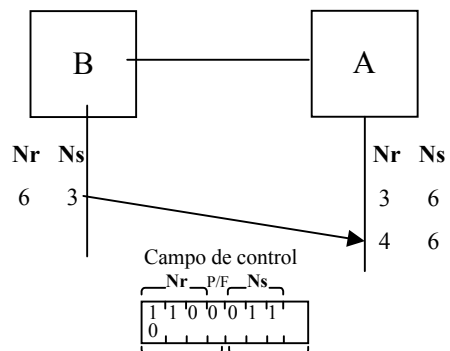


Figura 6.7 Campo de control de la trama de información

Este último es implementado raramente por sus requerimientos de *buffer*. Una trama puede ser confirmada positivamente con una trama RR (*Receive Ready*), cuando no hay una trama de información para enviar esta confirmación embebida (*piggy-back*). En adición, una trama RNR (*Receive Not Ready*) se utiliza para aceptar una trama a la vez que se solicita que no se envíen más tramas hasta que una subsecuente trama RR sea emitida.

El octeto de control se divide en ocho bits, numerados de 1 al 8. Estos bits se designan de este modo, LSB para el 8, y representan la secuencia en que estos bits se reciben; el bit de menor orden (LSB) se recibe primero. Los bits 4 y 3 se usan para identificar los tres tipos de tramas de supervisión, como muestra la tabla 6.3. Sintetizando, los 4 tipos de trama de supervisión son:

**a) Receptor listo (*Receive Ready* - RR)**

Una estación primaria o una estación secundaria envía la trama RR para confirmar que ha recibido correctamente las tramas numeradas hasta el número Nr-1 y para indicar que ya está listo para recibir las tramas Nr.

Además es un mecanismo normal para controlar tramas libres de errores que se han transmitido. La figura 6.8 ilustra el uso de la trama RR. Las tramas I se representan en un formato distinto al mostrado previamente en este documento. Los dos números que siguen al símbolo de identificación de la trama, separados por una coma, son números decimales de la secuencia de recepción (Ns, Nr) respectivamente. Las tramas I se representan en este formato a través de lo que se resta en este documento. Note que la cuenta Ns de la unidad A y la cuenta Nr de la unidad B no cambian durante la secuencia RR, porque no hay Ns en la trama RR.

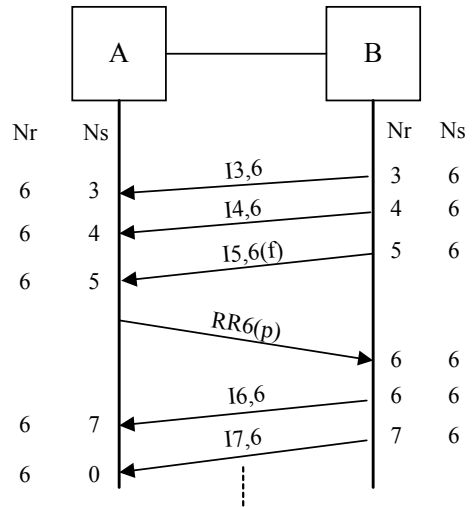
La trama RR sondea (*polling*) una línea multipunto (*multipoint*) o una línea punto a punto (*point to point*). La estación primaria envía la trama a una secundaria específica y solicita a ésta que le envíe alguna trama de datos pendiente, es decir la primera trama que contenga la solicitada cuenta Ns. Si no tuviera tramas que enviar, la estación secundaria responde con una trama RR. El Nr de esta trama representa la cuenta Ns esperada de la próxima trama de la información de la primaria a la secundaria.

El bit de *poll* (bit p) está siempre puesto a 1 en una trama de sondeo (*poll*) desde la estación primaria. La secundaria puede entonces enviar hasta siete tramas de información, la última de las cuales tendrá el bit final (bit F) puesto a 1. La estación secundaria no enviará más tramas de información hasta que sea sondeada de nuevo (*polled*). El bit de *Poll/Final* está indicado entre paréntesis en la figura 6.8 después de los identificadores de trama. La tercera y cuarta trama tienen este bit puesto a 1, las tramas restantes no lo tienen.

**b) Receptor no listo (*Receive Not Ready* - RNR)**

La trama RNR la envía tanto una estación secundaria como una primaria para indicar que está temporalmente ocupada y que no puede aceptar tramas de información. El número de secuencia Nr es el número de la trama esperada próximamente después que la condición de ocupación termine, y puede usarse para confirmar que las tramas previas a Nr se recibieron correctamente.

Una estación secundaria reporta la liberación de una condición RNR por medio de la transmisión de una trama de información con el bit final puesto a 1 ó una trama RR o una trama



**Figura 6.8** Receptor listo

TRAMA	TRAMA (INGLÉS)	SIGLA	BITS DE CÓDIGO
Receptor listo	<i>Receive Ready</i>	RR	00
Receptor no listo	<i>Receive Not Ready</i>	RNR	01
Rechazo	<i>Reject</i>	REJ	10
Rechazo selectivo	<i>Selective Reject</i>	SREJ	11

**Tabla 6.3** Tipos de tramas de supervisión



REJ con el bit *poll* puesto a 0 ó 1. Una estación primaria reporta la liberación de una condición RNR por medio de la transmisión de una trama de información con el bit *poll* puesto a 1 ó con una trama RR o una trama REJ con el bit *poll* puesto a 0 ó 1.

**c) Rechazo (REJect - REJ)**

Este comando/respuesta se emplea sólo en la operación *full duplex*. Su propósito es solicitar la retransmisión de una trama de información Nr y aquellas tramas que le siguen. Esto indica que las tramas recibidas previamente a la trama Nr se recibieron correctamente. Esta condición se libera cuando las tramas solicitadas o un comando de cambio de modo fueron correctamente recibidos.

**d) Rechazo selectivo (Selective REJect - SREJ)**

Este comando/respuesta es usado por una estación para pedir la retransmisión de una trama única identificada con el campo Nr. Todas las demás tramas hasta Nr-1 quedan confirmadas automáticamente. Una vez transmitido el SREJ, las subsecuentes tramas recibidas se aceptan pero se retienen (no procesadas) hasta la llegada de la trama que se espera sea retransmitida. Una vez recibida esta trama sin error, se procesa las tramas retenidas y se continúa con la secuencia.

### 6.4.3 TRAMAS NO NUMERADAS (U)

Estas tramas se llaman así por no tener cuentas Nr ni Ns en sus campos de control, ergo, no alteran el secuenciamiento o flujo de las tramas I. En la tabla 6.4 agrupamos estas tramas en categorías:

	CATEGORÍA	MODOS (W=7)	MODOS EXTENDIDOS (W=127)
I	Comandos y repuestas de configuración de modo	SNRM, SARM, SABM, UA, SIM, RIM, DISC, DM, RD.	SNRME, SARME, SABME, UA, SIM, RIM, DISC, DM, RD.
II	Comandos y respuestas de transferencia de información	UI, UP	UI, UP
III	Comandos y respuestas de recuperación	FRMR, RSET	FRMR, RSET
IV	Comandos y respuestas misceláneos	XID, TEST	XID, TEST

**Tabla 6.4** Tramas no numeradas clasificadas en 4 categorías

Su característica de identificación es el binario 11 en sus campos de control (ver figura 6.5). Los 5 bits restantes en el campo de control de esta trama sirven para identificar uno de los 15 diferentes tipos de tramas. A continuación explicaremos en detalle cada trama en su respectiva categoría:

**a) Categoría I: Comandos y repuestas de configuración de modo SABM**

▪ **SET INITIALIZATION MODE (SIM): C**

COLOCARSE EN MODO INICIALIZACIÓN

Este comando activa los procedimientos específicos para iniciar a la secundaria a nivel de enlace. Con esto se carga el programa de comunicaciones o se actualiza los parámetros operativos. En este modo, la información requerida se envía usando tramas de información no numeradas (UI).

▪ **REQUEST INITIALIZATION MODE (RIM): R**

SOLICITUD DE MODO INICIALIZACIÓN

La trama RIM es enviada por una estación de secundaria remota, la cual necesita el comando de inicialización (SIM) proveniente de la primaria.

▪ **DISCONNECT MODE (DM): R**

MODO DESCONECTADO

En respuesta a un sondeo (*poll*) proveniente de la primaria, una secundaria en DM (*Disconnected Mode*) enviará una trama DM indicando que se encuentra lógicamente desconectada y que no puede comunicarse.

▪ **DISCONNECT (DISC): C**

DESCONECTARSE

Este comando termina otros modos y coloca a la estación receptora (secundaria) en el modo desconectado. La estación está lógicamente desconectada del enlace de datos cuando está en modo desconectado (DM), aunque particularmente puede seguir energizada. Ninguna trama de información puede enviarse o recibirse, aunque la secundaria pueda transmitir o aceptar ciertos tipos de tramas de control para cambiar de modo, haciendo que la secundaria se identifique a sí misma, o reporte su modo a la primaria. Luego de recibir el comando DISC, se espera recibir de la secundaria una respuesta UA.

▪ **REQUEST DISCONNECT (RD): R**

SOLICITUD DE DESCONEXIÓN

Una secundaria envía esta respuesta para solicitar a la primaria que emita un comando DISC a la secundaria para desconectarla del enlace lógico.

▪ **SET NORMAL RESPONSE MODE (SNRM): C**

COLOCARSE EN MODO NORMAL DE RESPUESTA

Este comando coloca a la secundaria en el modo Normal de Respuesta (*Normal Response Mode - NRM*) para la transferencia de datos. El SNRM pone a cero los números de secuencia Nr y Ns en la primaria y en la secundaria. No son emitidas las transferencias no solicitadas a la secundaria que está en NRM; sin embargo, ahora está en el modo que le permite transmitir tramas de información cuando son sondeadas (*polled*) con una RR. La respuesta esperada a un comando SNRM es una UA (*Unnumbered Acknowledgement*).

**b) Categoría II: Comandos y respuestas de transferencia de información**

▪ **UNNUMBERED (UI): C/R**

TRAMA DE INFORMACIÓN NO NUMERADA

Sirve para intercambiar entre estaciones información operativa propia, tal como el estado de los niveles más altos, interrupciones operacionales, hora y parámetros de inicialización del enlace.

**c) Categoría III: Comandos y respuestas de recuperación**

▪ **FRAME REJECT (FRMR): R**

TRAMA RECHAZADA

Esta respuesta es enviada por secundaria, que se encuentra en NRM o ABM o ARM, solamente después que recibe una trama inválida. Una trama recibida se declara inválida por cuatro razones:

- ♦ El campo de información enviado por la primaria no está permitido por el campo de control, de esa trama (por ejemplo: en una trama RR).
- ♦ Cuenta de recepción inválida (una trama que aún no ha sido enviada está siendo confirmada).
- ♦ El campo de información es demasiado largo.

**d) Categoría IV: Comandos y respuestas misceláneos**

▪ **TEST (TEST): C/R**

PRUEBA

El comando TEST puede ser enviado a una secundaria en cualquier modo para pedir una respuesta TEST, debiendo responderse lo más pronto posible. Un campo de información opcional puede enviarse con el comando; este campo de información

▪ **SET ASYNCHRONOUS BALANCED MODE (SABM): C**

COLOCARSE EN MODO ASÍNCRONO BALANCEADO

Similar al anterior, se usa para colocar a la secundaria en el modo ABM.

▪ **SET ASYNCHRONOUS RESPONSE MODE (SARM): C**

COLOCARSE EN MODO ASÍNCRONO DE RESPUESTA

Similar al anterior, se usa para colocar a la secundaria en el modo ARM.

▪ **ACKNOWLEDGEMENT (UA): R**

CONFIRMACIÓN NO NUMERADA

Esta trama UA es una respuesta positiva de la secundaria a un comando no numerado, tal como SNRM, SABM, SARM, DISC y SIM.

▪ **UNNUMBERED POLL (UP): C**

ENCUESTA NO NUMERADA

El comando UP es utilizado por las estaciones para solicitar una respuesta no numerada, como un mecanismo para establecer el estado de la estación direccionada.

- ♦ El campo de control es inválido.

La secundaria no puede liberarse de una condición FRMR, ni tampoco puede procesar la trama que causó esta condición. El comando RESET se emplea para liberar de una condición FRMR.

▪ **RESET (RSET): C**

REINICIAR

Con este comando la estación que lo transmite indica que está reiniciando su número de secuencia de transmisión (Ns) y que la estación receptora debería reiniciar su número de secuencia de recepción (Nr).

debe retornar en la respuesta TEST. Éste es un medio simple de probar si el enlace y la estación direccionada están aún funcionando.

▪ **EXCHANGE STATION IDENTIFICATION (XID): C/R**

INTERCAMBIO DE IDENTIFICATIVOS

Lo usan dos estaciones para intercambiar información de su identificación y características.

## 6.5 EJEMPLOS APLICATIVOS DEL HDLC

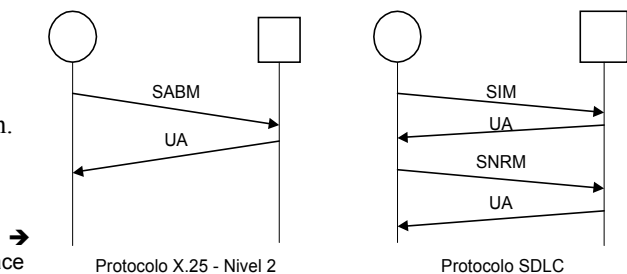
A continuación mostramos secuencias de intercambio de tramas dentro de las tres fases del protocolo orientado a la conexión.

Estas tres fases son las siguientes:

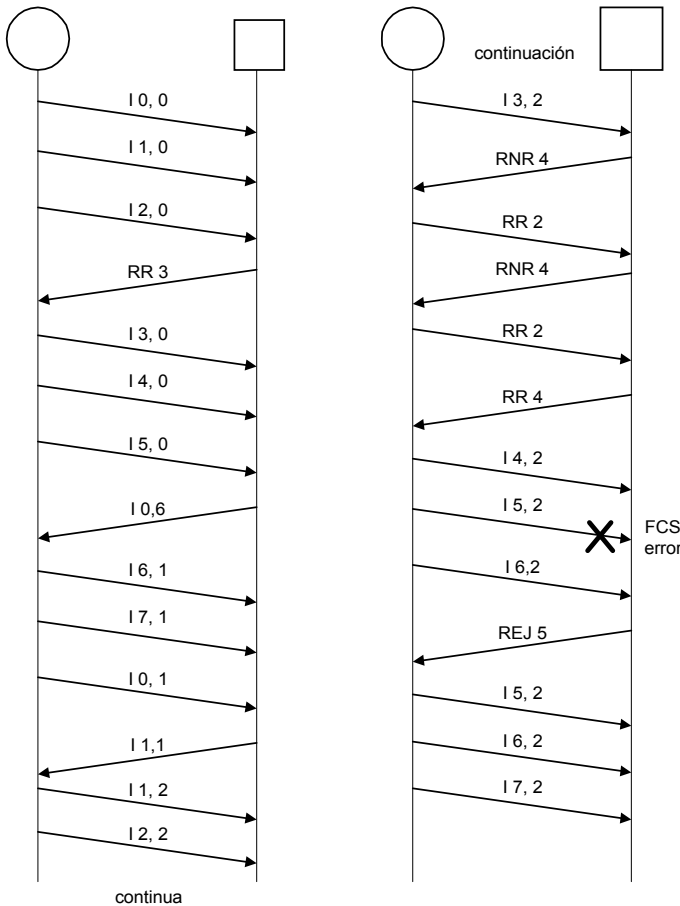
Fase I : Establecimiento de enlace.

Fase II : Transferencia de información.

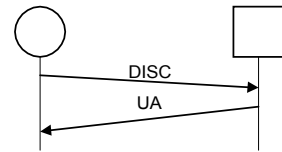
Fase III : Liberación de enlace.



**Figura 6.9** Fase del establecimiento de enlace



**Figura 6.10** Fase de Transferencia de Información. Confirmación con trama RR, y con trama de información. Control de flujo con trama RNR. Control de errores con trama REJ. Ventana  $K = 2$



**Figura 6.11** Fase de Liberación

## 6.6 PROTOCOLO PPP INTRODUCCIÓN

A fines de 1980, la Internet empezó a experimentar un explosivo crecimiento en el número de sus computadores, las que utilizaban el protocolo IP. La mayoría de ellas estaban conectadas a redes de área local de diversos tipos, siendo Ethernet la más común. La mayoría de las otras computadoras se conectaban a través de redes de área amplia, tal como X.25. Sólo unas cuantas estaban conectadas con enlaces seriales punto a punto.

Una causa del escaso número de enlaces punto a punto fue la falta de un protocolo normalizado de encapsulamiento IP. El protocolo punto a punto (*Point to Point Protocol*) se diseñó para resolver este problema. Aparte de resolver este problema de encapsulación, el PPP atendió otros aspectos, tal como la asignación

y la administración de direcciones IP, encapsulación de datos síncronos y asíncronos, multiplexaje de protocolos de red, configuración de enlace, prueba de calidad del enlace, detección de errores y negociación de opciones. Esta última incluye la negociación de dirección de red y negociación de compresión de datos. El PPP atiende esos aspectos usando un protocolo extendido de Control de Enlace (*Link Control Protocol –LCP*) y una familia de protocolos de control de red (*Network Control Protocols –NCPS*) para negociar parámetros opcionales de configuración y facilidades. Actualmente, el PPP soporta otros protocolos además del IP, incluyendo al protocolo IPX (*Internetwork Packet Exchange*) de Novell y al DECnet.

## 6.7 COMPONENTES DEL PPP

El PPP proporciona un método de transmisión de datagramas sobre enlaces seriales punto a punto y tiene tres componentes principales:

- Un método de encapsulación de datagramas sobre enlaces seriales. El PPP usa el protocolo HDLC como base para ello.
- Un protocolo extendido de Control de Enlace (*Link Control Protocol –LCP*) para establecer, configurar y probar el enlace de datos.
- Una familia de protocolos de control de red (*Network Control Protocols –NCPS*) para estable-

cer y configurar diferentes tipos de protocolos de nivel de red. El PPP está diseñado para permitir el uso simultáneo de varios protocolos de red.

### 6.7.1 OPERACIÓN GENERAL

Para establecer la comunicación sobre un enlace punto a punto, el PPP originador envía tramas LCCP para configurar y probar, opcionalmente, el enlace de datos. Después que el enlace ha sido establecido y las facilidades opcionales negociadas como sea necesario, el PPP originador envía tramas NCCP para escoger y configurar uno o más protocolos de nivel de red. Luego que cada uno de estos protocolos han sido configurados, los paquetes de cada uno de ellos pueden ser enviados por sobre el enlace. El enlace permanecerá configurado para las comunicaciones hasta que una trama explícita LCP o NCP cierre el enlace o hasta que un evento externo ocurra (por ejemplo, que un temporizador de inactividad expire o que un usuario intervenga).

### 6.7.2 REQUERIMIENTO DE CAPA FÍSICA

El PPP opera sobre una interface DTE/DCE, tal como EIT/TIA-232-C (llamada anteriormente RRS-232-C), EIA/TIA-422 (llamada anteriormente RS-422), EIA/TIA-423 (llamada anteriormente RS-423) y V.35. El único requerimiento es la provisión de un circuito **full duplex**, tanto a nivel dedicado como conmutado, que puede operar con transmisión síncrona o asíncrona, los cuales son transparentes para las tramas de nivel enlace del PPP. No se establece ninguna restricción sobre la velocidad de transmisión, salvo las impuestas por la interface DTE/DCE empleada.

### 6.7.3 NIVEL ENLACE DEL PPP

El PPP usa los principios, la terminología y la estructura de trama del HDLC con estas normas:

- Procedimientos HDLC ISO 3309-1979 (modificado por ISO 3309: 1984/PDAD1 “Addendum 1:transmisión *Start/Stop*”) que especifica modificaciones para su uso en ambientes asíncronos.
- Procedimiento ISO 3309-1979 especifica la estructura de la trama para ambientes síncronos.
- Los procedimientos de control del PPP usan las definiciones y codificaciones del campo de control normalizados en la ISO 433-1979 y la ISO 4335-1979/ Addendum 1-1979.

El formato de la trama PPP se muestra en la figura 6.12. Los campos del PPP son:

- **Flag:** Un solo octeto que indica el inicio o fin de la trama. Consiste en la secuencia 01111110.

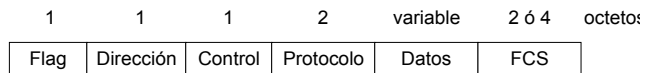


Figura 6.12 Formato de la trama PPP

- **Dirección (*address*):** Un solo octeto que contiene la secuencia binaria 11111111, que es la dirección normalizada de *broadcast*. El PPP no asigna direcciones de estaciones individuales, puesto que es un protocolo punto a punto.
- **Control:** Un solo octeto que contiene la secuencia binaria 00000011 (03 Hex), la cual es una trama tipo UI (*Unnumbered Information*) del HDLC. Esta trama indica la transmisión de los datos de usuario en una trama no secuenciada.
- **Protocolo:** Son dos octetos que identifican al protocolo encapsulado en el campo de información de la trama. Los valores más actualizados de estos protocolos están especificados en la RFC 1060 de números asignados (*Assigned Numbers RFC*) o en sus versiones más recientes. La tabla 6.5 muestra sus valores más conocidos.
- **Datos:** Ninguno o más octetos que contienen al datagrama para el protocolo especificado en el campo de protocolo. El tamaño del campo de datos por defecto es de 1500 octetos. Sin embargo, previo acuerdo, se puede asignar otros valores a este campo.
- **Secuencia de control de trama:** Normalmente de 2 octetos. Previo acuerdo se puede aceptar implementaciones que usan FCS de 4 octetos para mejorar la detección de errores. Los cálculos se hacen sobre estos campos: dirección, control, protocolo e información.

VALOR HEXADECIMAL	PROTOCOLO
0001-001F	Reservado
0021	IP
0023	Nivel red OSI
0025	Xerox NS IDP
0027	DECnet Phase IV
0029	Apple Talk
002B	IPX (Novell)
C021	LCP

Tabla 6.5 Valores típicos del campo de protocolo del PPP

### 6.7.4 PROTOCOLO DE CONTROL DE ENLACE (LCP)

El LCP proporciona un método para establecer, configurar, mantener y terminar la conexión punto a punto. El LCP puede negociar las modificaciones a la estructura normalizada del PPP. Sin embargo, las tramas modificadas siempre son claramente distinguibles de las tramas normalizadas. El LCP sigue las siguientes 4 fases:

- **Fase 1.- Establecimiento del enlace y negociación de la configuración:** Antes que los datagramas IP sean intercambiados, el LCP debe iniciar la conexión y negociar los parámetros de configuración. Esta negociación se lleva a cabo con el intercambio de paquetes de configuración. El LCP se limita sólo a las operaciones de nivel enlace y toma en cuenta las negociaciones de los protocolos de nivel red. Esta fase se completa cuando una trama de confirmación de configuración ha sido enviada y recibida.
- **Fase 2.- Determinación de la calidad del enlace:** El LCP permite una fase opcional de calidad de enlace. En ella se prueba el enlace para determinar si su calidad es suficiente para los protocolos de nivel de red. Esta fase es opcional y el LCP puede retardar la transmisión de la información del protocolo de red hasta que esta fase concluya. El LCP puede usar paquetes de petición y de eco. Sin embargo, las implementaciones actuales no están definidas en la norma.
- **Fase 3.- Negociación de la configuración del protocolo de nivel de red:** En esta fase los protocolos de red pueden configurarse separadamente por el protocolo de control de red apropiado (*Network Control Protocol* –NCP). Y puede iniciarse y acabarse en cualquier momento. Estos protocolos están listados en la tabla 6.5. Si el LCP cierra el enlace, éste informa a los protocolos de nivel de red para que tomen las acciones correspondientes.
- **Fase 4.- Terminación del enlace:** El LCP puede terminar el enlace en cualquier momento. Esto usualmente puede hacerse a petición del operador del centro de control o del protocolo de red usado. Además, también puede terminar al suceder un evento físico, tal como pérdida de la portadora o expiración del periodo de un temporizador.

Hay tres clases de tramas LCP:

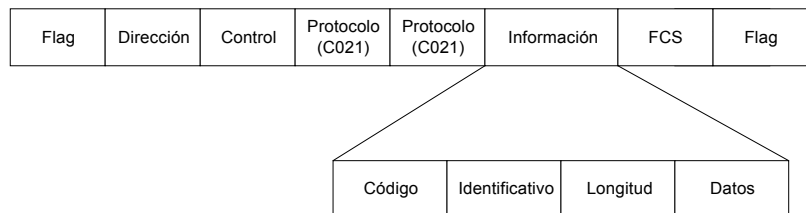
- **TRAMAS DE ESTABLECIMIENTO DE ENLACE:** Sirven para establecer y configurar un enlace.
- **TRAMAS DE TERMINACIÓN DE ENLACE:** Sirven para finalizar un enlace.
- **TRAMAS DE MANTENIMIENTO DE ENLACE:** Sirven para administrar y depurar el enlace.

Estas tramas se emplean para cumplir con el trabajo de cada una de las fases del LCP.

#### El paquete del LCP

El campo de información de la trama I del protocolo PPP transporta el paquete del LCP. El campo de protocolo debe

contener el valor C021 indicando su contenido. La figura 6.13 muestra el formato de este campo. El código indicará el tipo de paquete LCP que está encapsulado



**Figura 6.13** Formato del protocolo de control de enlace (LCP)

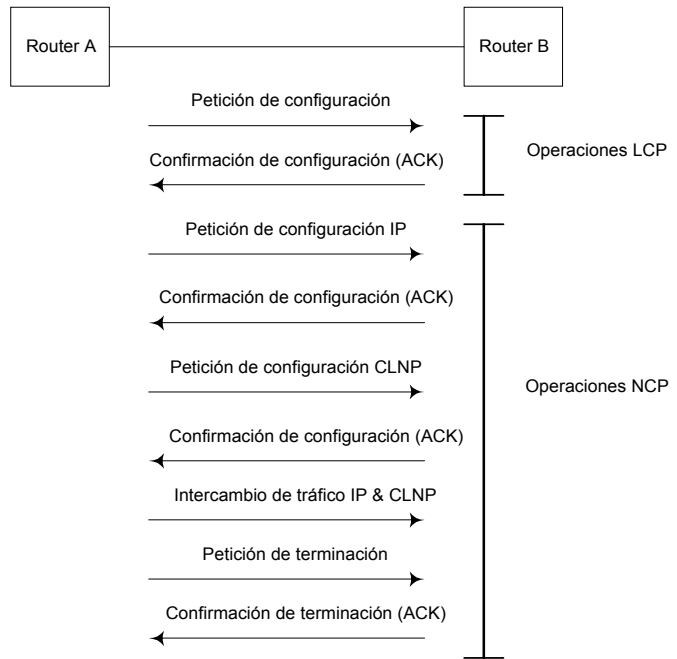
en la trama. Este código podría indicar si se trata de una petición de configuración, la cual tendrá como respuesta por una confirmación de configuración (ACK). Adicionalmente puede contener un petición de unidad de datos de eco.

El campo de identificación es un valor que se usa para relacionar las peticiones y las respuestas. El campo de longitud define la longitud del paquete que incluye el código, el identificativo y el campo de datos.

El campo de datos da los valores que están indicados en el campo de código. Estos valores se presentan en la RFC 1171.

### 6.7.5 EJEMPLO DE OPERACIÓN DEL PPP

La figura 6.14 muestra cómo se emplea el PPP para soportar las operaciones de configuración de red. Los *routers* intercambian las tramas PPP para determinar cuáles de los protocolos de capa de red son soportados. En este caso, los dos *routers* negocian el uso del protocolo IP y su contraparte OSI (ISO 8473), el protocolo de red no orientando a la conexión (*ConnectionLess Network Protocol – CLNP*). Las operaciones LCP están involucradas, primero para establecer y probar el enlace. A continuación, se invocan las operaciones NCP para negociar cuál de los protocolos de red se utilizará entre los dos dispositivos. Después que se ha completado esta negociación, se intercambian los datagramas.



**Figura 6.14** Ejemplo de operación del enlace PPP